

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ
(институт)

Кафедра «Теплогазоснабжение, вентиляция, водоснабжение и водоотведение»

08.04.01 «Строительство»
(код и наименование направления подготовки)

«Водоснабжение городов и промышленных предприятий»
(направленность (профиль))

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему **«Разработка мероприятий повышения эффективности
работы водозабора г. Жигулевск»**

Студент	<u>Е.А. Капалкина</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Научный руководитель	<u>И.А. Лушкин</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	_____	_____	(личная подпись)
	_____	_____	(личная подпись)

Руководитель программы к.т.н., доцент В.М. Филенков _____
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) (личная подпись)
« _____ » _____ 20 _____ Г.

Допустить к защите

Заведующий кафедрой к.т.н., доцент М.Н. Кучеренко _____
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) (личная подпись)
« _____ » _____ 20 _____ Г.

Тольятти 2017

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 1 АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ВОДОЗАБОРА НА ВОДОХРАНИЛИЩАХ	6
1.1 Особенности выбора места расположения водозабора на водохранилищах.....	6
1.2 Возможные проблемы водоприема на водозаборах из водохранилищ....	9
1.3 Характеристика источника водоснабжения г. Жигулевск.....	28
Выводы по главе 1.....	34
ГЛАВА 2 АНАЛИЗ РАБОТЫ ВОДОЗАБОРА	35
2.1 Технологические особенности водозабора г. Жигулевск.....	35
2.2 Анализ работы водозабора по результатам подводно-технического обследования ЗАО фирмой «ДИВЕР С» и ООО «СамРЭК-Эксплуатация»	44
2.3 Режим работы насосов насосной станции на водозаборе и выявление причин поломки насоса	53
Выводы по 2 главе.....	64
ГЛАВА 3 РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ВОДОЗАБОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ Г. ЖИГУЛЕВСК.....	65
3.1 Мероприятия по улучшению технологических параметров работы оголовков водозабора	65
3.2 Оптимизация режима работы насосной станции	71
3.3 Повышение эффективности промывки водоприемных оголовков.....	80
Выводы по главе 3.....	87
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	88
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	89

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы: Бесперебойная подача воды на нужды населения, промышленности и сельского хозяйства воды надлежащего качества требует усовершенствования технологических и эксплуатационных характеристик систем водоснабжения. Водозабор – является наиболее важным элементом системы водоснабжения. От его конструктивного решения, эксплуатационных характеристик зависит надежность и технико-экономические показатели системы водообеспечения. При этом наибольшее значение приобретают вопросы улучшения параметров работы водозаборных сооружений, повышения их надежности и экономичности без нанесения ущерба окружающей природной среде.

За последние 20 лет водопотребление постепенно снижалось. Это связано со спадом производства, а также внедрением в системы водоснабжения индивидуальных приборов учета, что в свою очередь привело к более экономному расходу воды и др. ресурсов. Данная ситуация не обошла стороной и г.Жигулевск водопотребление которого снизилось с 50 тыс.м³/сут до 30 тыс.м³сут. Это сказалось на работе всей системы водоснабжения и, в частности, на водозаборных сооружениях.

В процессе эксплуатации водозаборных сооружений г. Жигулевска возникал ряд проблем (биообрастание водоприемных оголовков, попадание в самотечно-всасывающие водоводы гидробионтов (молодь рыбы, раки, моллюск дрейссена), которые после проведения реконструкции (знамена электро-насосного оборудования и пр.) решены не были. Также после замены старого оборудования на новое возникли новые проблемные ситуации – выход из строя погружных насосов. В связи с этим разработка мероприятий повышения эффективности и эксплуатационной надежности является актуальной задачей.

Объект исследования: водозаборные сооружения г. Жигулевск.

Предмет исследования: эксплуатационные характеристики водозабора г. Жигулевска.

Целью работы является разработка мероприятий по повышению эффективности и эксплуатационной надежности водозаборных сооружений г. Жигулевск.

Для реализации цели поставлены следующие научно-технические задачи:

1. Теоретический анализ возможных проблем водоприема из водохранилищ;
2. Анализ конструктивных, технологических и проектных решений на водозаборе г. Жигулевск;
3. Анализ работы водозаборных сооружений г. Жигулевск;
4. Разработка мероприятий по повышению эффективности и эксплуатационной надежности водозабора.

Научная новизна заключается в:

1. Определении влияния на работу водозабора г. Жигулевск различных факторов природного и технического характера (биообрастания, режим работы насосной станции);
2. Теоретическом обосновании режима работы насосов насосной станции первого подъема.

Практическая значимость работы заключается в том, что предлагаемые мероприятия повысят эффективность и эксплуатационную надежность водозаборных сооружений г. Жигулевск.

Личный вклад автора состоит в обосновании темы, цели, задач и разработке мероприятий по повышению эксплуатационной надежности водозаборных сооружений г. Жигулевск.

На защиту выносятся: рекомендации по повышению эффективности работы и эксплуатационной надежности водозабора г. Жигулевск.

Апробация работы. Результаты работы представлены в сборниках трудов:

1. XVIII Международная научно-практическая конференция «ГОРОДА РОССИИ: проблемы строительства, инженерного обеспечения, благоустройства и экологии. Пенза, 2016.

2. Всероссийская научно-практическая конференция «Экологические проблемы и здоровье населения». Пенза, 2016.

3. XVI Международная научно-практическая конференции «Экология и безопасность жизнедеятельности». Пенза: МНИЦ ПГАУ, 2016.

4. «Студенческие дни науки» в ТГУ. ТГУ, апрель 2016 г.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 3 глав, выводов по главам, общих выводов, библиографии из 43 наименований. Общий объем работы 90 стр., включая 44 иллюстрации и 3 таблицы.

ГЛАВА 1 АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ВОДОЗАБОРА НА ВОДОХРАНИЛИЩАХ

1.1 Особенности выбора места расположения водозабора на водохранилищах

Условия отбора воды из речных водохранилищ могут существенно отличаться от условий забора из нерегулируемых рек в естественном состоянии. Созданные каскады водохранилищ вызывают значительное нарушение природных гидрологических условий рек. Колебания уровней воды в водохранилищах отличается от режима речного потока. При заборе воды из водохранилищ требуется учесть воздействие ветровых волн, нагонных и сгонных явлений, береговые течения, шуголедовые явления и т.д.

Водозаборные сооружения на водохранилищах могут быть расположены совмещенно с гидроузлом плотины или вне его.

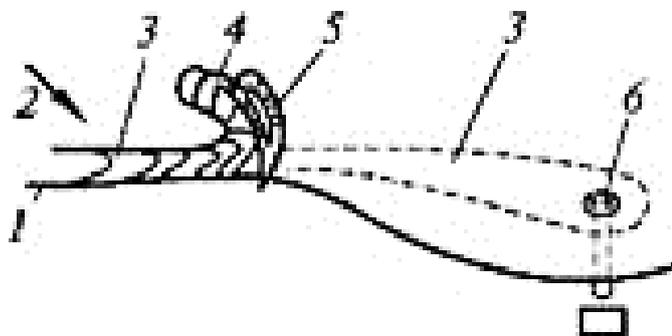
Выбор места расположения водозабора выполняется в зависимости от гидрологических, топографических и геологических условий, а также особенностей динамики водохранилища. Требования к водохранилищным водозаборам:

- вода в месте размещения водозабора должна соответствовать требованиям к качеству СанПиН;
- запрещается располагать водозаборные сооружения в зоне разработки берегов;
- сооружения по возможности располагать с подветренной стороны.

Проведенные ранее исследования [1...7, 16, 20...22] водозаборов на водохранилищах выявили, что наиболее оптимальные условия водозабора на широких открытых участках водохранилищ у берегов, в крупных заливах, защищенных от сильных волновых явлений; при наличии рядом мысов из скальных слаборазрушающихся пород, где нет сильно выраженных

отложений наносов. При размывании грунтов около мысов достаточно быстро образуется устойчивый и широкий пляж, защищающий берег от дальнейшего размыва. При образовании широкой береговой полосы из-за переработки берега и замутнения воды около прибрежной зоны в период волнения вынуждает переносить точки водоприема дальше от берега. От водоприемных устройств вода транспортируется по самотечным линиям в береговой колодец, т.е. фактически используется русловые водозаборы.

На рис. 1.1 показан пример расположения руслового водозабора в зоне управляемого вдольберегового течения криволинейной шпорой.



1 – береговая линия; 2 – направленность луча волнения; 3 – течение вдольбереговое;
4 – градиентное течение; 5 – шпора; 6 – водоприемник

Рисунок 1.1 – Управление вдольбереговым течением с помощью шпоры

При возведении крупных водозаборов часто устраивают водоподводящие каналы или расчистки перед фронтом водоприемника, т.е. у места расположения водоприема искусственно создается довольно крутой берег, для возможности применения берегового водозабора.

Размещение водозабора, совмещенно с плотиной, желательно применять только в тех случаях, когда водопотребители расположены относительно близко. Такое решение позволяет использовать в качестве водоприемника башню донного водоспуска, это, в свою очередь, позволяет отказаться от строительства специализированного водоприемника, а также обеспечивается прием воды более высокого качества с горизонтов наиболее

благоприятных. Конструктивные особенности водоприемников зависят от типа и конструкции плотины. Самое простое решение обеспечивается при бетонных плотинах. Однако достаточно часто такое расположение водозабора приводило к значительному воздействию нагонных явлений из-за преобладающих направлений ветров, что увеличивало вероятность наибольшего вовлечения загрязнений (водоросли, шуга и др.) в водоприемные окна [21].

Конструкция водоприемника во многом зависит от глубины водохранилища. Например, водоприемные оголовки водозабора г. Жигулевск расположены на глубине примерно 16 м. Это положительно сказывается на качестве отбираемой воды, однако вызывает существенные проблемы мониторинга состояния водоприемного оборудования, донных отложений наносов и биообрастания конструкций.

Опыт проектирования водозаборов на водохранилищах требует учета следующих показателей: размер и объем водохранилища; волнообразование и степень волнения воды; шуголедовые условия; плотность (стратификация) водных масс; загрязненность; биологическую характеристику водоема (распределение и поведение рыбной молоди, наличие планктона, ракушек, водорослей).

Большое значение при проектировании и устройстве водозабора имеет качество воды. Особенностью водохранилищ и озер является изменение качества воды, которое необходимо учитывать при проектировании. Качество воды в водохранилищах и озерах меняется: во времени, то есть по сезонам года, по длине водоема (или по протяженности), по вертикальному направлению (по глубине). Необходимо учитывать закономерность колебания воды.

В водохранилищах увеличение минерализации воды отмечается в направлении от плотины к хвостовой части (в хвостовой части может быть в

два-три раза выше, чем у плотины), то есть там, где мельче и застойней зона. Минерализация в водохранилищах и озерах увеличивается также от середины к берегам, выше в прибрежных районах и придонных слоях.

Выбор места расположения водоприемника и его типа - задача сложная, так как постоянное изменение качества воды по глубине требует устройства водоприемника на разной глубине. Учитывая возможность переработки (изменения) берега за счет выпадения наносов, водоприемник относят дальше от берега

Удачными решениями для забора воды из водохранилищ считаются русловые с водоприемом на разных отметках. По возможности создают комбинированные: при УНВ вода забирается через оголовки самотечными трубами, а при УВВ – водоприемными окнами в береговом колодце.

Гидрологические, гидроморфологические, гидротермические, гидробиологические и др. процессы, протекающие в водохранилищах, имеют существенные отличия от аналогичных процессов на не зарегулированных водотоках. Во многих случаях они индивидуальны, т.к. обуславливаются местными метеорологическими, топографическими, гидрогеологическими и др. особенностями выбранного участка водохранилища.

1.2 Возможные проблемы водоприема на водозаборах из водохранилищ

Биобрастание. Водоприемники водозаборных сооружений с решетками и фильтрами, самотечные, всасывающие и напорные трубопроводы (особенно на водохранилищах) подвержены обрастанию гидробионтами. Наиболее распространенными гидробионтами являются моллюски дрейссены. Подобное биобрастание часто бывает значительным, что может привести к большим гидравлическим потерям в самотечных и всасывающих системах водозабора и угрожают остановить работу насосных станций. В системах водоснабжения

дрейссена редко перемещается самостоятельно. Перемещение происходит под влиянием потока воды [42, 43].

Колонии дрейссены селятся на подводных железобетонных конструкциях водоприемников, насосах насосных станций, облицовочных плитах водоприемных ковшей, на оголовках, самотечных и всасывающих трубопроводах, на решетках, сетках и фильтрах, в напорных водоводах насосных станций I-го подъема (рисунок 1.2).



Рисунок 1.2 – Блокирование насоса и трубопровода дрейссеной

Мощность слоя дрейссены на внутренних стенках трубопроводов может достигать 7...10 см, а масса обрастаний до 5-7 кг/м² [39]. Обрастание существенно увеличивает сопротивление в трубопроводах, при этом возникают дополнительные расходы электроэнергии на подачу и распределение воды. Это обуславливает необходимость борьбы с дрейссеной

на действующих водозаборных сооружениях не только для бесперебойного обеспечения водоснабжения, но и как мероприятие по энергосбережению. Личинки дрейссены могут проникать не только через крупнозернистые фильтры, сетки и микрофильтры, но и через мелкозернистые песчаные (скорые и медленные) фильтры, оказывая негативное влияние на технологию водоподготовки всей системы. Поэтому важно предотвратить попадание гидробионтов в водоприемные устройства водозаборов [42, 43].

Биообрастания вызывали множество проблем в работе водозаборов многих городов: Москвы, Ростова-на-Дону, Днепропетровска, Донецка, Самары, Тольятти, Жигулевска, Калининграда, Дзержинска и др. Обрастания могли уменьшить на треть диаметр трубопровода, а зарубежный опыт эксплуатации трубопроводов водозаборов показывает возможность полной закупорки трубопроводов дрейссеной.

Предотвращение попадания гидробионтов на водозаборы дает двойной эффект:

- обеспечивает полную пропускную способность водозабора и, соответственно, отсутствие дополнительного расхода электроэнергии;
- улучшает качество воды, поступающей на водоподготовку, сокращая эксплуатационные расходы, связанные с очисткой воды.

В борьбе с биообрастанием первостепенное значение имеют предупредительные меры. Зная общие закономерности обитания и развития дрейссены возможно предотвратить ее воздействие на забор воды. Во многих озерах максимальное количество дрейссены появляется на глубине 5...15 и 10...20 м, в бассейне реки Волги – на глубине 2...9 м. В зимнее время при температуре 5...8°C размножения дрейссены не происходит. В большинстве крупных каналов, например, в Северо-Крымском, дрейссена обитает в придонном слое. Интенсивное размножение дрейссены начинается при повышении температуры воды до 16°C, а максимальный уровень роста и

развития достигается при 21...25°C. В южных регионах РФ динамика роста численности личинок моллюсков имеет два пика, приходящихся на июль и август. Жизненный цикл дрейссены составляет 5...6 лет. Возможность обрастания дрейссеной конструкций водоприемников и донных каменистых отложений представлены на рисунке 1.3.



Рисунок 1.3 – «Ковер» из дрейссены на дне водоисточника

Размещение водоприемных окон на разных глубинах и варианты их работы по сезонам года, позволят уменьшить попадание дрейссены в водоприемники.

Одним из доступных и эффективных средств предупреждения биообрастания является предварительное хлорирование воды с подводом хлора к водоприемным отверстиям. Дозирование хлора устанавливается в зависимости от видового состава гидробионтов, обитающих в той или иной географической зоне. Биообрастание водозаборов, предотвращается при остаточном содержании хлора до 0,3 мг/л [32]. Предварительное

хлорирование воды на водозаборах имеет несколько назначений: борьба с гидробионтами, улучшение качества воды, рыбозащита.

Наносы. При эксплуатации водозаборов важно учитывать особенности перемещения наносов при всех типах русловых процессов. При повышении уровня воды в паводок плесы подвергаются подмыву за счет более интенсивного, чем на перекатах, увеличения скорости потока. На перекатах же, происходит отложение наносов, достигающее на крупных реках, например, на Волге, Дону, Днепре, 4...5 м [26, 27, 29].

При русловых процессах в руслах рек образуются песчаные гряды – микроформы, при их движении происходит изменение донного рельефа с интенсивным перемещением наносов в придонном слое (рисунок 1.4).

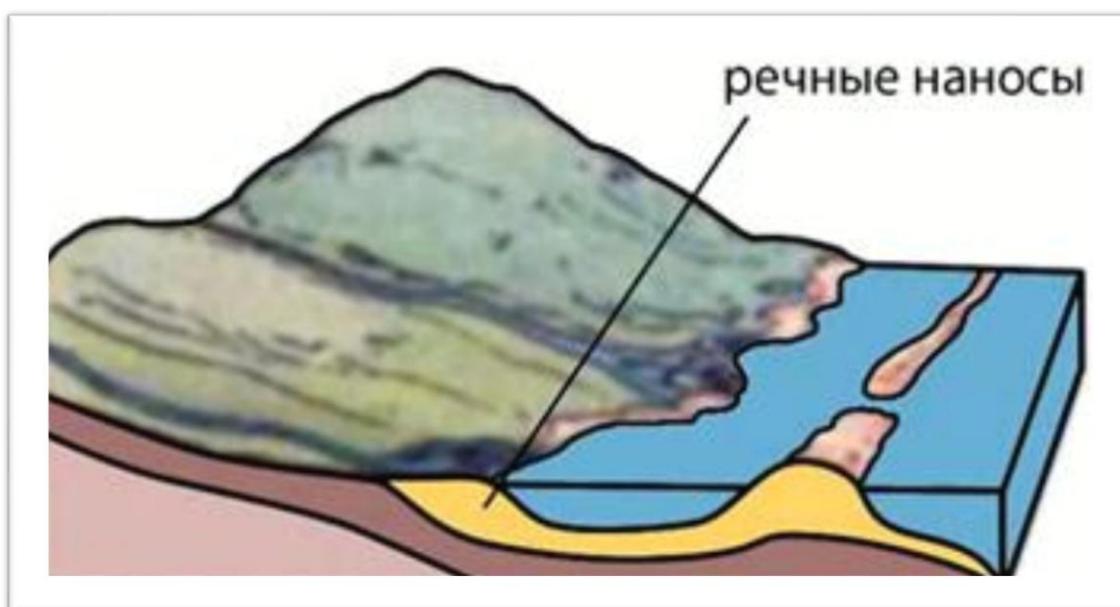


Рисунок 1.4 – Наносы на реке

Водозаборы могут подвергаться отрицательному воздействию наносов: полному или частичному перекрытию водоприемных окон отложениями, понижению пропускной способности самотечных, сифонных водоводов, накоплению наносов в береговых колодцах и т.д.

Защита оголовков на действующих водозаборах от негативного воздействия наносов является сложным процессом. Последствия от

выпадения наносов: наносы накапливаются в оголовках и самотечных водоводах, береговых колодцах, отстойниках на водоочистных станциях, осложняя работу не только водозаборов, а в целом всей системы. Надежность защиты водозаборов от наносов достигается при комплексном решении задач на основе глубокого изучения особенностей поверхностных источников.

Наиболее интенсивно перемещение наносов наблюдается в виде подводных песчаных гряд в нижних бьефах плотин в результате формирования русловых процессов. На р. Волге их скорость движения песчаных гряд может достигать 2...3 км/год, а участки с активным перемещением наносов достигают 200 км. Гряды распределяются по дну реки крайне неравномерно; максимальные размеры они могут достигать в местах сопряжения склонов с плесовыми лощинами.

Негативное воздействие русловых процессов сказывается на водоприемниках в виде отложений наносов, а также повышении отметки дна водоисточника около водоприемных окон до уровня порога и более с последующим вовлечением наносов в водозаборные сооружения. Еще одним проявлением русловых процессов является размыв русла с подмывом оголовков и самотечных трубопроводов, что случается реже [26].

В процессе русловой деятельности возможен не только подмыв водозабора, но и занос наносами с возможностью образования островов над водоприемниками (рисунок 1.5).



Рисунок 1.5 – отложение наносов в виде намытого островка

В процессе отложения наносов возле водоприемного фронта возможно образование воронок, по откосам которых сползает песок. При этом водоприемные окна оказываются частично или даже полностью завалены песком. При этом первичной мерой обеспечения бесперебойной подачи воды является очистка водозаборов водоприемника с помощью эжекторов и гидромониторов. Далее расчищается значительная часть акватории перед фронтом водозабора земснарядами, гидромониторными судами и пр. (рисунок 1.6).

Нарушение естественного гидрологического режима реки является также основной причиной осложнений в работе водозаборов.



Рисунок 1.6 – Дноуглубительные работы

Снижение уровней, вызывающее увеличение скоростей потока у водозабора, может повлечь изменение режима наносов, в результате чего водоприемник частично или полностью заносится песком и гравием. В результате требуется выполнение срочных мероприятий по защите от разрушения оголовков и самотечных водоводов.

Помимо затруднений на водозаборе песчаные наносы резко увеличивают износ насосов станций I подъема, ухудшают технологию осветления воды. Очистка сооружений от наносов требует больших трудозатрат.

Шуголедовые помехи. Шуголедовые явления на реках могут создавать серьезные эксплуатационные затруднения при работе водозаборов, и сопровождаются иногда полным прекращением подачи воды. Отрицательное влияние шуголедовых помех может наблюдаться на

водозаборах как в северных, так и в южных регионах РФ. С данной проблемой связаны крупные осложнения на водозаборах ряда городов, сопровождавшиеся перебоями в водоснабжении. Общий вид шуги на водохранилище показан на рисунке 1.7.



Рисунок 1.7 – Шугоход

Шуголедовые осложнения обуславливаются в меньшей мере географическим положением водозаборов и в большей – природно-климатическими особенностями местности [17].

Степень влияния шуги не остается постоянной, а изменяется из года в год и иногда проявляется совершенно неожиданно.

Даже наличие шугоотбойных сооружений не исключает возможности появления шуги перед фронтом водоприемника. Решающим фактором в данном случае может оказаться ветровое воздействие. Нередко отрицательное влияние шуги является следствием нарушения естественного

теплового режима рек. Такое влияние испытывают водозаборы на участках ниже плотин ГЭС.

Отрицательное воздействие шуголедовых факторов на работу водозаборов наблюдается в течении всей истории развития централизованного водоснабжения.

Развитие шуголедовых процессов происходит очень быстро, с разной степенью интенсивности образования внутриводного льда и динамики его перемещения, поэтому на водозаборных сооружениях возникают аварийные ситуации, которые сокращают или даже полностью прекращают подачу воды. В связи с этим шуголедовые помехи, особенно в условиях Севера РФ, определяют выбор места размещения, типа водозабора и его технологии работы [17].

При эксплуатации важно спрогнозировать ситуации, которые могут сложиться при водоотборе в период ледостава, и предпринять меры в соответствии с сложившейся шуголедовой обстановкой. При возникновении благоприятных погодных условий (отсутствие ветра, устойчивое похолодание, малые скорости течения, стабильный уровень воды в реке и др.) становление льда происходит за короткий промежуток времени и возникающий береговой припой льда отводит шугу от водоприемников.

При береговом водоотборе зона начала ледостава может попасть сразу в акваторию водоприемника и, если шуга не попадает под кромку льда, водоприёмные окна работают устойчиво. При ковшевых водозаборных сооружениях ледостав возникает прежде всего на входной части акватории ковша, а также прилегающем к ковшу участке берега. Данные ситуации являются исключительными, и возникают крайне редко.

Фактически повсеместно наблюдаются более сложные условия, вызванные ветрами, переменным похолоданием, и др., которые приводят к разрушению раннего ледостава, движение ледовых масс, появление

внутриводного льда и шуги. Шуголедовые условия могут измениться в течение суток и возможно часов.

Водохранилищные и озерные водозаборы сталкиваются со сложными шуголедовыми ситуациями сталкиваются в основном под воздействием вдольбереговых течений. Считалось, что водоприемники на водохранилищах в меньшей степени подвержены воздействию шуголедовых помех чем реки, или не подвержены им вовсе.

Практика эксплуатации показала, что на крупных водохранилищах и озерах создаются шуголедовые проблемы не менее сложные, чем на водотоках, и могут приводить даже к полной остановке водозаборных сооружений. Наиболее явно это выражено на водозаборах на Волгоградском, Боткинском водохранилищах и Онежском озере, где часто возникают интенсивные вдольбереговые течения с подмывом берегов и появлением внутриводного льда, создавая проблемы в работе водоприемников даже на глубине 16...18 м.

Теория о воздействии шуголедовых помех на водозаборы не всегда соответствуют фактической ситуации. Предполагается, что воздействие шуги заключается лишь в обмерзании стержней сородерживающих решеток и в перекрытии водоприемного фронта внутриводным льдом, и считается достаточным методом предотвращения шуголедовых помех электрообогрев решеток и обратная промывка водоприемных окон. Аварии на множестве водозаборов, результаты обследований оголовков водолазами показывают, что действительная обстановка намного сложнее особенно тогда, когда водозабор попадает в зону формирования шугозажоров и шуга забивает большую часть живого сечения водотока. Определены два типа шугозажоров:

– глубинные, с вовлечением шуги на глубину до 6...8 м, при этом шуголедовый массив захватывает относительно небольшой участок водотока (1...2 км, возможно до 5 км);

– поверхностные, при которых шугозажоры распределяются на участок водотока 10...15 км при относительно малой глубине погружения шуги (до 3 м). Прогнозирование характера шугозажоров на том или ином участке реки позволяет предотвратить шуголедовые помехи и вовремя принять меры по обеспечению устойчивой работы водозаборных сооружений.

Обследование ряда водоприемных устройств на Оби в г. Новосибирске выявило, что внутриводный лед перекрывает не только водоприемные окна, но и обволакивает весь оголовок, образуя при этом подводный массив из водонасыщенной ледяной массы. Водолазам в таких условиях не представляется возможным даже приблизиться к водоприемным окнам. Действия водолазов осложняет практическое отсутствие видимости под водой при шугоходе. При этом поток воды насыщен внутриводным льдом, а ледяной массив на оголовках постоянно растет.

Перекрытие отверстий шугольдом может быть настолько плотным, что в самотечных трубопроводах и оголовках возможно образование вакуума, с последующим разрушением конструкций оголовков. Практика эксплуатации показала немало подобных примеров.

Шуголедовый массив у оголовков формирует транзит шуги течением с вышележащих участков водотока, этому способствуют всевозможные выступающие части конструкций оголовков, а также корчи и топляки, наносы, возвышающиеся над дном при подмыве самотечные линии. Поэтому необходимо ежегодно (перед ледоставом) обследовать водоприемники и провести на них профилактические работы: расчистку наносов, удаление топляков, корчей, ремонт водоприемных решеток и др.

В шуголедовой массе могут присутствовать глинистые и песчаные частицы, придавая ей темнобурый оттенок. В процессе разрушения или таяния шуголедовых масс у оголовков и на их перекрытиях оседают наносы, часто довольно крупные ($d = 50...100$ мм), влекомые ранее потоком вместе с донным и прибрежным льдом от заберегов и транспортируемые в потоке при его наполнении шугой. Транспортирование крупнозернистых наносов в толще водотока проходит особенно активно при увеличении уровня воды в реке (в зоне шугозажора, подпора от ветра или приливов), в результате чего шуголедовая масса поднимается со дна, отрывается от берегов, увлекая частицы отложений, могущих перемещаться таким образом на большие расстояния. При потолочном расположении водоприемного фронта наносы могут попадать внутрь оголовка и во всасывающие линии, а при прямом всасывании воды приводить к засорению насосов, выводя их из строя.

Первоочередное значение при обеспечении бесперебойной работы водозабора имеют не только технические средства эксплуатации, но и правильный, всесторонний мониторинг природных факторов и правильное размещение водоприемников. Даже водозаборы аналогичного типа на одном и том же водотоке, при расположении друг от друга всего в нескольких сотнях метров, работают по-разному. Одни останавливаются, а другие работают без каких-либо проблем. Это характерно для воздействия не только шуги, но также и наносов. В обеспечении бесперебойной работы водозаборов выбор места их расположения имеет определяющее значение.

Водоросли. Фитопланктон в поверхностных источниках негативно влияет на системы водоснабжения в целом. Из многочисленных микроорганизмов при отборе воды существенное влияние на системы водоснабжения оказывает фитопланктон [12, 14].

Его наличие в толще воды, а в большей степени «цветение воды», затрудняет процесс водоотбора и дальнейшей водоподготовки для целей

хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения. Чрезмерное развитие водорослей оказывает влияние на органолептические показатели качества воды: вкус, запах, цвет. Наиболее интенсивно подвержены данному явлению водохранилища (рисунок 1.8).



Рисунок 1.8 – «Цветение» воды водохранилищ

Технологические и эксплуатационные проблемы возникают при отборе и очистке воды от фитопланктона, практически, в любых поверхностных источниках [1...4], при любых природно-климатических условиях на водотоках, водохранилищах и каналах [5, 6]. Наличие водорослей, интенсивно развивающихся в последние десятилетия, вызывает проблемы при приеме и обработке воды в большинстве систем водоснабжения мира и РФ, забирающих воду из поверхностных источников [7, 8].

Наличие водорослей повышает нагрузку на отдельные сооружения водоподготовки, уменьшает время фильтроцикла на скорых фильтрах, увеличивая объемы промывной воды и реагентов и пр. Технологии основанные на открытом водоотборе, с отстаиванием и фильтрацией, не допустимы для условий интенсивно «цветущего» водоисточника. Применение подобных решений, вызывает быструю кальматацию фильтров водорослями, и последующий сбой работы всей системы водоснабжения. Хлорирование воды при наличии водорослей становится причиной образования хлорорганических соединений и других хлороформ [9].

В связи с этим совершенствование технологических решений водозабора и очистки воды из поверхностных источников, содержащих фитопланктон, является одной из первейших задач [11].

Рыбозащита. Опыт рыбозащиты на водозаборах в разных природно-гидрологических и ихтиологических условиях показывает, что большинство РЗУ состоят из механических решеток или сеток (плоских, барабанов, конусов и др.), в которые беспрепятственно засасываются икра, личинки, молодь, крупные особи рыб. Негативное влияние водозаборов на рыбные запасы связано с прямой гибелью рыб и с изъятием воды, что ухудшает условия жизни и воспроизводства рыб, приводит к гибели гидробионтов, зообентоса и др., т.е. нарушением трофических связей в водоёме. Чаще всего

проектируют, строят и эксплуатируют водозаборы и РЗУ без должных инженерно-биологических обоснований и взаимосвязи.

Известно множество, часто оригинальных и сложных конструкций РЗУ, но многие из них не учитывают биологии развития и поведения рыб, ориентации их в потоке, миграции молоди, особенно нагульных и нерестовых, пространственно-временного распределения, реакций на различные раздражители. В России и СНГ возобладали РЗУ с принудительным рыбоотводом на водозаборе или с последующей эвакуацией молоди рыб из береговых шахт, неизбежно связанных с травмированием (по разным источникам 40...90 %) удаляемых особей. Сохранение жизнеспособности возвращаемой насосами, эрлифтами, шнеками и пр. молоди рыб и икры из трактов водозабора и РЗУ с рыбоотводами не обеспечивается. Не отвечают требованиям технологической, экологической и экономической целесообразности РЗУ, имеющие всевозможные вращающиеся элементы (сетки береговых колодцев, сетчатые вертикальные и горизонтальные барабаны на подводящих каналах, конусные струереактивные барабаны с рыбоотводом и промывкой, шахты с неполной нижней перегородкой и др.), требующие удаления задержанной молоди мало эффективной и промывки рыбозадерживающих элементов.

Сложность решения рыбозащиты на водозаборах и в том, что нельзя относиться к рыбе (ее молоди, личинкам, икре), как к механическому мусору (засорителям) воды, по аналогии со всевозможной взвесью и наносами. Наносы и взвесь перемещаются в водных массах. Рыба, однако, перемещается в слоях потока по течению и против него. Поведение рыб меняется в зависимости от их вида и возраста, условий водной среды (температура, мутность, химизм и др.), кормовой базы, характера водоема, скорости течения, периода суток и сезона, биологической обстановки и т.д. В одном водоеме обитают рыбы разных видов и онтогенеза, поведение их

различно и трудно совместимо с задачей конструирования РЗУ, их совместимости с водозабором и эксплуатации, тем не менее, проблема рыбозащиты может быть успешной на основе достижений науки и техники. Качество рыбозащиты и РЗУ зависит от степени полноты учёта особенностей поведения рыб (молоди, личинок), в зоне действия водозаборов при формирующихся потоках водоотбора и в самих водных источниках.

Проектирование водозаборов и РЗУ на них должно основываться на пространственно-временной динамике распределения молоди рыб в водоемах в целом, особенно в акваториях водоотбора. Важнейшей предпосылкой сохранения рыбных запасов является правильное размещение водоприемных устройств на участках и в акваториях с наименьшей концентрацией молоди рыб, что требует конкретных данных об изменениях концентрации молоди по сезонам и времени суток, по глубине и длине водоемов (вертикальное, горизонтальное, продольное распределение). Важен учёт основных закономерностей распределения в водоемах определенных видов и групп рыб. Закономерности эти в реках и водоемах заметно отличаются [35].

В последние 20...25 лет стали широко применяться в практике рыбозащиты в качестве РЗУ фильтрующие элементы водозаборов. Эффективность их рыбозащитного действия позволяет использовать фильтрующий водоприем в самых различных природно-гидрологических и ихтиологических условиях на вновь строящихся водозаборах и при реконструкции водоприемников с открытым водоотбором (решётки) на фильтрующий с соответствующим оснащением водоприемных отверстий фильтрующими элементами. Иначе, введение в конструкцию водоприемников фильтрующих элементов различных видов решает эффективную защиту рыб, их молоди, личинок и икры наиболее доступным, простым, дешевым и экологичным способом.

Применение фильтрующих устройств в качестве средства рыбозащитных на коммунальных и промышленных водозаборах со снижает строительные и эксплуатационные затраты при одновременном улучшении качества отбираемой воды и повышении эффективности рыбозащиты приобретает особую актуальность.

1.3 Характеристика источника водоснабжения г. Жигулевск

Источником водоснабжения г. Жигулевск является река Волга (Куйбышевское водохранилище).

Куйбышевское водохранилище – водохранилище на реке Волге. Создано в 1955-1957 гг. после возведения плотины Жигулёвской ГЭС, в долине Волги в Жигулях на месте города Ставрополь (ныне Тольятти). По площади водохранилищем является третьим в мире.

Водоохранилище длиной более 500 км, ширина в устье Камы – 35-40 км, площадь зеркала – 6,45 тыс.км² (второе место в мире – среди речных), объём воды – 58 км³, полезный объём – 34 км³. Уровень воды у плотины 29 м, он распространяется по Волге до города Новочебоксарска, по реке Каме – до города Набережные Челны. Водоохранилище образует крупные заливы по долинам Свияги, Камы, Казанки и др.

Водоохранилище предназначено для выработки электроэнергии, судоходства, водоснабжения, ирригации. Используется для рыболовства.

Волга пополняется снеговыми, грунтовыми и дождевыми водами. Система каналов, гидроэлектростанций и хранилищ радикально видоизменила водный баланс всего бассейна р. Волги. Снизилась расходы в половодье, а в летний и зимний периоды, наоборот, повысились. Изменился естественный режим течения реки. Водоохранилища превратили Волгу в стоячие озера.

Самоочищение Волги снизилось во много раз. Изменения претерпел тепловой режим. В верховье период стояния льдов увеличился, а в низовье уменьшился. До возникновения этой системы, Волга выносила к устью до 25 млн. тонн наносов и больше минеральных веществ. В настоящее время вместо природного удобрения заливных земель и поймы, они перемешиваются с токсичными веществами и миллионами тонн земли, обрушивающимися с берегов, откладываются на дне уменьшая полезный объем водохранилищ.

Уровенный режим куйбышевского водохранилища. Уровенный режим Куйбышевского водохранилища определяется характером его наполнения и сработки, попусками вышерасположенных гидроузлов и Волжской ГЭС, а также ветровыми воздействиями на водную поверхность. При сезонном периоде регулирования ежегодно в течение весеннего половодья пополняется до максимальных уровней и к следующему половодью срабатывается до минимальных уровней.

В годовых колебаниях уровня водохранилища, в зависимости от характера их изменений, выделяется три основных периода: весеннее наполнение, летне-осеннее относительно-стабильное положение уровня вблизи НПУ и период осенне-зимней сработки. От периода к периоду уровень воды водохранилища существенно изменяется.

Средняя дата начала половодья – первая декада апреля. Максимальные уровни наступают в среднем в первой декаде мая.

За период эксплуатации водохранилища (1957-2007 г.г.) максимальная отметка в период весеннего половодья у г. Тольятти наблюдалась в 1979 году и достигала отметки 54,13 м БС.

Максимальный среднесуточный уровень наблюдался 02.06.79 г. и составил 53,88 м БС. Средняя продолжительность весеннего наполнения 31-36 дней.

Примерный график колебаний уровня воды в Куйбышевском водохранилище (за период с 01.01.2013 по 01.05.2015 гг.) представлен на рисунке 1.8.

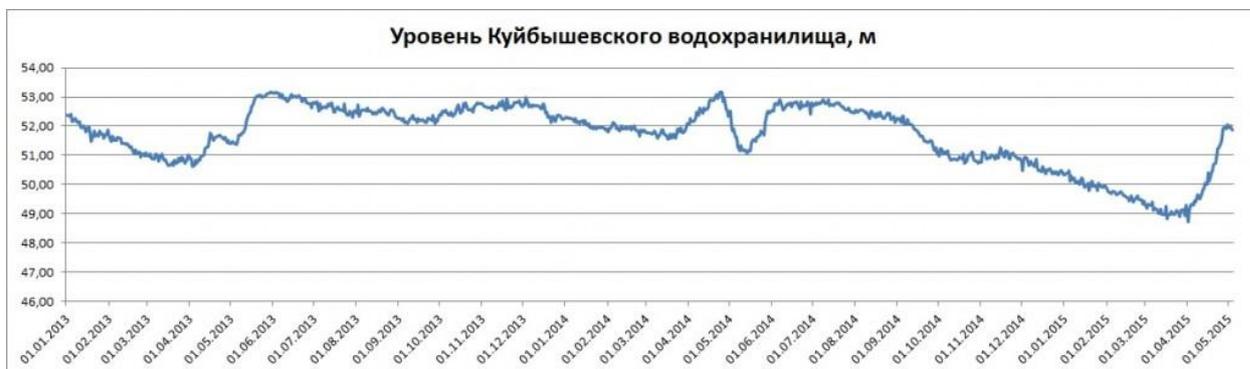


Рисунок 1.8 – Колебания уровня воды в Куйбышевском водохранилище

За весенний период водохранилище наполняется до отметки, близкой НПУ. Исключением являются 1964, 1965, 1969, 1971 г.г. когда подъем уровня при весеннем наполнении прерывался временным спадом уровня, после чего наполнение водохранилища до НПУ продолжалось до середины июня. В некоторые годы (1967, 1973, 1976, 1977 г.г.) водохранилище до НПУ не наполнялось из-за малого объема притока.

Наполнение водохранилища весной всегда осуществляется в соответствующем режиме, рассчитанном для конкретного половодья. Отсюда и ход уровней воды за период весеннего половодья, как за любой другой сезон года зависит от регулирующего влияния водохранилища и от заданного режима эксплуатации.

Средняя продолжительность летне-осеннего периода стабилизации уровня составляет 167 дней. К концу периода уровни водохранилища обычно понижаются в среднем на 1,1 м.

Этот период характерен незначительным изменением уровня.

Период осенне-зимней сработки отмечается интенсивным понижением уровней. В этот период отмечаются наиболее низкие уровни воды. Средняя

продолжительность периода сработки составляет 136 дней. Начало периода относится в среднем на первую декаду ноября.

Уровень воды за этот период понижается в среднем на 4,5 м.

Самая глубокая сработка наблюдалась в марте 1980 г. и была доведена до отметки 45,43 м БС.

Суточные колебания уровня у г. Жигулевска небольшие. В среднем амплитуда колебания уровня составляет 0,25-0,35 м.

Характерные уровни водохранилища у г. Жигулевска заимствованы из «Основных положений правил использования водных ресурсов Куйбышевского водохранилища на р. Волге» и приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Характерные уровни водохранилища у г. Жигулевска

Наименование створа	Максимальный допустимый уровень при пропуске весеннего половодья вероятностью превышения, %	Максимальные уровни в половодье с вероятностью превышения, %				Среднемеженные уровни при НПУ, м	среднемеженные уровни при сработке	
		0,1	1	3	5		лето	зима
Створ плотины	53,3	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0	49,0	45,5

Волновой режим. Волнение на Куйбышевском водохранилище отмечается большим разнообразием, что объясняется сложной конфигурацией береговой линии и большим разнообразием глубин.

Кроме того, каждое направление ветра создает на водохранилище свои волноопасные участки.

В рассматриваемом районе наиболее волноопасное направление - северное. Приведенная 4% скорость ветра по этому направлению равна 25 м/с, средняя из максимальных – 17 м/с.

Расчетная высота волны для участка берега в месте расположения водозабора определена в соответствии с рекомендациями СНиП 2.06.04-82* в зависимости от длины разгона, глубины водоема и максимальной скорости ветра 4% обеспеченности и средней из максимальных при наиболее волноопасном направлении ветра. Результаты расчетов приведены в таблице 1.2 [41].

Таблица 1.2 – Расчетная высота волны

Волноопасное направление		северное		
Приведенная расчетная скорость ветра, V_w , м/с	средняя из максимальных	17	17	17
	4 % обеспеченности	25	25	25
Уровень воды, мБС	Максимальный среднесуточный наблюдаемый	53,88	53,88	53,88
	1% обеспеченности	53,0	53,0	53,0
Зона расчета		глубоководная	мелководная	Прибойная при обрушении
Общая длина разгона, L м		4968 4960	4995 4985	4999 4995
Глубина в расчетной точке, Н м		8 11,2	10 3,0	Ш 1,6
Средняя длина волны, λ м		15,9 22,5	13,8 18,7	13,0 16,7
Период волны, T сек		3,19 3,80	2,97 3,46	2,80 3,27
Высота волны 1% обеспеченности, λ м		1,45 2,18	1,06 1>6	0,99 1,5
Превышение вершины волны 1% обеспеченности над расчетным уровнем, $\eta_{1\%}$ м		0,87 1,32	0,69 1,17	0,83 1,24
Высота волны 5% обеспеченности, λ м		1,18 1,85	0,86 1,36	0,89 1,35

Превышение вершины волны 5% обеспеченности над расчетным уровнем, $\eta_{5\%}$ м	6,68 1,08	0,62 0,97	0,75 1,12
----------------------------------------------------------------------------------------	--------------	--------------	--------------

Наибольшая толщина льда наблюдалась в 1969 году и составила 105 см. Максимальная толщина льда 1% обеспеченности - 135 см. В зимний и ранневесенний периоды, под влиянием сработки водохранилища значительная часть льда оседает на прибрежной мелководной частях водохранилища.

Вскрытие водохранилища начинается через 5-10 дней после устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через 0°C. Обычно вскрытие начинается во второй декаде апреля.

Ранее вскрытие наблюдается в конце марта.

Окончательное очищение водохранилища ото льда происходит в среднем в конце апреля.

Средняя продолжительность безледного периода около 230 дней.

Выводы по главе 1

1. Для водохранилищ выбор места расположения водозаборных сооружений обусловлен гидрологическими, гидроморфологическими, гидротермическими, гидробиологическими и др. процессами, протекающими в водохранилищах, связанные с местными топографическими, метеорологическими, геологическими и другими особенностями избранного участка водохранилища.

2. Анализ литературных источников выявил, что основными проблемами на водозаборах из водохранилищ являются биологические обрастания, наносы, водоросли, а также шуголедовые помехи.

3. Основным источником водоснабжения г. Жигулевск является река Волга (Куйбышевское водохранилище). Гидрогеологические условия в месте расположения водозабора позволяют забирать воду надлежащего качества и требуемого количества.

ГЛАВА 2 АНАЛИЗ РАБОТЫ ВОДОЗАБОРА

2.1 Технологические особенности водозабора г. Жигулевск

В городе Жигулевск система водоснабжения представлена следующими элементами:

- водозабора из Куйбышевского водохранилища;
- насосной станции I подъема с насосами повышения давления, подающая воду на очистные сооружения;
- очистных сооружений;
- резервуаров чистой воды;
- насосной станции II подъема и повысительных насосных станций;
- водоводов и водопроводной сети для транспортирования воды от сооружения к сооружению и потребителям.

Водоприем осуществляется в 45 м от берега на глубине около 17 м. На такой глубине качество воды по основным показателям удовлетворяет требованиям СанПиН. Производительность по проекту водозаборных сооружений – 50 тыс. м³/сут.

В 2015 г. на водозаборе были проведены работы по реконструкции насосной станции, по проекту разработанному ООО НПФ «ЭКОС» [41].

План водозабора представлен на рисунке 2.1, разрез – на рисунке 2.2.

При реконструкции произведена замена существующих глубинных насосов марки ОПВ-1000-11.6 на погружные многоступенчатые насосы INDAR марки UGP-2025/1R с двигателем ML-28-4/050 (рисунок 2.3). Производительность насоса 1000 м³/ч, Н=13,0 м, N=55 кВт. Характеристика насоса представлена на рис. 2.4. Замена насосов произведена без изменения существующей схемы водозабора.

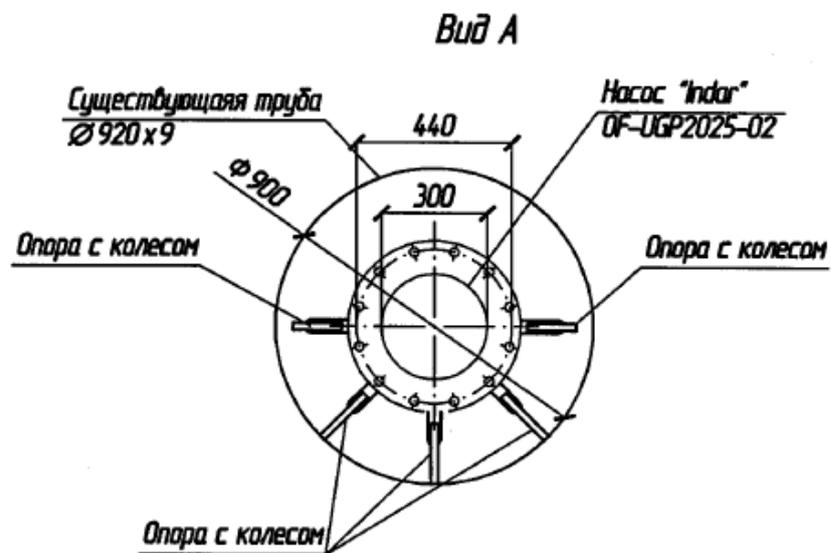
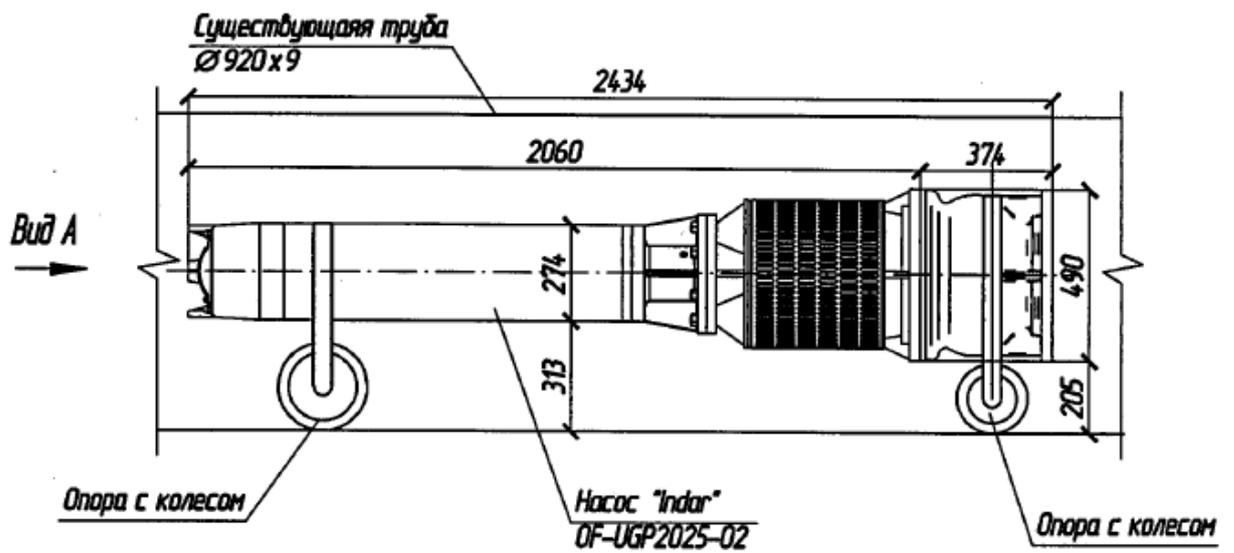


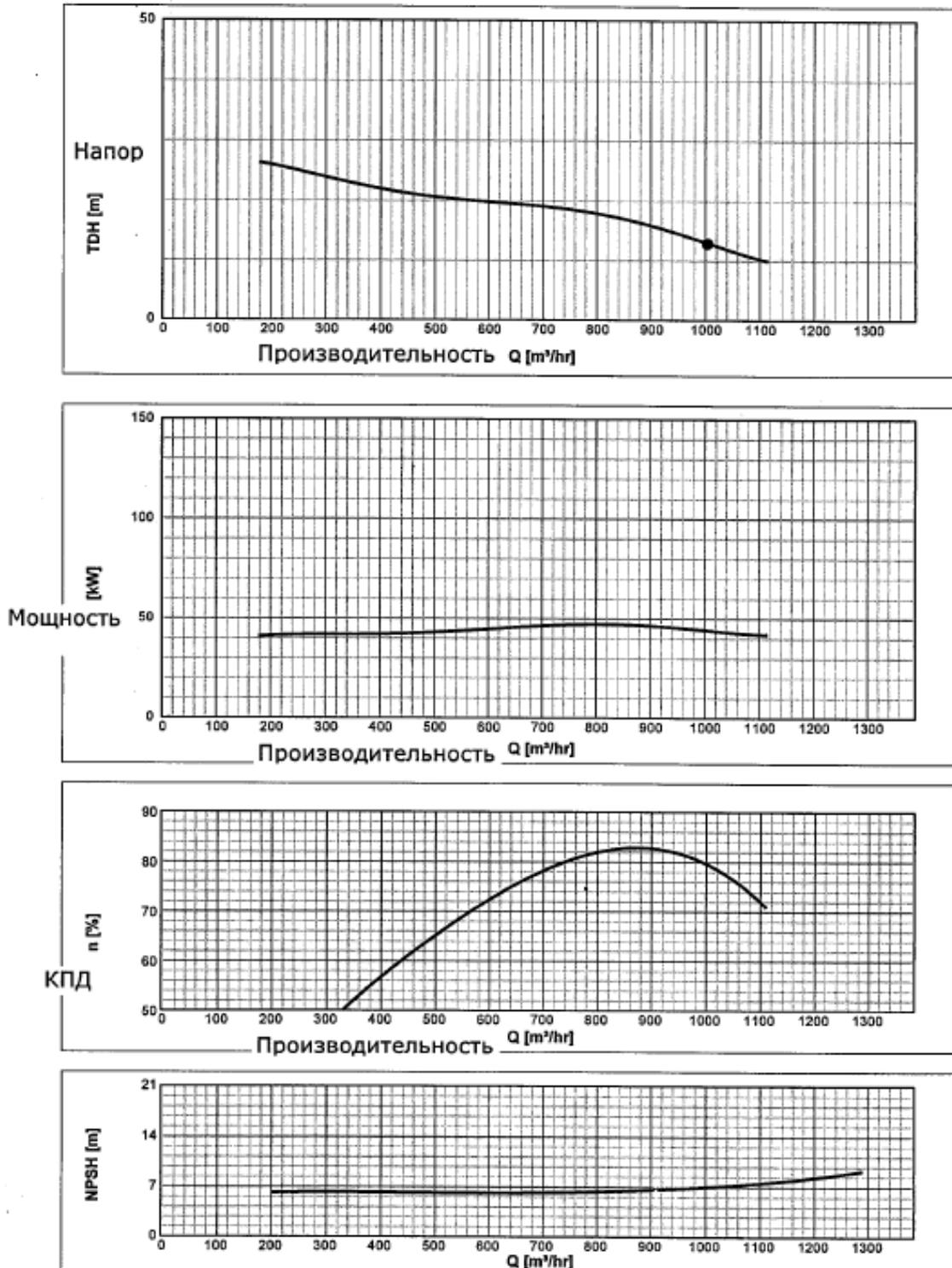
Рисунок 2.3 – Габаритная схема насоса INDAR UGP-2025/1R с опорными колесами в самотечном трубопроводе

Curves for standard materials

UGP-2025/1R

Hz: 50

r.p.m.: 1500



Curves for water at 30 °C, density of 1 Kg/dm³ and a viscosity of 1° E, according to ISO 9906 Level II
 Approximate values, not valid for manufacturing.
 Indar Maquinas Hidraulicas SL reserves the right to carry out technical changes without any notification.

Рисунок 2.4 – Характеристики насоса INDAR UGP-2025/1R

В машинном зале насосной станции произведена замена существующих насосных агрегатов типа Д на одноступенчатые одинарные центробежные насосы типа «инлайн» Grundfos TP 300-590/4 X-F-A DBUE (рисунок 2.5), замена запорной арматуры и различных метизов. Общий вид машинного зала представлен на рисунке 2.6.



Рисунок 2.5 – Насосные агрегаты до (слева) и после реконструкции (справа)



Рисунок 2.6 – Общий вид машинного зала

Характеристика насоса Grundfos TP 300-590/4 X-F-A DBUE представлена на рисунке. 2.7. Габаритные размеры на рисунке 2.8.

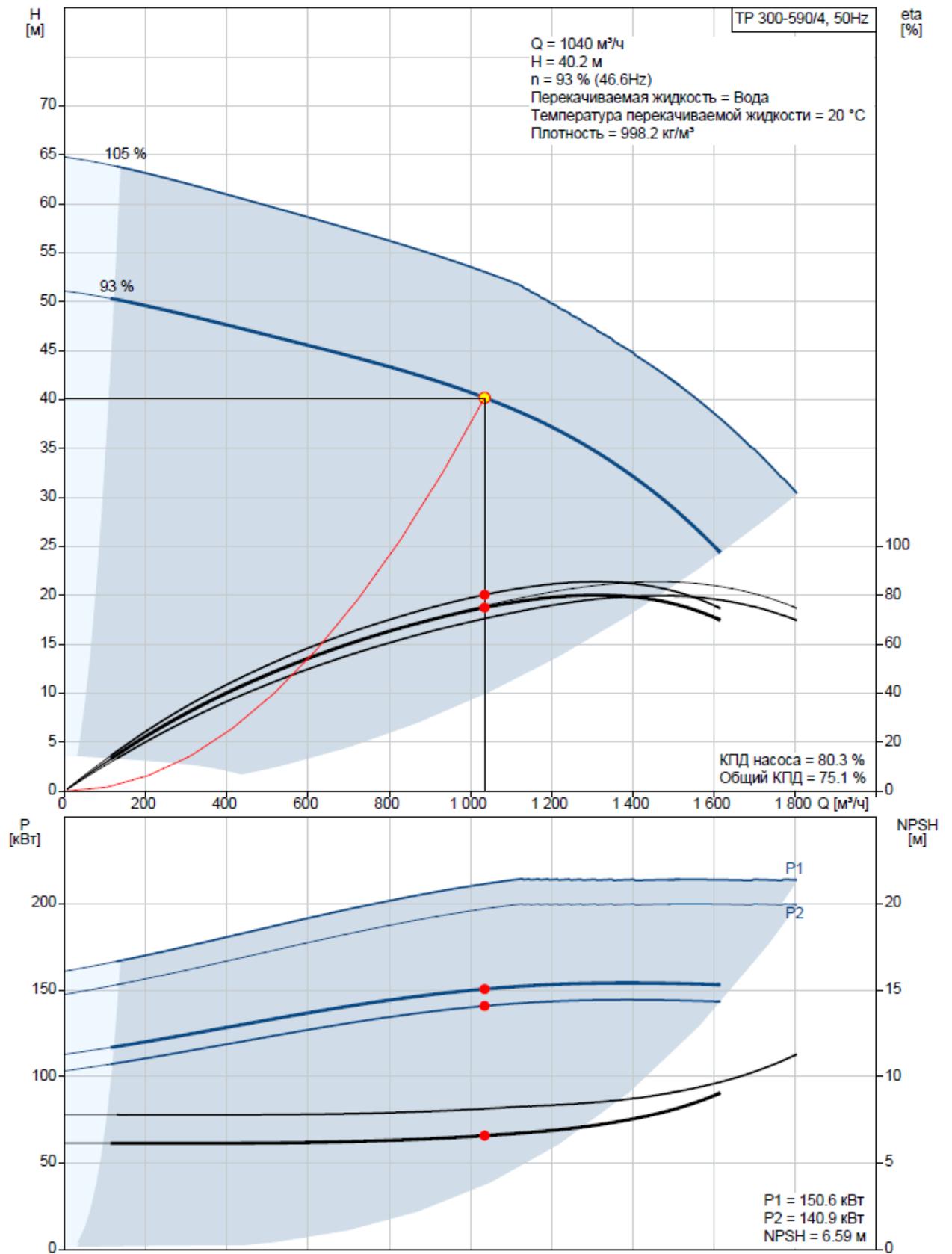


Рисунок 2.7 – Характеристика насоса Grundfos TP 300-590/4 X-F-A DBUE

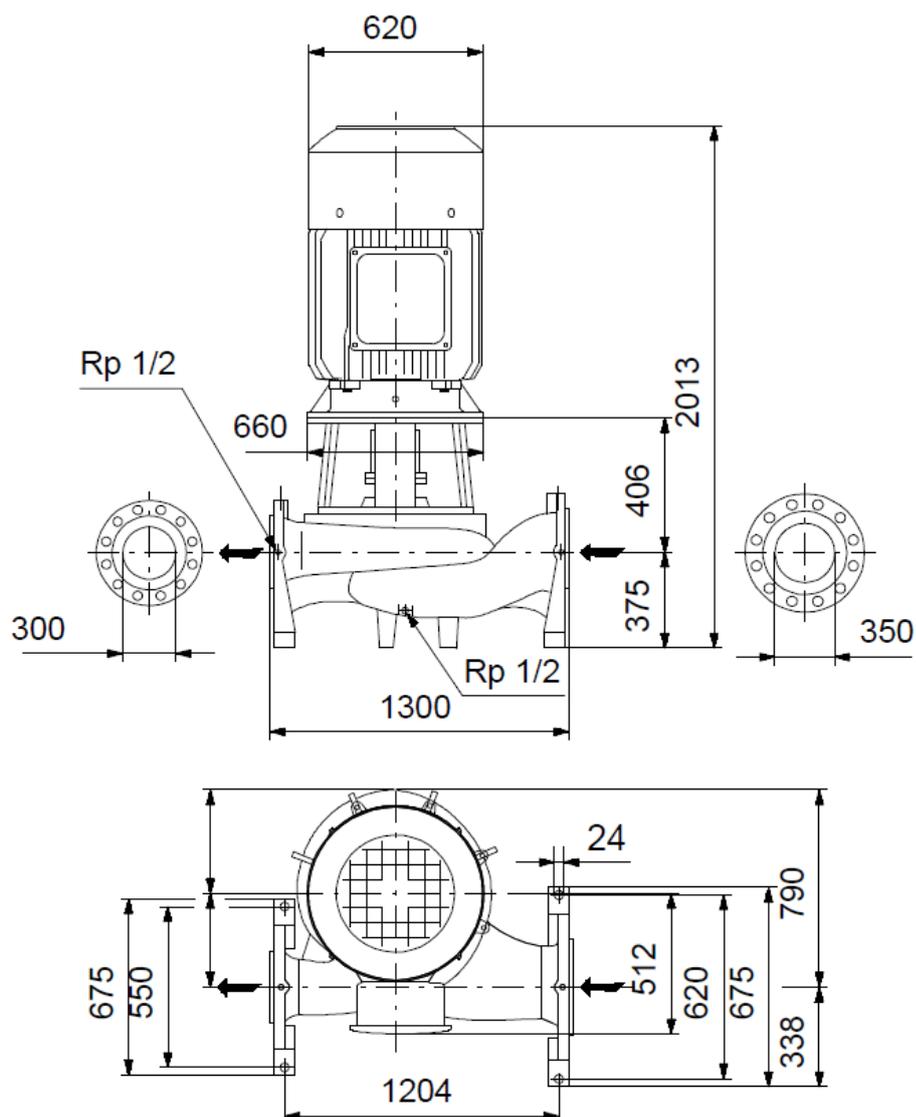


Рисунок 2.8 – Габаритные размеры насоса
Grundfos TP 300-590/4 X-F-A DBUE

Планируется реконструкция водоприемников: замена фильтрующего материала в фильтровальной камере и замена сороудерживающих решеток. В качестве фильтра используется гранитный щебень, крупностью 70-80 мм. Объем фильтрующего материала на один оголовок $V = 3,02 \text{ м}^3$. Мощность слоя фильтра $h = 0,5 \text{ м}$. Суммарный объем гранитного щебня на все водоприемные оголовки – $12,08 \text{ м}^3$.

Водозаборные оголовки, наполненные гранитным щебнем, представляют собой рыбозаградитель типа «объемный фильтр», для

обеспечения защиты молоди рыбы. Крупность фильтрующего материала принята на 20-30 мм больше ширины прозоров решеток.

В каждой секции водоприемных окон установлено по три решетки с размерами 1,1×1,86 м. Решетки выполнены из коррозионностойкой стали, стержнями размером шириной 50 мм и толщиной 8 мм, приваренных к раме. Расстояние между стержнями 50 мм в свету. Предусмотрено устройство на каждом водоприемном окне по три решетки размером в плане 1872×1100 мм.

Для перекрытия фильтровальной камеры каждого оголовка предусмотрено 2 железобетонных плиты с размерами 1,18×2,75 м, а для перекрытия приемного устройства одна плита трапециевидной формы размером 0,62×1,2×5,75 м. Водоприемный оголовок представлен на рисунках 2.9 и 2.10.

Схема расположения плит покрытия

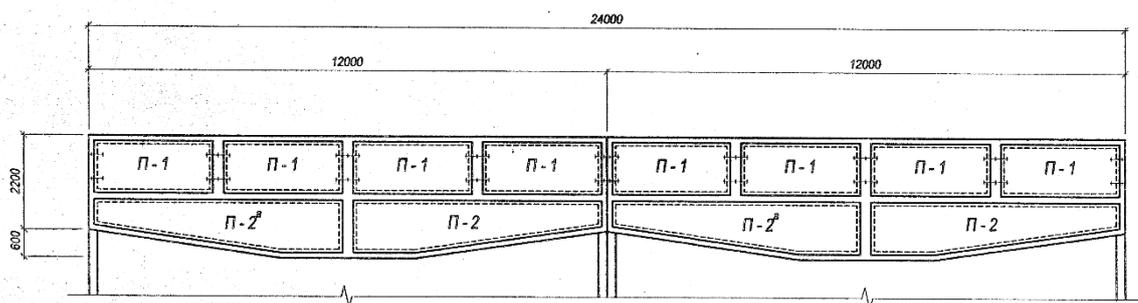


Схема расположения решеток

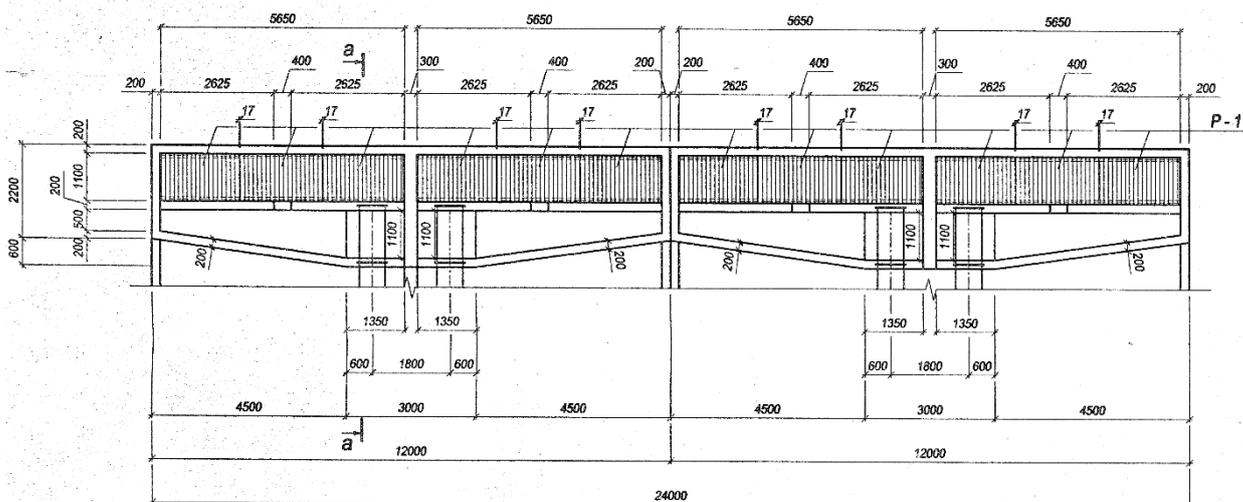


Рисунок 2.9 – План водоприёмных оголовков с расположением плит и решеток

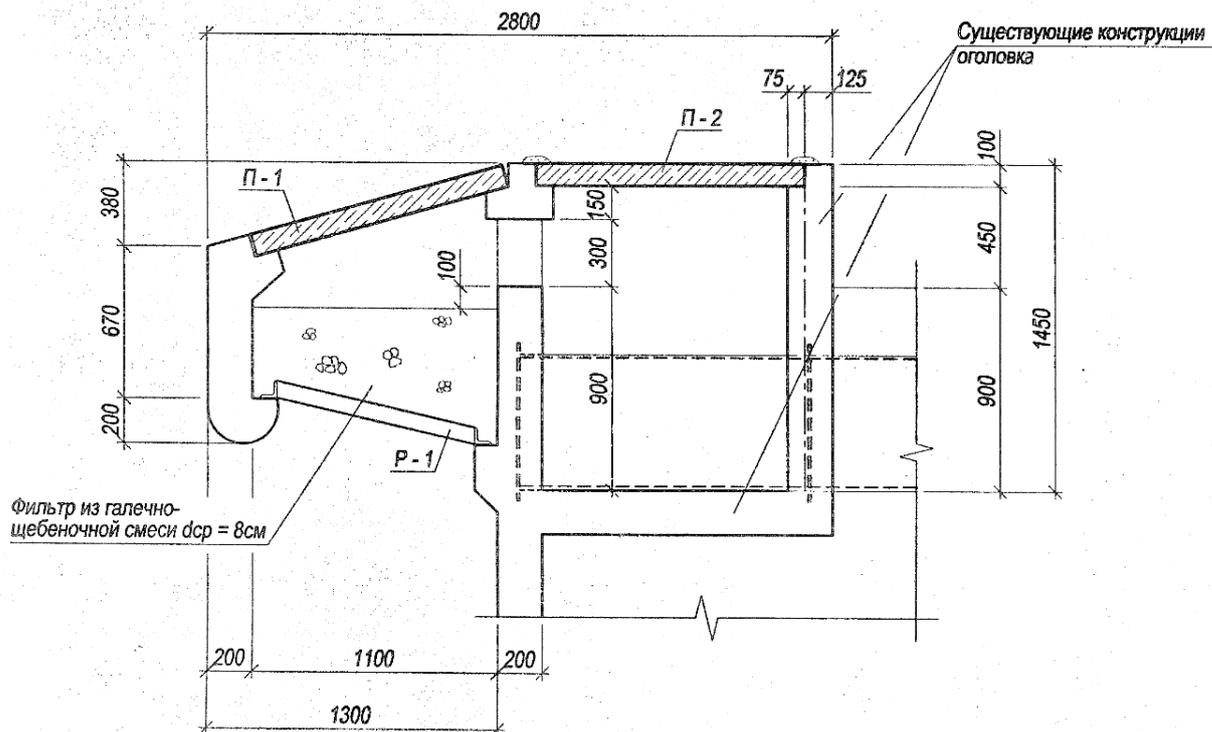


Рисунок 2.10 – Водоприемный оголовок

Вода от береговой насосной станции подается на насосно-фильтровальную станцию (далее НФС), где пройдя многоступенчатую очистку поступает в РЧВ, а далее насосами второго подъема подается потребителям в город.

2.2 Анализ работы водозабора по результатам подводно-технического обследования ЗАО фирмой «ДИВЕР С» и ООО «СамРЭК-Эксплуатация»

Причиной проведения водолазного обследования послужил выход из строя глубинного погружного насоса водоприемного оголовка №3 (номера оголовков располагаются последовательно в соответствии с направлением течения), а также низкое качество воды, поступающей на насосно-фильтровальную станцию г. Жигулевск. Поступающая вода содержит в значительном количестве иловые массы и створки моллюска Речная дрейссена [40]. Демонтированный глубинный насос и присоединительные фасонные части показаны на рисунках 2.11 и 2.12.



Рисунок 2.11 – Вышедший из строя глубинный, погружной насос водоприёмного оголовка №3 (насос полностью забит створками моллюска Речная дрейссена и донными отложениями)



Рисунок 2.12 – Демонтированные соединительные части

В задачи водолазного обследования входило [40]:

1. Проведение водолазного обследования четырех водоприемных оголовков.

2. Обнаружение места проникновения в водоприемные оголовки донных отложений, иловых масс и створок моллюска Речная дрейссена.

3. Проверка состояния водоприемных окон на всех четырех водоприемных оголовках.

4. Определение технического состояния водоприемных оголовков на соответствие проекту и требованиям нормативно-технической документации.

Подводно-технические работы по водолазному обследованию четырех водоприемных оголовков водозаборного сооружения водоснабжения г.Жигулевск Самарской области проводились 8 октября 2016 года.

Водоприемные оголовки водозаборного сооружения водоснабжения г.Жигулевск Самарской области находятся в акватории Куйбышевского водохранилища, в приплотинной зоне, в 470 метрах выше Жигулевской ГЭС со стороны правого берега, напротив здания насосной станции, в 47 метрах от уреза воды, на глубине 17 метров при горизонте воды 53 метра в М.Б.С. Сразу за территорией насосной станции начинается бетонный откос подводящего канала Жигулевской ГЭС (рисунки 2.13 и 2.14).



Рисунок 2.13 – Снимок со спутника места положения водозабора



Рисунок 2.14 – Здание береговой насосной станции Жигулёвского водозабора

Конструктивно водозаборное сооружение руслового типа с транзитным потоком воды состоит из четырех отдельных водоприемных оголовков. Каждый водоприемный оголовок представляет собой стальной, сварной корпус, залитый бетоном и имеет фильтровальную и водоприемную камеры, водоприемное окно с сороудерживающей решеткой

Водоприемное окно расположено почти горизонтально с фронтальной стороны водоприемного оголовка. Такое расположение водоприемного окна во время работы водозабора создает вертикально направленный вверх поток воды, который рыба и рыбная молодь стараются избегать (требования рыбозащиты).

Конструктивно водозаборное сооружение руслового типа с транзитным потоком воды состоит из четырех отдельных водоприемных оголовков. Каждый водоприемный оголовок представляет собой стальной, сварной

корпус, залитый бетоном и имеет фильтровальную и водоприемную камеры, водоприемное окно с сороудерживающей решеткой

Водоприемное окно расположено почти горизонтально с фронтальной стороны водоприемного оголовка. Такое расположение водоприемного окна во время работы водозабора создает вертикально направленный вверх поток воды, который рыба и рыбная молодь стараются избежать (требования рыбозащиты).

Расстояние от отметки дна до верха водоприемного окна согласно требованиям проекта должно быть: под козырьком – 1,6 метра, у стены оголовка – 1,2 метра. Такие значения исключают возможность попадания (засасывания) в водоприемное окно донных отложений и донного мусора.

Расстояние между ребрами сороудерживающей решетки – 50 мм.

Каждая фильтровальная камера сверху накрыта двумя одинаковыми железобетонными плитами прямоугольной формы размером 2,7 м × 1,17 м, толщиной 100 мм.

Каждая водоприемная камера сверху накрыта одной железобетонной плитой трапециевидной формы, размер трапеции 5,42 м × 1,34 м × 0,795 м, толщина 100 мм.

Фильтровальная камера засыпана гранитным галечно-щебеночным фильтром фракции 80 мм.

Со стороны берега к каждой водоприемной камере подходит водовод Ø630 мм. В двух метрах от водоприемной камеры водовод оголовка соединяется муфтой с основным водоводом, идущим в машинный зал береговой насосной станции.

Конструкция водоприемного оголовка с фильтровальной камерой, наполненной галечнощебеночным фильтром, представляет собой механический рыбозаградитель типа «объемный фильтр». Проектный коэффициент рыбозащиты рыбы и рыбной молоди свыше 80%. Общая длина четырех водоприемных оголовков 24 метра (см. рисунки 2.9, 2.10 и 2.15).

Фактическое расположение водоприемных оголовков хорошо видно на гидроакустическом снимке, выполненном гидролокатором бокового обзора (рисунок 2.17).

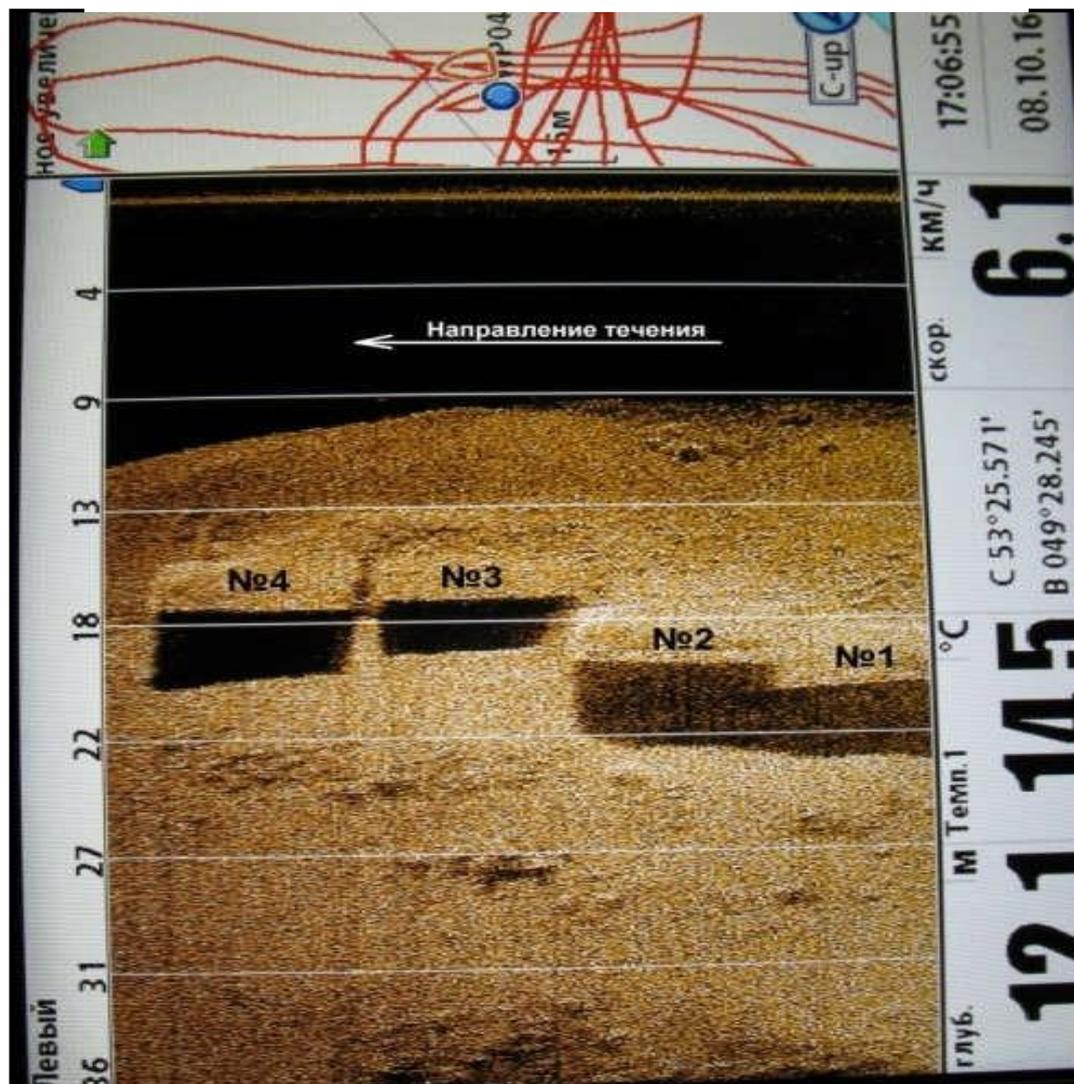


Рисунок 2.17 – Гидроакустический снимок водоприёмных оголовков

2. Все четыре водоприемных оголовка имеют сильное биологическое загрязнение. Вся поверхность водоприемных оголовков сильно обросла моллюском Речная дрейссена (*Dreissena polymorpha*).

Все водоприёмные оголовки имеют значительные донные, илистые отложения, особенно сверху водоприемных оголовков (рисунок 2.18).

3. Все сородерживающие решетки водоприемных окон и фильтровальный материал практически полностью забиты. Доступ воды в водоприемные оголовки почти полностью перекрыт (рисунок 2.19).



Рисунок 2.18 – Поверхность водоприемного оголовка

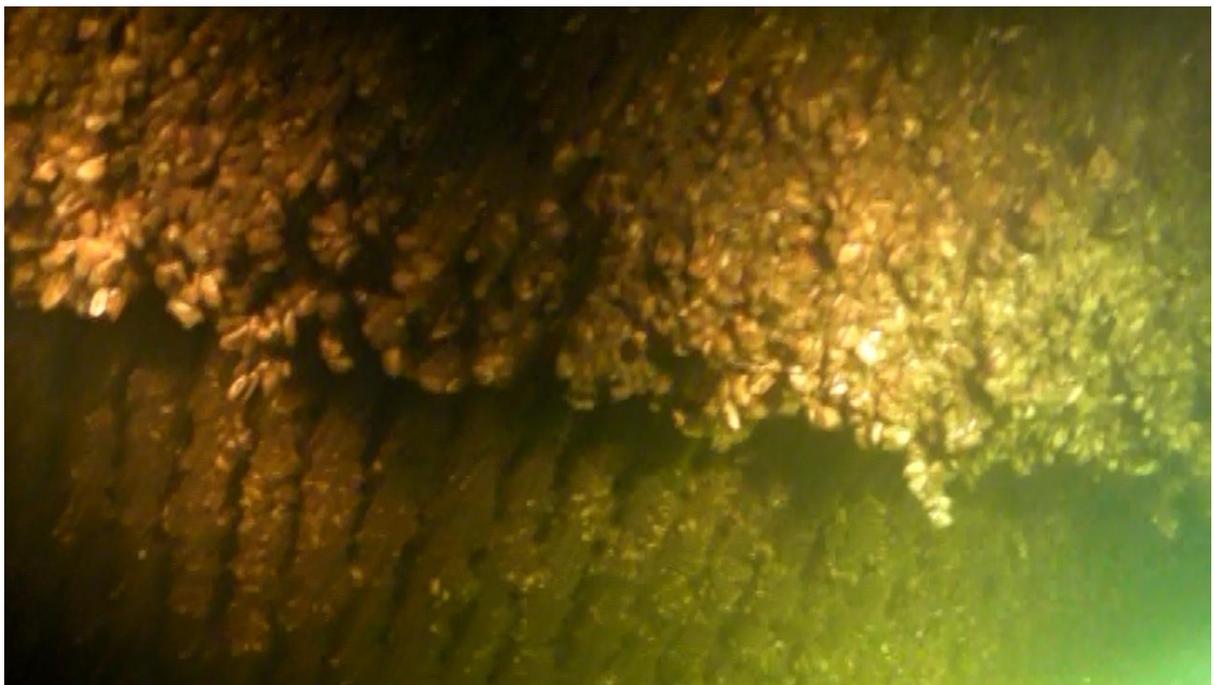


Рисунок 2.19 – Поверхность водоприемных оголовков и стержней решеток
обросшие дрейссеной

4. Дно в районе оголовков представлено донными отложениями в виде илестых наносов и наносов из отмершего моллюска Речная дрейссена

(*Dreissenapolyomorpha*). В результате увеличения донных отложений и наносов отметка дна под водоприемными окнами поднялась до критической. Расстояние до сороудерживающей решетки от отметки дна составляет местами менее 0,5 метра. Вследствие этого придонный мусор засасывался с потоком воды в водоприемный оголовок и забивал фильтровальный материал, почти полностью перекрыв поступление воды в водоприемные оголовки.

5. Два, выступающих вперед, первых водоприемных оголовка №1 и №2, преграждая путь естественному течению реки, создают за собой, перед третьим и четвертым оголовками зону повышенной аккумуляции донных отложений. Здесь донные отложения достигают своего максимума и значительно сокращают срок службы фильтровального материала. По жалобам сотрудников береговой насосной станции, именно с этих оголовков вода поступает наиболее грязная.

6. Во время водолазного обследования верха водоприемных оголовков, не смотря на значительные донные отложения и обрастания моллюском Речная дрейссена (*Dreissenapolyomorpha*) видно, что крышки, закрывающие фильтровальные и водоприемные камеры, местами закрыты не плотно (рисунок 2.20).



Рисунок 2.20 – Зазоры между крышками и фильтровальной камерой

Так как во время водолазного обследования в работе были водоприемные оголовки №2 и №4, то здесь было видно как в образовавшиеся зазоры (щели) внутрь оголовка поступает вода, минуя галечно-щебеночный фильтр, увлекая за собой внутрь оголовка донные отложения в виде иловых масс и моллюска Речная дрейссена. Видно даже присосанных речных раков (рисунок 2.21).



Рисунок 2.21 – Раки, прижатые потоком воды к зазору между крышкой и фильтровальной камерой

Так же в эти зазоры засасывается рыбная молодь, что недопустимо по требованиям рыбоохраны.

2.3 Режим работы насосов насосной станции на водозаборе и выявление причин поломки насоса

На водозаборе принят следующий режим работы насосной станции I-го подъема:

1. Вода поступает через два из четырех водоприемных оголовка в самотечные водоводы и далее забирается насосами INDAR марки UGP-2025/1R с двигателем ML-28-4/050, которые в свою очередь подают воду во всасывающие патрубки насосов типа «инлайн» Grundfos TP 300-590/4 X-F-A DBUE и далее на очистные сооружения (НФС).

2. Работа двух пар насосов осуществляется в течении принятого времени наработки часов (примерно 24 часа) и далее происходит переключение на другие две пары насосов и соответственно включаются в работу другие водоприемные оголовки.

После выхода из строя выход из строя глубинного погружного насоса водоприемного оголовка №3 было обследование агрегата на предмет выявления причин поломки.

Осмотр насосного агрегата проводился непосредственно на станции первого подъема г. Жигулевска (см. рисунок 2.11). Общий осмотр объекта, шкафов управления насосами и в частности шкафа управления насос первого подъёма №1 HC-2S-125A-N11D1-12 (рисунок 2.22); доступных для осмотра силовых и контрольных кабелей (рисунок 2.23); места выхода напорного патрубка насоса первого подъёма №1 в машинный зал; насос второго подъёма TP 300-590/4 X-F-A DBUE; напорный трубопровод насоса первого подъёма №1.



Рисунок 2.22 – Шкаф управления



Рисунок 2.23 – Силовые и контрольный кабели

На момент проведения экспертизы насос демонтирован и находится на территории ООО «Эколайн», где проводился осмотр насоса первого подъёма №1 НС-2S-125A-N11D1-12 №115914 в разобранном виде, что позволяет провести детальный осмотр основных частей агрегата и защитной решётки.

При осмотре определено, что двигатель не работает из-за оплавление изоляции и последующее замыкание проводов одной из трёх обмоток статора

(рисунок 2.24). В данной модификации двигателя в обмотке находился только один датчик температуры типа Pt100. Материалом является платина с сопротивлением 100 Ом при температуре 0°C. Зависимость сопротивления от температуры линейная $k_t=0,39$ Ом/1°C. Конструктивной особенностью данного датчика является виброустойчивость. Датчик может быть произведён в разных вариантах: 2, 3, 4-проводное подключение (в рассматриваемом случае 3-проводное).



Рисунок 2.24 – Расплавленная изоляция одной обмотки

Датчик температуры был плотно воткнут в одну из обмоток (уцелевшую во время аварии) на глубину 7-10 см (рисунок 2.24). Датчик, извлечённый из обмотки, повреждений не имеет. Линия связи насоса №1 со шкафом управления НС-2S-125А-N11D1-12, выполнена кабелем КГ 3×1,5 находится в исправном состоянии (прозванивается). Доступные для осмотра питающие КГ 3×10 и контрольный КГ 3×1,5 кабели видимых повреждений (потертостей, резких перегибов, разрушенной изоляции) не имеют (см. рисунок 2.23). В остальном, статор находится в удовлетворительном состоянии, имеются следы эксплуатации и незначительной коррозии. При разборе двигателя слита СОЖ (смесь воды и гликоля), количество и качество

(отсутствие загрязнений) жидкости соответствуют требованиям инструкции по монтажу и эксплуатации завода-изготовителя (рисунок 2.26).



Рисунок 2.25 – Уцелевшие обмотки



Рисунок 2.26 – Статор двигателя. СОЖ (в ведре)

Других неисправностей двигателя (повреждения подшипников, торцевого уплотнения, вала) не обнаружено (рисунки 2.27, 2.28).



Рисунок 2.27 – Насос UGP-2025/1R



Рисунок 2.28 – Торцевой уплотнитель

В качестве одной из причин неисправности возможно не верно выбрана комплектация двигателя. Наличие только одного датчика температуры не смогло прекратить подачу энергии на двигатель. Какое-

либо механическое воздействие (заклинивание, отсутствие смазки) не было причиной перегорания обмотки.

Водозаборные оголовки, наполненные гранитным щебнем, представляют собой рыбозаградитель типа «объемный фильтр», однако, не обеспечивают защиту от прохождения молоди рыбы, дрейссены и наносов из-за неплотного прилегания крышек фильтровальных камер (рис. 2.28).



Рисунок 2.28 – Ракушки и скелет рыбы на деформированной решётке

При осмотре наружной защитной решётки, изготовленной, ООО «Эколайн» отклонений от требований инструкции по монтажу и эксплуатации завода-изготовителя нет. Материалы (сталь 12Х18НОТ толщиной 5 мм) и конструкция решётки подобраны с учётом особенностей эксплуатации насосного агрегата (рис. 2.29).



Рисунок 2.29 – Защитные решётки (кожух)

Наружная защитная решётка оборудована направляющими колёсами, крепёжными элементами и служит также для создания потока воды для охлаждения двигателя. Данная конструкция выполнила функцию направления потока для охлаждения, т.к. следов перегрева (деформаций, изменения окраски, оплавления), на статоре и других деталях двигателя не обнаружено. Однако, заводская защитная решётка, изготовленная из нержавеющей стали, толщиной ~2 мм сильно деформирована (замята внутрь). На решётке, внутри насос, на стыках напорного трубопровода имеются раковины речной дрейссены (*Dreissena polymorpha*) и останки рыб (см. рисунок 2.28). При большом количестве раковин на решётке возможно значительное уменьшение пропускной способности отверстий, что при разрежении на всасывающем патрубке насоса привело к характерной деформации (вогнутости) решётки и кавитации. Об этом свидетельствует

наличие кавитационных воронок на поверхности лопастей рабочего колеса (рис. 2.30).



Рисунок 2.30 – Кавитационные воронки

Требуемый кавитационный запас $\Delta h_{тр}$ вычисляется по характеристике, представляемой заводом-производителем насоса. Кривая $\Delta h_{тр}$ начинается с точки нулевой подачи и медленно растет с увеличением. Когда подача превышает точку наибольшего КПД насоса кривая $\Delta h_{тр}$ резко возрастает, по экспоненте. Зона справа от точки максимального КПД обычно является кавитационно опасной и сопровождается характерным звуком. Звук пропадает после закрытия задвижки, но снижая подачу и кавитацию, можно не достичь требуемого расхода. Для устранения кавитации расход на входе в насос должен всегда быть больше, чем на выходе, чего невозможно получить при забитой решётке. Работа в режиме кавитации перегружает двигатель, что приводит к его перегреву, чему способствует уменьшение потока охлаждающей воды.

Наличие характерной деформации (вогнутости) решётки и следы кавитации на рабочем колесе свидетельствуют о неправильном режиме работы насоса (работа с перегрузкой двигателя). Причина – засорение решётки.

Шкаф управления HC-2S-125A-N11D1-12 соответствует проектным решениям (представленные схемы) замечания по подбору оборудования и функциональным возможностям отсутствуют. Шкаф управления насос №2 имеет подобную конфигурацию и настройку работает в штатном режиме. В считывании архива контроллера Siemens LOGO необходимости нет. Согласно инструкции по монтажу и эксплуатации (п. 8.5) колебания напряжения не должны превышать 5% в противном случае автоматика должна предотвратить включение насоса. Устройство плавного пуска Siemens Sirius 3RW4055-6BB44 и VL160N прекращают работу двигателя при превышении данного значения.

Так как датчик температуры и линии связи находились в исправном состоянии (по данным ООО «Эколайн») на момент демонтажа насоса можно предположить, что до наступления аварии произошёл перегрев двигателя и СОЖ до температуры выше 65°C. Это могло произойти при работе двигателя с перегрузкой, но токе меньшем для срабатывания электромагнитной защиты VL160N, при недостаточном протоке охлаждающей воды (забитая решётка). При повторном пуске после остановки двигателя автоматика (как элемент системы, уцелевший в другой обмотке датчик температуры) не позволила запустить двигатель, т.е. выполнила свою функцию.

Оплавление изоляции и последующее замыкание проводов только одной обмотки наиболее вероятно именно из-за локального перегрева, вызванного нарушением протока охлаждающей воды посторонними предметами.

Выводы по 2 главе

1. Анализ проектной и технической документации водозаборных сооружений г. Жигулевск показал, что водоприем осуществляется с помощью четырех консольных фильтрующих оголовков. Требования рыбозащиты выполнены с помощью объемного фильтра из гранитного щебня, крупностью 70-80 мм.

2. Анализ работы водозаборных сооружений выявил наличие проблем при водоотборе:

– наличие высокой степени биообрастания водоприемников (моллюск дрейссена);

– попадание в водоприемники значительного количества гидробионтов из-за не плотности прилегания крышек фильтровальных камер.

– выход из строя погружных насосов.

3. Выбранных на насосной станции режим работы не является оптимальным для эффективной работы водоприемников и способствует дополнительному износу насосного оборудования.

4. Основной из комплекса причин выхода из строя погружного насоса является попадание в водоприемники гидробионтов и засорения ими защитного кожуха.

ГЛАВА 3 РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ВОДОЗАБОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ Г. ЖИГУЛЕВСК

3.1 Мероприятия по улучшению технологических параметров работы оголовков водозабора

По результатам водолазного обследования водоприемных оголовков данное водозаборное сооружение находится в аварийном состоянии. Сорудерживающие решетки водоприемных окон и фильтровальный материал полностью заросли моллюском речная дрейссена (*Dreissena polymorpha*) и забиты донными отложениями и донным мусором. Вода в водоприемные оголовки №2 и №4, которые находились в работе во время водолазного обследования, частично поступает через щели (зазоры) между крышками фильтровальных и водоприемных камер, завлекая за собой различные донные отложения и биологические организмы. Проектное и текущее состояние водоприемных оголовков представлено на рис. 3.1 и 3.2 соответственно.

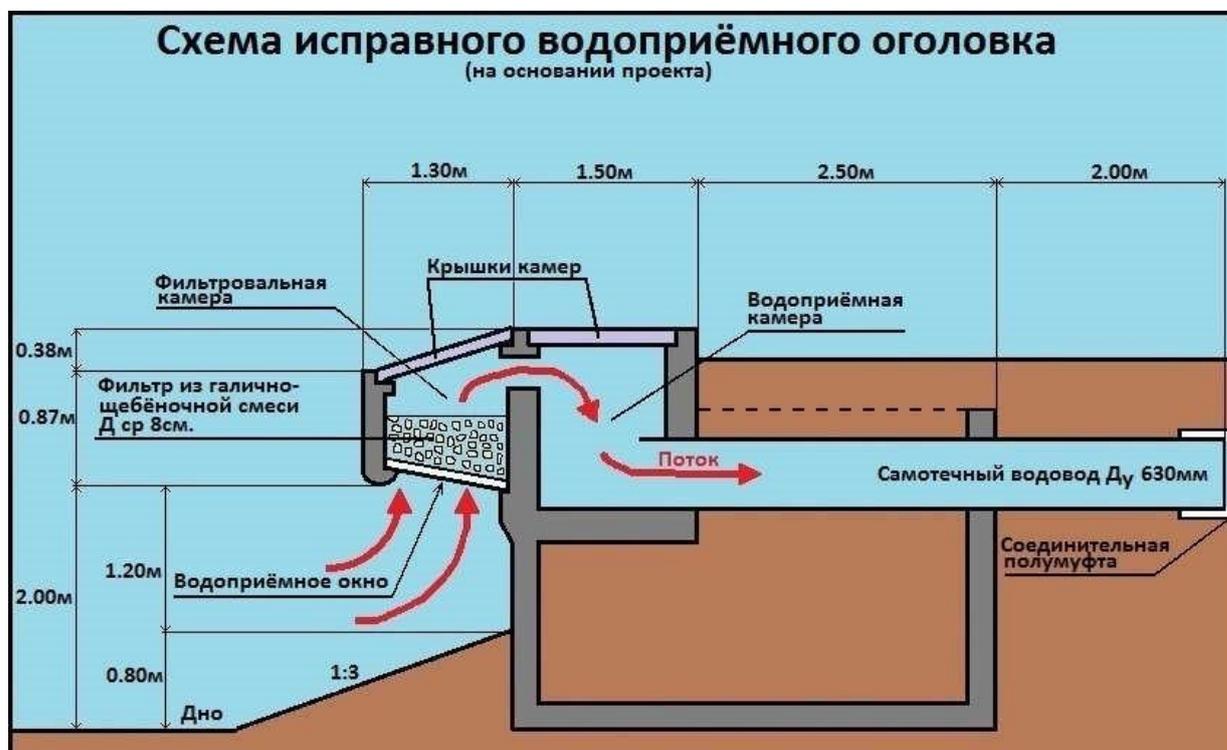


Рисунок 3.1 – Проектное положение оголовков



Рисунок 3.2 – Текущее положение оголовков

На основании изученных материалов отчета, фото- и видео о состоянии четырех водоприемных оголовков водозаборного сооружения водоснабжения г. Жигулевск и степени их обрастания моллюском (речная дрейссена – *Dreissena polymorpha*) следует:

1. Степень биологического обрастания водоприемной части оголовков достигла критического уровня.

2. В водоприемниках за счет биообрастания не обеспечиваются требуемые значения входных скоростей (приложение), что приводит к увеличению количества вовлекаемых частиц наносов, моллюсков, ракообразных и молоди рыб.

3. Неплотное примыкание железобетонных плит к конструкциям водоприемников позволяет беспрепятственно попадать в оголовки частицам наносов и молоди рыб, что не позволяет выполнять фильтрующей камере функциональную задачу рыбозащиты в полной мере.

4. В месте размещения оголовков сложились благоприятные условия для размножения и интенсивного развития речной дрейссены (хороший водообмен, глубина 10...20 м), массовое размножение моллюсков начинается при прогреве воды до 16°C, а наилучший рост и развитие происходят при температуре 21...25°C. Пик в динамике численности личинок моллюсков, приходится на июль и август. Зимой при температуре 5...8°C размножения моллюсков не происходит. Продолжительность жизни дрейссены 5...6 лет.

5. Характер биологических обрастаний (4–5 см) и донных отложений (0,5–0,6 м) с момента последней очистки позволяет сделать предположение, что нарастание биомассы на водоприемных оголовках происходит со скоростью 1-2 см за год, а донных отложений 0,1-0,2 м за год.

6. Учитывая степень биологического обрастания конструкций водоприемных оголовков необходимо проведение работ по их очистке.

7. Особое внимание следует уделить обеспечению плотного прилегания железобетонных плит к корпусу оголовков, для предотвращения поступления воды в обход фильтрующей камеры.

8. Для получения фактических сведений по динамике прироста речной дрейссены на конструкциях оголовков желательно осуществлять ежегодный мониторинг в течении 2–3 лет, а в дальнейшем откорректировать период наблюдений по полученным результатам.

9. Очистку наружной и внутренней поверхности оголовков от дрейссены и донных отложений необходимо проводить с периодичностью 3 года.

Принимая во внимание, что такое состояние водоприемных оголовков даже теоретически не может обеспечить необходимый расход воды, не следует исключать возможность подсоса в водоводы воды в местах их соединений (где установлены соединительные муфты). Через негерметичные муфты в систему водоводов также могут проникать донные отложения,

иловые массы и створки моллюска речная дрейсена, которые и вывели глубинный погружной насос из строя.

Судя по количеству донных отложений и толщине обрастания моллюском речная дрейсена (4-5 см) следует вывод, что данное сооружение не обслуживалось (не очищалось) на протяжении нескольких лет.

В 2007 году академик Академии водохозяйственных наук РФ Вдовин Ю.И. в экспертном заключении о сроках обрастания рыбозащитных устройств на водоприемных оголовках водозабора №2 ООО «Тольяттикаучук», находящегося напротив Жигулевского водозабора в припортовой зоне г. Тольятти на другом берегу реки, указал, что толщина обрастания моллюском в 4-5 см при глубинах 18 м, при скоростях течения близких к 0 м/с в условиях Куйбышевского водохранилища образуется за 8–10 лет. Естественно при наличии течения и в зависимости от его скорости этот срок обрастания сокращается. И тем не менее, первый раз водоприёмные оголовки с вскрытием фильтровальных и водоприёмных камер очищались нами в 1991 году, второй раз в 1999 году. Очистки хватило ровно на 8 лет безаварийной эксплуатации сооружения.

Более чем 25 летний опыт обслуживания Жигулёвского водозабора, позволяет прогнозировать создание чрезвычайной ситуации в весенний паводок 2017 года. Талые воды попадая в реку Волга принесут большое количество различного мусора и грязи, а работа ГЭС в пропускном режиме приведет в движение донные наносы и отложения в зоне водоприемных оголовков. Вся эта грязь (мусор, донные отложения, моллюск речная дрейсена и т.п.) полностью забьют водоприемные окна, сороудерживающие решетки и фильтровальный материал действующих водоприемных оголовков. По мере уменьшения проходного сечения действующих водоприемных оголовков скорость потока воды в оголовков через не плотно закрытые крышки фильтровальных и водоприемных камер значительно

увеличиться, что в свою очередь приведет к интенсивному засасыванию внутрь оголовка различного донного мусора, илистых отложений, моллюска речная дрейссена.

А это, в свою очередь, может привести к выходу из строя глубинных погружных насосов береговой насосной станции и к остановке водозабора. Так как все водоприемные оголовки находятся в одинаковом неисправном состоянии, переключение забора воды на следующую пару водоприемных оголовков не исправит сложившуюся ситуацию.

К сожалению: механический рыбозаградитель типа «объемный фильтр» не обеспечивает заграждения водозаборного сооружения от попадания в него мелких гидробионтов, в том числе моллюсков на первых стадиях метаморфоза, т.е. в период развития, с малыми размерами из-за наличия зазора между бетонными плитами покрытия и камерой оголовка. Это создает дополнительные трудности эксплуатации водозаборного сооружения.

В основном моллюск речная дрейссена (*Dreissena polymorpha*) на этапе личинки легко проникает через фильтровальные рыбозаградители, используя в качестве субстрата крепления внутренней стенки оголовка и поверхность фильтровального материала. Моллюск при дальнейшем развитии создает серьезные помехи в водоснабжении, снижая эффективное сечение сетей и водоприемных окон оголовков, выводя из строя дорогостоящее насосное оборудование и поэтому водозаборные сооружения такого типа нуждаются в периодическом водолазном обслуживании.

Принимая во внимание, что данная акватория (из-за непосредственной близости ГЭС) в зимней период не имеет уверенного ледостава (неподвижного ледяного покрова) выполнить какие-либо водолазные работы из-за постоянного движения льда и шуги в зимнее время становится технически невозможным. На основании этого рекомендуем Вам в срочном

порядке до образования шуги подготовить водоприемные оголовки к предстоящему весеннему паводку 2017 года.

В первую очередь, до образования шуги необходимо максимально, насколько это возможно, очистить сороудерживающие решетки водоприемных окон водоприемных оголовков. Удалить донные отложения сверху водоприемных оголовков для проверки состояния бетонных крышек фильтровальных и водоприемных камер.

По возможности, если позволит время, до образования шуги, удалить донные отложения под водоприемными окнами хотя бы действующих водоприемных оголовков.

Все эти мероприятия позволят безаварийно пройти весенний паводок 2017 года.

Далее, после окончания весеннего паводка 2017 года, для дальнейшей долгосрочной безаварийной работы сооружения (8-9 лет) требуется продолжить ремонтные работы по приведению водоприемных оголовков в нормальное работоспособное состояние. Для этого необходимо выполнить следующее:

- удалить все донные отложения вокруг оголовков в радиусе 10 метров;
- поочередно, начиная с первого (верхнего относительно течения)

водоприемного оголовка выполнить следующий состав работ:

- 1) очистить весь водоприемный оголовок снаружи от донных отложений и обрастания;
- 2) вскрыть фильтровальную и водоприемную камеры;
- 3) удалить весь старый фильтровальный материал;
- 4) очистить внутри от обрастания фильтровальную камеру;
- 5) очистить от обрастания сороудерживающие решетки;
- 6) очистить внутри от обрастания водоприемную камеру;
- 7) удалить все донные отложения из обеих камер;

- 8) обратным потоком воды промыть водовод;
- 9) повторно удалить донные отложения из водоприемной камеры после промывки водовода;
- 10) провести инспекцию состояния соединительной муфты, соединяющей водоводы, запустив внутрь водовода дистанционно управляемую теле(видео) камеру;
- 11) при необходимости выполнить ремонт соединения двух водоводов;
- 12) засыпать новый фильтровальный материал в фильтровальную камеру;
- 13) закрыть бетонными плитами фильтровальную и водоприемную камеры;
- 14) произвести конопатку щелей крышек фильтровальной и водоприемной камер;
- 15) вывести отметку дна под водоприемным окном на проектное значение;
- 16) в ходе работ выполнять подводную видеосъемку, показывая качество выполненных работ.

3.2 Оптимизация режима работы насосной станции

Причиной выхода из строя двигателя ML-28-4/050 насоса первого подъёма INDAR UPG-2025-01 № 115914 явилась совокупность причин:

- не верно выбрана комплектация двигателя с одним датчиком температуры в обмотке;
- наличие кавитации работа двигателя с перегрузкой;
- засорение решёток (защитных кожухов), приведшее к уменьшению протока воды, охлаждающей двигатель;
- неравномерный режим работы насосной станции в целом (частое переключение групп насосов).

В итоге локальный перегрев, оплавление изоляции и последующее замыкание проводов только одной обмотки.

Требуется пересмотр режима работы насосной станции и приведение его в соответствие с проектным решением ООО НПФ «ЭКОС», т.е. равномерному режиму.

Последовательная работа пары насосов INDAR UPG-2025-01 и Grundfos TP 300-590/4 X-F-A DBUE при существующем режиме работы представлена на рисунке 3.3.

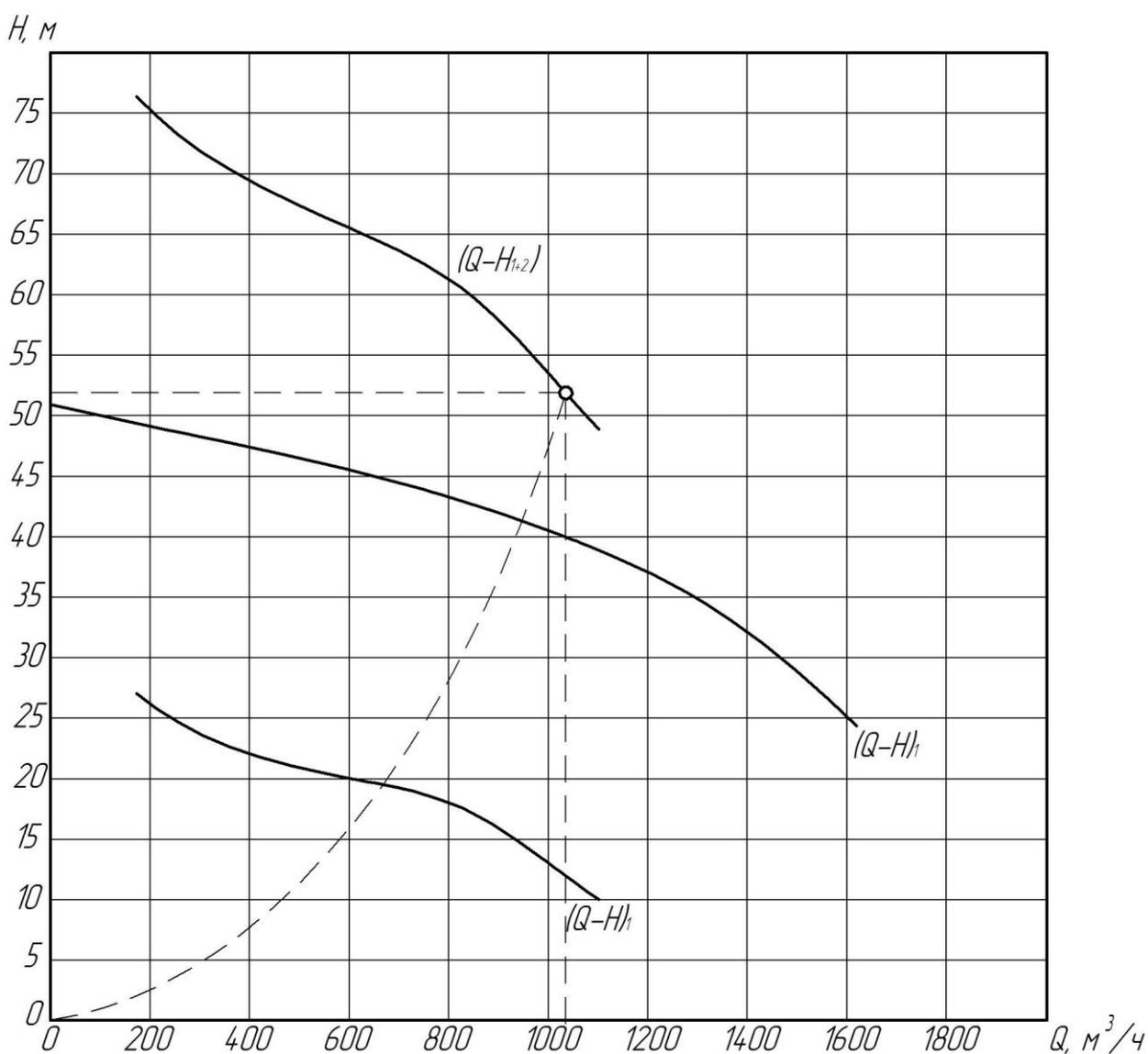


Рисунок 3.3 – Характеристика последовательной работы погружного и повысительного насосов

Из рисунка 3.3 видно, что рабочая точка находится близко к предельным значениям подачи погружного насоса, что в условиях загрязнения защитного кожуха (см. рисунок 2.29) может приводить к переходу его работы в кавитационный режим.

Для предотвращения возможности кавитационного режима у погружного насоса необходимо задействовать в работу все четыре пары насосов и соответственно все секции оголовков.

Расчет входных устройств и площади водоприемных отверстий выполнен на два случая по проекту [41]:

1. Нормальная работа, когда функционируют все секции водоприемника.

Расчетный расход одной секции определяется по формуле:

$$q_p = \frac{q_p}{n}, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где q_p – расчетная пропускная способность водоприемника при нормальной работе, $\text{м}^3/\text{ч}$; n – число секций водоприемника.

$$q_p = \frac{50000}{24 \cdot 4} = 520,83 \text{ м}^3/\text{ч} \approx 0,145 \text{ м}^3/\text{с}.$$

2. форсированная работа, когда один оголовок не работает (в случае ремонта, аварии).

$$q_{фор} = \frac{k \cdot q_p}{n - 1}, \text{ м}^3/\text{ч}$$

где $q_{фор}$ – расход в период форсированной работы водоприемника, $\text{м}^3/\text{ч}$; k – коэффициент, принимается в зависимости от категории надежности системы водоснабжения равным 1,0.

$$q_{фор} = \frac{1,0 \cdot 50000}{24 \cdot (4 - 1)} = 694,44 \text{ м}^3/\text{ч} \approx 0,193 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Площадь водоприемных окон определяется по формуле:

$$\Omega_{\bar{\sigma}p} = \frac{1,25 \cdot q_p \cdot K_{cm}}{v_{\text{вм}}},$$

где 1,25 – коэффициент, учитывающий засорение отверстий; q_p – расчетный расход одной секции, м³/с; K_{cm} – коэффициент, учитывающий стеснение отверстий стержнями решеток:

$$K_{cm} = \frac{a_{cm} + c_{cm}}{a_{cm}},$$

где a_{cm} – толщина стержней (обычно выполняется из стальных стержней прямоугольного сечения (50x8 мм), приваренных к металлической раме); c_{cm} – расстояние между отверстиями в свету, принимаются не более 50 мм; $v_{\text{вм}}$ – скорость втекания в водоприемные отверстия, м/с, принимается от 0,1 до 0,3 м/с.

Площадь водоприемного фильтра в водоприемнике фильтрующего типа определяется по формуле:

$$\Omega_{\bar{\sigma}p}^{\text{фп}} = \frac{1,25 \cdot q_p \cdot K_{cm}}{v_{\text{вм}}},$$

где $K_{cm} = 1/P_{\phi}$; P_{ϕ} – пористость фильтра принимается согласно СНиП 2.04.02-84*; для гравийно-щебеночных фильтров 0,3 ÷ 0,5.

При нормальном режиме:

Площадь водоприемного окна одного оголовка равна:

$$K_{cm} = \left(\frac{5 + 0,8}{5} \right) = 1,16,$$

$$\Omega_{\bar{\sigma}p} = \frac{1,25 \cdot 0,145 \cdot 1,16}{0,1} = 2,10 \text{ м}^2.$$

Площадь водоприемного фильтра одного оголовка равна:

$$K_{cm} = \frac{1}{0,4} = 2,5,$$

$$\Omega_{\bar{\sigma}p}^{fp} = \frac{1,25 \cdot 0,145 \cdot 2,5}{0,1} = 4,53 \text{ м}^2.$$

При форсированном режиме:

$$\Omega_{\bar{\sigma}p} = \frac{1,25 \cdot 0,193 \cdot 1,16}{0,1} = 2,80 \text{ м}^2.$$

$$\Omega_{\bar{\sigma}p}^{fp} = \frac{1,25 \cdot 0,193 \cdot 2,5}{0,1} = 6,03 \text{ м}^2.$$

К расчету принят расход воды при форсированном режиме работы водозабора. Площадь фильтра принята 6,03 м² [41].

Объем фильтрующего материала на один оголовок:

$$W = \Omega_{\bar{\sigma}p}^{fp} \cdot h = 6,03 \cdot 0,5 = 3,015 \text{ м}^3.$$

Фактическая производительность на сегодняшний день составляет – 30000 м³/сут. С учетом этого фактическая скорость втекания в водоприемные оголовки составит:

$$v_{\text{факт}} = \frac{Q}{24 \cdot 3600 \cdot \Omega_{\bar{\sigma}p} \cdot n} = \frac{30000}{24 \cdot 3600 \cdot 6,03 \cdot 4} = 0,014 \text{ м/с}.$$

В качестве фильтрующего материала используется гранитный щебень крупностью 70-80 мм.

При этом подача каждого из группы насосов составит:

1. При требуемой (проектной) производительности (рисунки 3.4 и 3.5) – 50000/(4·24) = 520,8 м³/ч; при аварии 50000/((4 – 1)·24) = 694,4 м³/ч.

96162123 TP 300-590/4 50 Hz

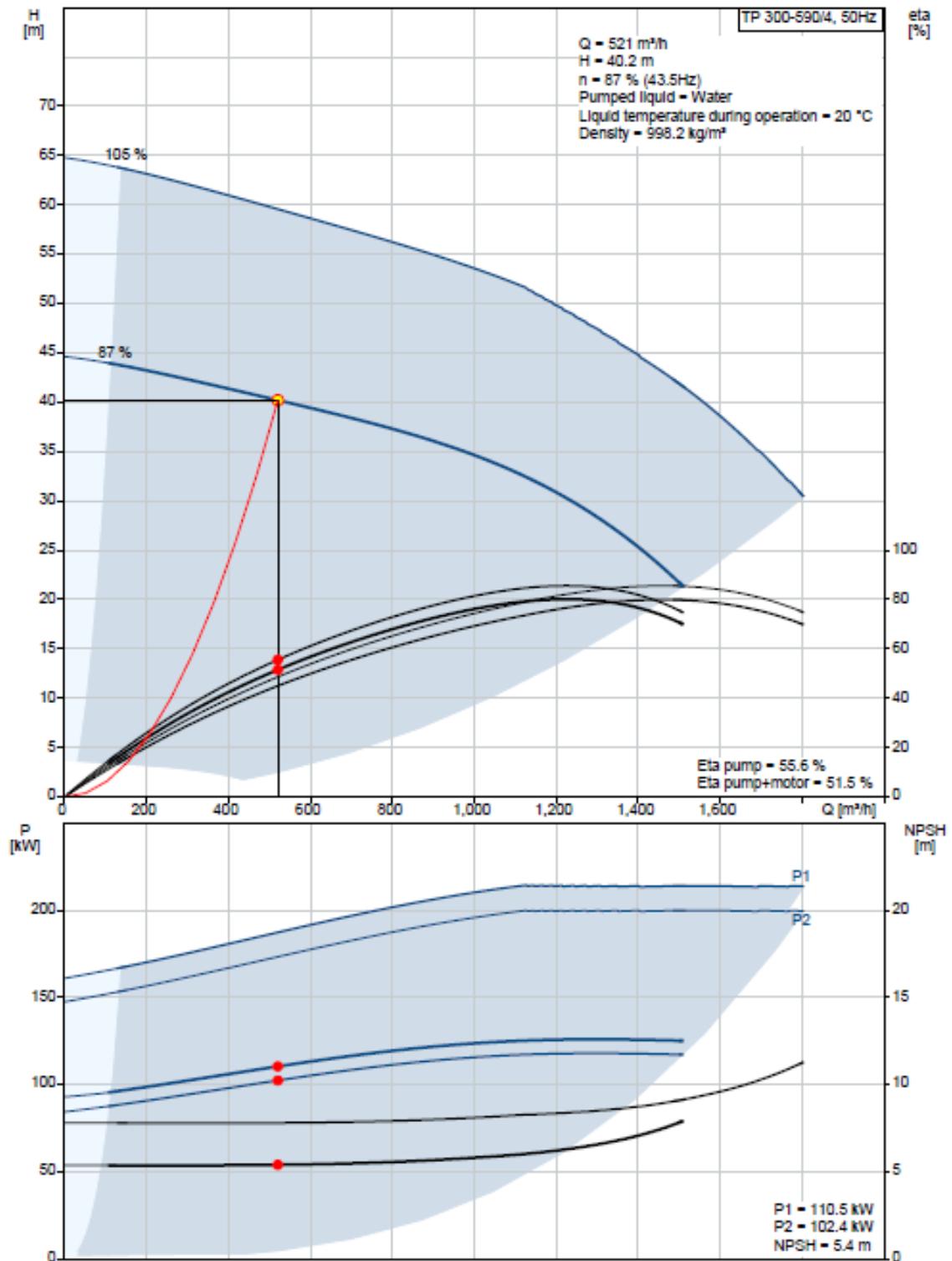


Рисунок 3.4 – Характеристика работы насоса Grundfos TP 300-590/4 X-F-A DBUE (проектная производительность $Q = 520,8 \text{ м}^3/\text{ч}$; $H = 40,2 \text{ м}$)

96162123 TP 300-590/4 50 Hz

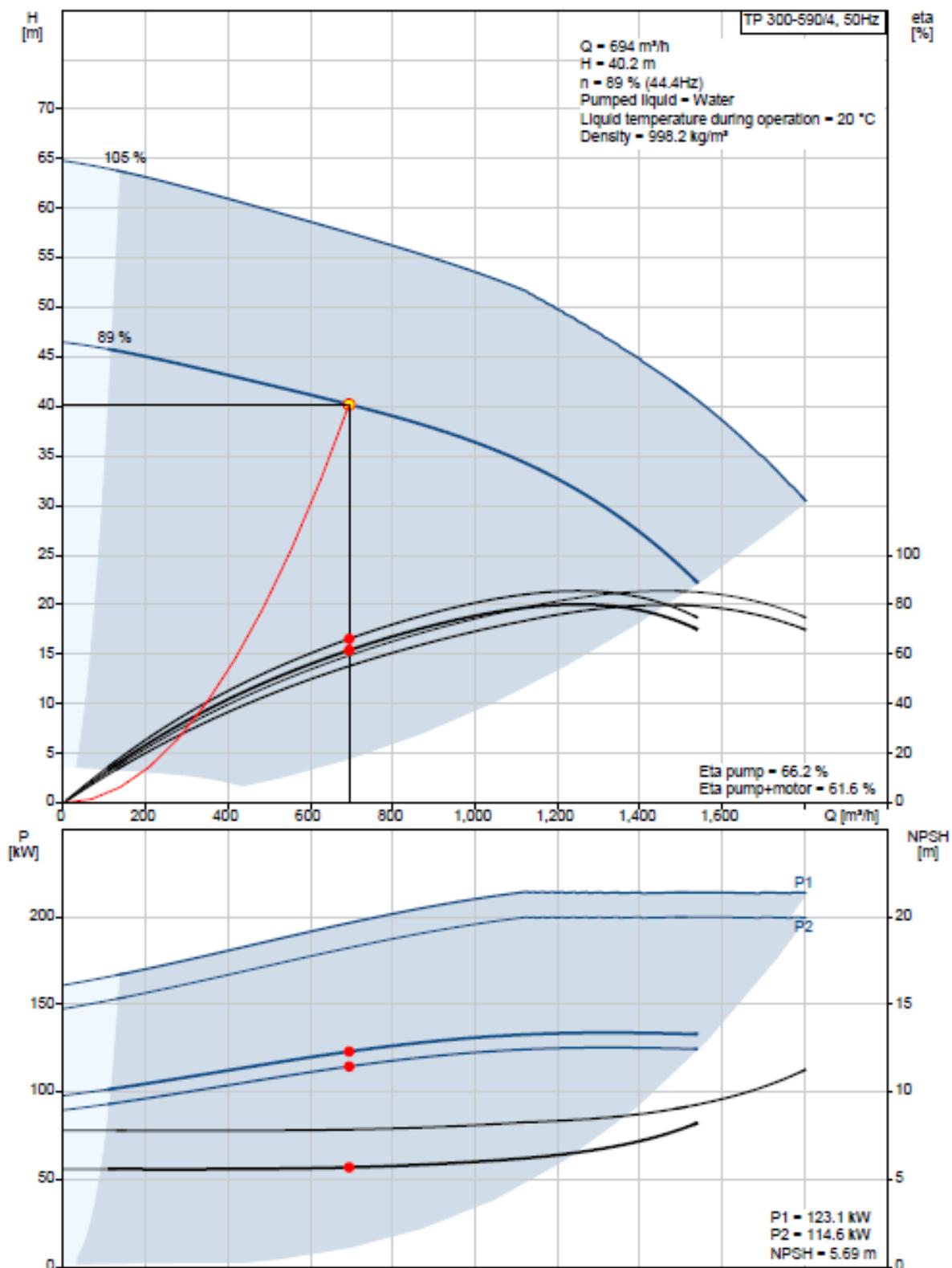


Рисунок 3.5 – Характеристика работы насоса Grundfos TP 300-590/4 X-F-A DBUE (проектная производительность при аварии $Q = 694,4 \text{ м}^3/\text{ч}$; $H = 40,2 \text{ м}$)

2. При требуемой (фактической) производительности (рисунки 3.6 и 3.7) – $30000/(4 \cdot 24) = 312,5 \text{ м}^3/\text{ч}$; при аварии $30000/((4 - 1) \cdot 24) = 416,7 \text{ м}^3/\text{ч}$.

96162123 TP 300-590/4 50 Hz

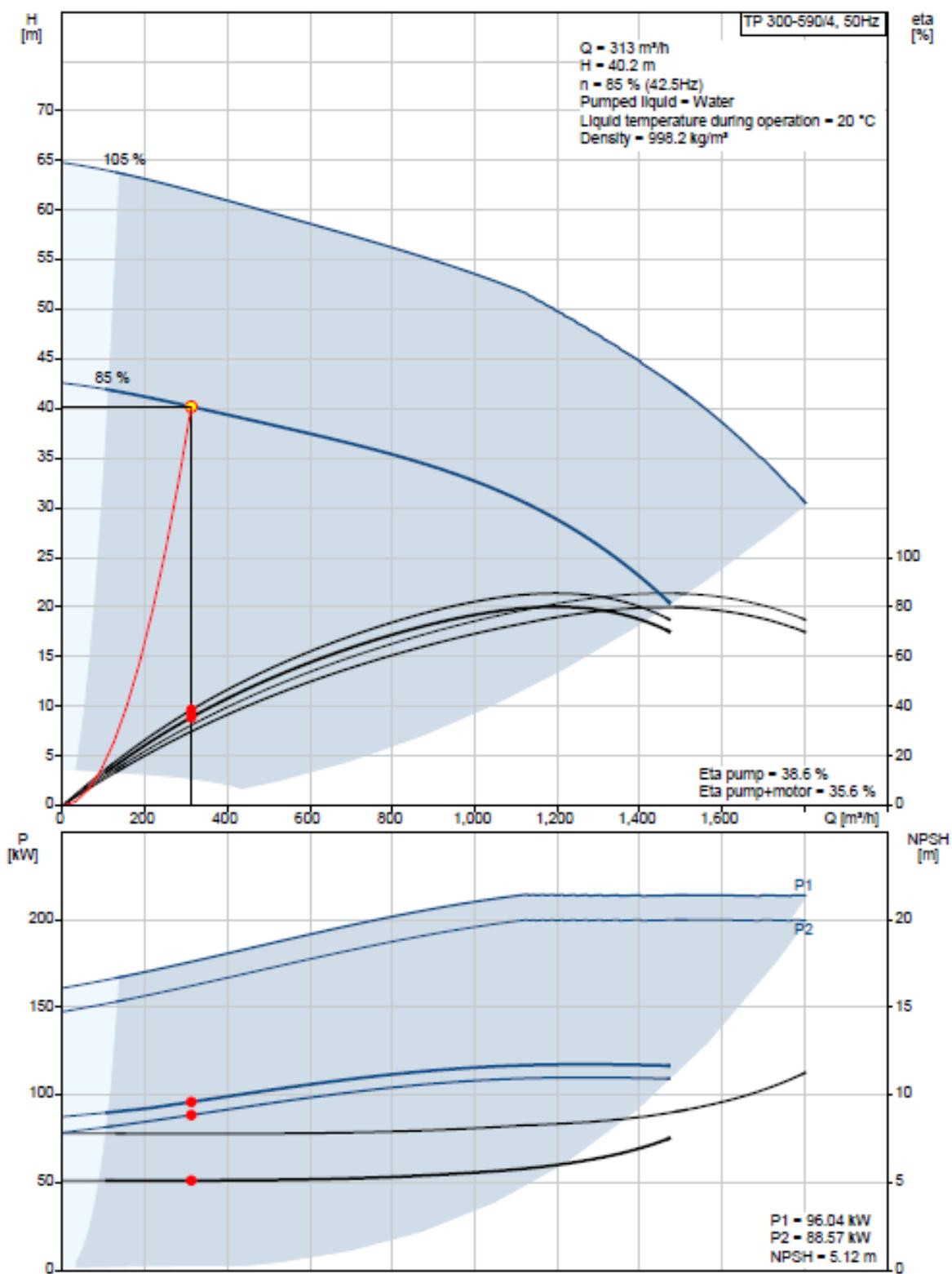


Рисунок 3.6 – Характеристика работы насоса Grundfos TP 300-590/4 X-F-A DBUE (фактическая производительность $Q = 312,5 \text{ м}^3/\text{ч}$; $H = 40,2 \text{ м}$)

96162123 TP 300-590/4 50 Гц

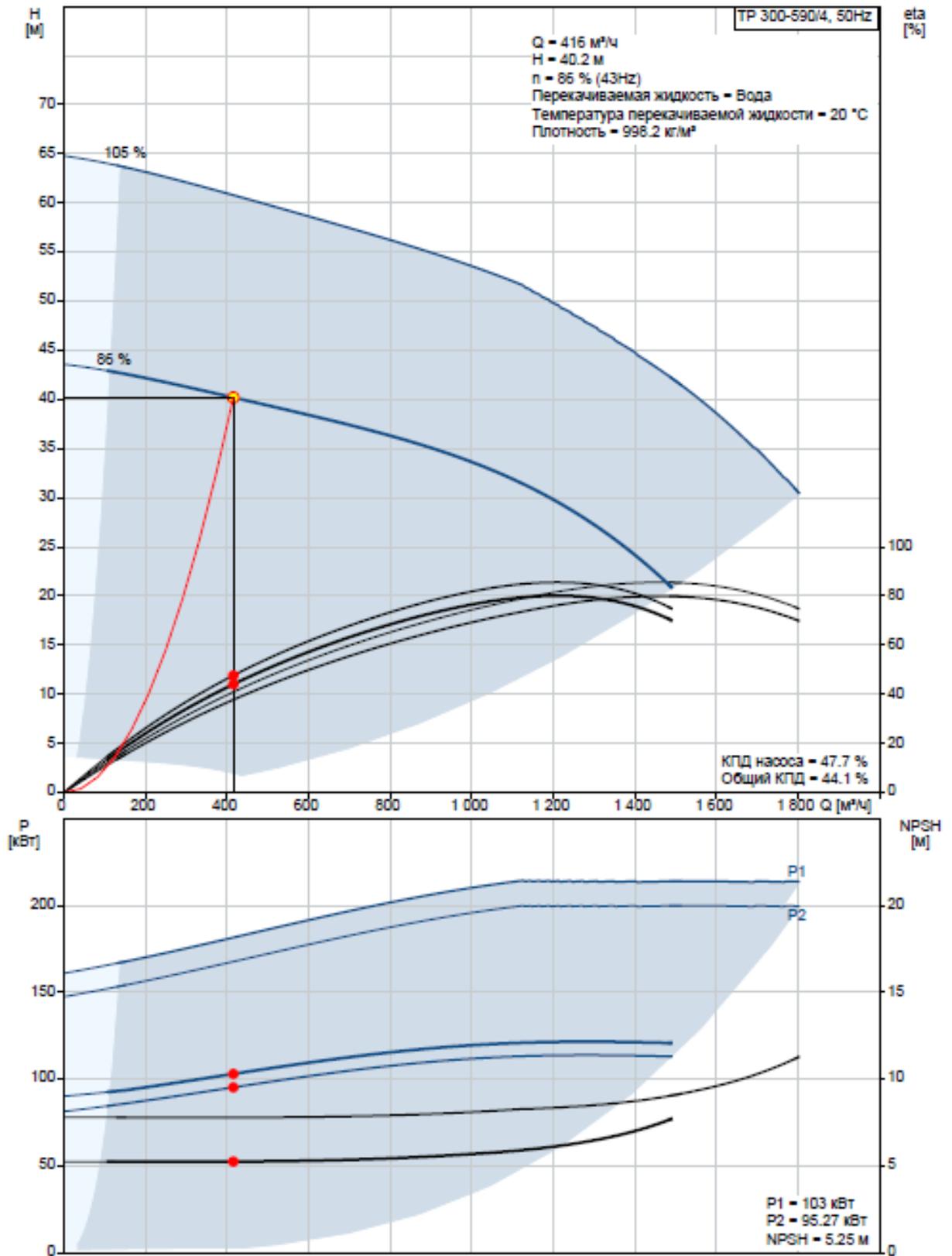


Рисунок 3.7 – Характеристика работы насоса Grundfos TP 300-590/4 X-F-A DBUE (фактическая производительность при аварии $Q = 416,7 \text{ м}^3/\text{ч}$; $H = 40,2 \text{ м}$)

Возможные варианты режима эксплуатации насосов:

1. При работе всех четырех пар насосов произойдет увеличение суммарной потребляемой мощности примерно на 100 кВт, при этом КПД насосов снизится примерно в 2 раза до 40...50%.

Это позволит избежать в дальнейшей эксплуатации насосов аварийных ситуаций, связанных с переходом их в кавитационный режим, но понизит энергоэффективность системы.

2. Для более эффективной работы системы возможно использование трех пар насосов при их постоянной эксплуатации. При этом оставшаяся пара насосов не эксплуатируется, а погружной насос демонтируется и хранится на складе для использования при аварии.

Для окончательного выбора режима работы насосов требуется более детальный анализ действующей схемы, и фактического водопотребления.

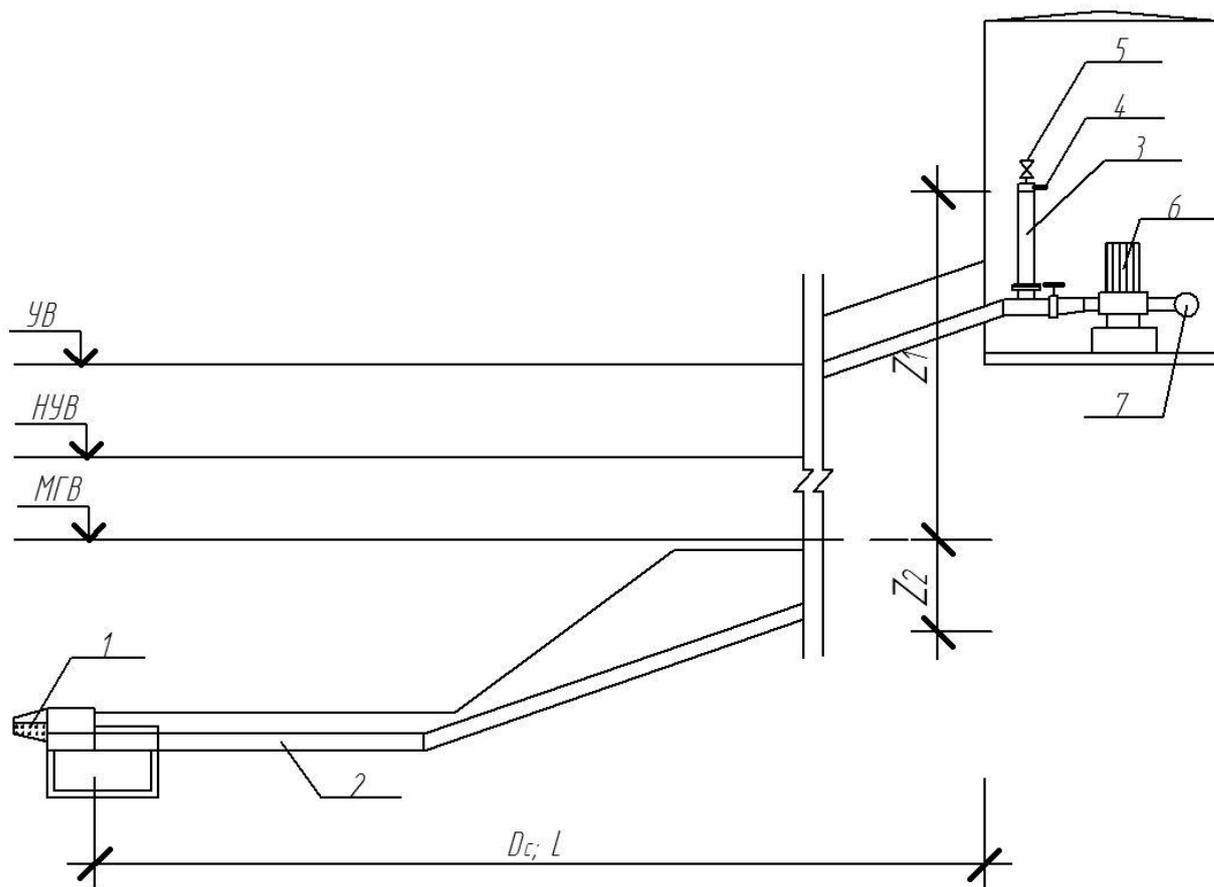
3.3 Повышение эффективности промывки водоприемных оголовков

Для промывки обратным током самотечно-всасывающих трубопроводов и оголовков предусмотрено подключение к напорному коллектору промывного трубопровода $\varnothing 630 \times 9,0$ мм.

Для повышения эффективности промывки предлагается предусмотреть промывку импульсным методом. Схема к расчету импульсной промывки представлена на рисунке 3.8.

Расчетом определяется максимальная скорость течения в самотечном водоводе при импульсной промывке v_{\max} .

Исходные данные для расчета: начальная высота подъема уровня воды в вакуум-стояке $z_1 = 9$ м (при минимальном уровне воды в водохранилище; длина самотечного водовода $L = 65$ м; диаметр $\varnothing 630 \times 9,0$ мм; вакуум-стояк диаметром $\varnothing 630 \times 9,0$ мм, клапан для впуска воздуха $d = 100$ мм.



1 – водоприемник; 2 – самотечный водовод; 3 – вакуум-стояк; 4 – труба к вакуум-наосу; 5 – клапан для впуска воздуха в вакуум-стояк; 6 – насос; 7 – напорный коллектор

Рисунок 3.3 – Схема к расчету импульсного промыва

Максимально допустимая скорость движения воды в самотечном трубопроводе определяется по формуле

$$v_{\max} = 0,5\pi \sqrt{z_1 + z_2} \sqrt{T_1} \sqrt{F/\omega}$$

где z_1 и z_2 – полуамплитуды колебаний уровней воды в вакуум-стояке, м; T_1 – время первого полупериода колебания уровня воды в вакуум-стояке:

$$T_1 = 1,2\pi \sqrt{L/g} \sqrt{F/\omega} = 1,2 \cdot 3,14 \sqrt{65/9,81} \cdot 1 = 9,7 \text{ с, при } F/\omega = 1,$$

где F и ω – соответственно площади живого сечения вакуум-стояка и самотечно-всасывающего трубопровода.

Зависимость z_2 от z_1 и гидравлических характеристик системы описывается математическим уравнением

$$mz_2/\theta + \ln(+mz_2/\theta) = \ln(+mz_1/\theta) - mz_1/\theta,$$

где θ – характеристика полных гидравлических сопротивлений:

$$\theta = \frac{L}{\psi} \left(\frac{v_0}{F} \right)^2 = \frac{65}{8,2} \cdot 1 = 7,93,$$

здесь $\psi = \lambda L / D_c + \sum \xi + 1 = 0,024 \cdot 65 / 0,6 + 5,4 + 1 = 8,2$, где λ – коэффициент гидравлического трения; L и D_c – соответственно длина и диаметр самотечного втрубопровода, м; $\sum \xi$ – суммарный коэффициент местных сопротивлений от водоисточника до вакуум-стояка (фильтрующий оголовок – $\xi_{ф.в} = 2,5$;

2 поворота 120° – $\xi_{120^\circ} = 0,3$; тройник – $\xi_{тр} = 1,5$), $\sum \xi = 2,5 + 2 \cdot 0,3 + 1,5 = 4,6$.

$$\text{Отношение } z_1 / \theta = 9,5 / 7,93 = 1,2.$$

Дополнительное сопротивление в отверстии для впуска воздуха определяется по формуле

$$\eta = 0,0004 \left(\frac{v}{d} \right)^4 = 0,0004 \left(\frac{0,6}{0,1} \right)^4 = 0,52.$$

По графику на рис. 2.25 [2] найдем $z_2 / \theta = 0,52$ и $z_2 = 0,52 \cdot 7,93 = 4,1$ м.

Максимальная скорость течения воды в самотечном водоводе

$$v_{\max} = 0,5 \cdot 3,14 \left[\frac{0,5 + 4,1}{9,7} \right]^{0,5} = 2,2 \text{ м/с}.$$

При $v_{\max} = 2,2$ м/с расход воды в промываемом оголовке составит почти $0,62 \text{ м}^3/\text{с}$. Такой расход воды не всегда можно будет обеспечить практически при промыве обратным током воды. Поэтому можно косвенно судить об эффективности выбранного способа промывки [4].

Порядок выполнения импульсной промывки самотечно-всасывающей линии:

- 1) Промывать начинаем с оголовка, находящегося выше по течению.**
- 2) При открытой задвижке на самотечной линии перекрыть клапан на вакуум-стояке.**
- 3) Открыть шаровой кран на вакуум-линии и включить вакуум-насос.**

- 4) Довести вакуум в вакуум-стояке до 0,9...0,95 кг/см².
- 5) Перекрыть задвижку на самотечной линии.
- 6) Перекрыть шаровой кран на вакуум-линии.
- 7) Открыть клапан на вакуум-стояке.
- 8) После завершения импульса повторить цикл еще раз.
- 9) Аналогичные действия проделать с остальными водоприемниками.

Выбор вакуум-насосов осуществляется по расчетной производительности воздуха, м³/мин, и требуемому вакууму, соответствующему наибольшей геометрической высоте в вакуум-стояке, $H_r = 9,5$ м.

Требуемая производительность, м³/мин, вакуум-насоса

$$Q_{\text{вак}} = \frac{W_{\text{в.ст}} \cdot H_1}{T \cdot (H_1 - H_r)} \cdot K = \frac{9,9 \cdot 10}{5 \cdot (10 - 9)} \cdot 1,1 = 21,8 \text{ м}^3 / \text{мин} = 1307 \text{ м}^3 / \text{ч},$$

где $W_{\text{в.ст}}$ – объем воздуха в вакуум-стояке, м³:

$$W_{\text{в.ст}} = \frac{\pi d_{\text{в.ст}}^2}{4} \cdot h_{\text{в.ст}} = \frac{3,14 \cdot 0,6^2}{4} \cdot 35 = 9,9 \text{ м}^3,$$

здесь $d_{\text{в.ст}}$ – диаметр вакуум-стояка, м;

$h_{\text{в.ст}}$ – длина самотечно-всасывающего трубопровода, м;

где H_1 – высота столба жидкости, принимается равной 10 м (при атмосферном давлении);

T – время, необходимое для заливки системы (3-5 мин.);

H_r – геометрическая высота подъема воды в вакуум-стояке, м;

K – коэффициент запаса, учитывающий возможность попадания воздуха, через неплотности, принимается равным 1,05–1,1.

По расчетным значениям $Q_{\text{вак}}$ и H_r принимаем:

Водокольцевой агрегат серии GAMMA 80 (SAMSON PUMPS, Дания) (рисунок 3.4) на базе водокольцевых насосов серий KS. Водокольцевые

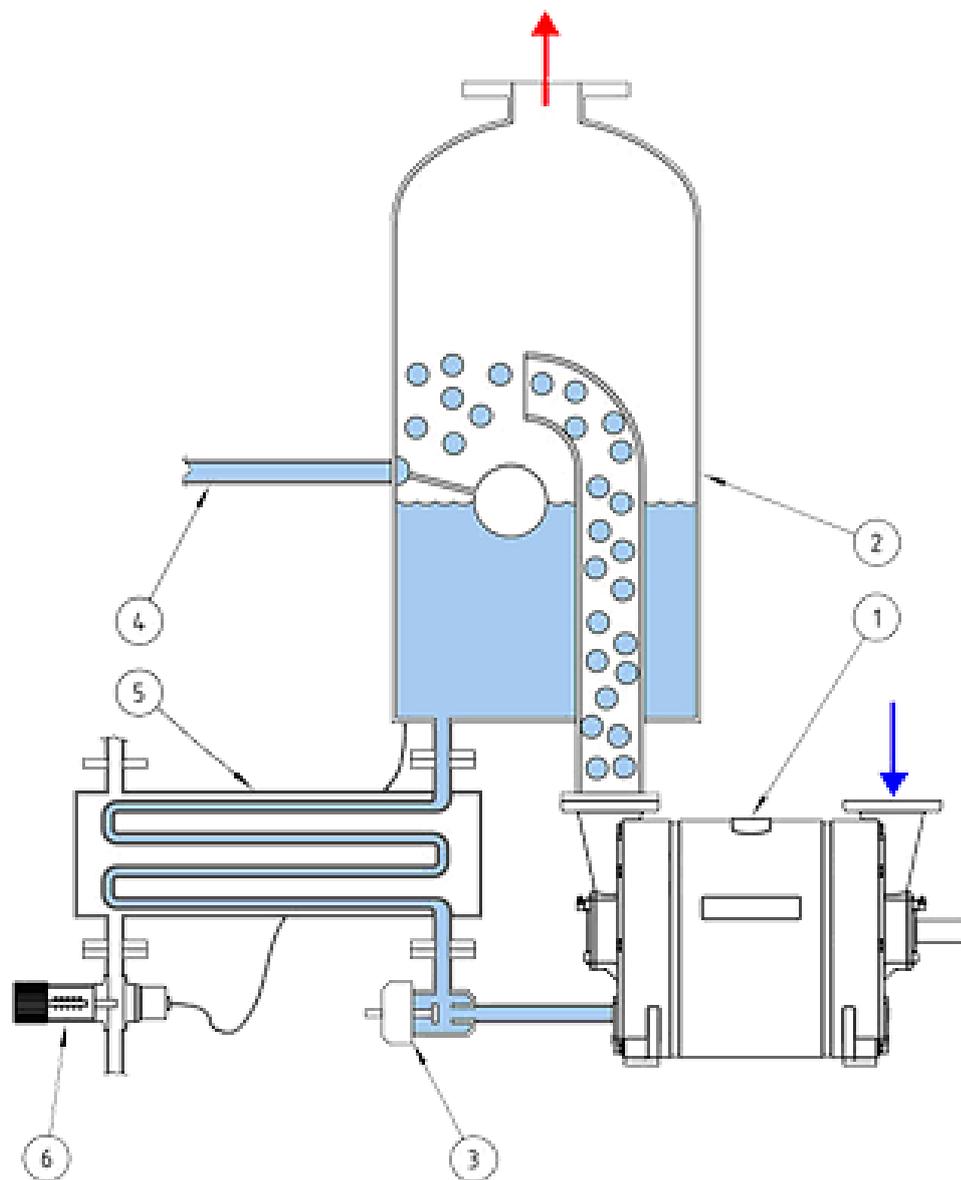
вакуумные агрегаты GAMMA кроме вакуумного насоса комплектуются электроприводом с клиноременной передачей, собранным в одной металлоконструкции с водокольцевым вакуумным насосом и сепаратором выхлопа. Они дополнительно оснащены клапанами регулирования вакуума и датчиками контроля температуры сервисной жидкости. Водокольцевые агрегаты GAMMA обеспечивают создание вакуума в диапазоне давлений (от 33 до 150) мбар абс. (рисунок 3.5).



Рисунок 3.4 – Водокольцевой вакуумный агрегат GAMMA 80

Таблица 3.1 – Технические характеристики GAMMA 80

Технические данные	GAMMA 80
Тип вакуумного насоса	KS 1800
Производительность, м ³ /час	1480
Предельный вакуум, мбар абс.	100
Мощность двигателя, кВт	45
Потребление жидкости, м ³ /час	5,5
Габаритные размеры в сборе, мм	1230×660×1240
Вес в сборе, кг	1092



1 – вакуумный насос; 2 – сепаратор; 3 – клапан подачи рабочей жидкости; 4 – линия подпитки рабочей жидкости; 5 – теплообменник; 6 – клапан регулировки температуры

Рисунок 3.5 – Схема вакуумной системы GAMMA

Монтаж системы импульсного промыва может быть осуществлен без вывода из работы водоприемников. Между стеной и насосом на трубопроводе обратной промывки (рисунок 3.6) прodelывается отверстие и приваривается патрубок $\text{Ø}630 \times 9,0$ мм, устанавливается дисковый затвор для отключения вакуум-стояка и сам вакуум-стояк ($h = 2$ м), а также подключается вакуумная система GAMMA 80.



Рисунок 3.6 – Место размещения вакуум-стояка

Промывку водоприемников необходимо выполнять и обратным током воды, и импульсным методом, что позволит более эффективно проводить их очистку.

Выводы по главе 3

1. Учитывая степень биологического обрастания конструкций водоприемных оголовков необходимо проведение работ по их очистке, при этом необходимо обеспечить плотное прилегание железобетонных плит к корпусу оголовков, для предотвращения поступления воды в обход фильтрующей камеры.

2. Для получения фактических сведений по динамике прироста речной дрейссены на конструкциях оголовков желательно осуществлять ежегодный мониторинг в течении 2–3 лет, а в дальнейшем откорректировать период наблюдений по полученным результатам. Очистка наружной и внутренней поверхности оголовков от дрейссены и донных отложений должна проводиться с периодичностью 3 года.

3. Для обеспечения безаварийности работы насосной станции водозабора требуется задействование всех четырех водоприемных оголовков, что позволит уменьшить скорость втекания воды в водоприемники и уменьшить степень вовлечения гидробионтов и наносов.

4. Уменьшение подачи воды каждой парой насосов при задействовании всех четырех позволит обеспечить безкавитационный режим работы погружных насосов даже при наличии загрязнений на защитных кожухах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Анализ литературных источников выявил, что основными проблемами на водозаборах из водохранилищ являются биологические обрастания, наносы, водоросли, а также шуголедовые помехи, при этом для водозабора г. Жигулевска особенно характерны биообрастания и наносы.

2. Анализ работы водозаборных сооружений по результатам водолазного обследования выявил наличие проблем при водоотборе требующих немедленного вмешательства и локализации. Проблемы вызваны высокой степенью биообрастания водоприемников моллюском дрейссеной и попаданием в водоприемники значительного количества гидробионтов из-за не плотности прилегания крышек фильтровальных камер, что привело к выходу из строя погружного насоса.

3. Требуется очистка конструкций водоприемных оголовков от дрейссены, а также обеспечение плотного прилегания железобетонных плит к корпусу оголовков, для предотвращения проникновения гидробионтов в обход фильтрующей камеры.

4. Требуется ежегодный мониторинг водоприемников в течении ближайших 2–3 лет, для уточнения динамики прироста дрейссены на конструкциях водоприемников.

5. Задействование всех четырех водоприемных оголовков в работе водозабора позволит уменьшить степень вовлечения гидробионтов и наносов.

6. Необходимо пересмотр режима работы насосов насосной станции I-го подъема для обеспечения безкавитационного режима работы погружных насосов даже при наличии загрязнений на защитных кожухах.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Kubus J.J., Egloff D. Monitoring Water quality parameters from municipal Water intakes. – Journal of the Water Pollution Control Federation, 1982, vol. 54, №12, p. 1592...1598.
2. Moravkova V. Biologicke hidroceni koagulace rae. Vodni Hospodarstvi, 1985, vol. B, №12, s.317...328.
3. La gestion de la qualite de leau du Lac Neusiedl. – AQWA, 1981, №5, p.5...9.
4. Mackle H., Stabel H. Phytoplanktonentwicklungen in tiefen Voralpenseen. – Wasser – Abwasser, Gas – und Wasserfach. – 1987, №10, p.544...554.
5. Образовский А.С. Гидравлика водоприемных ковшей / А.С. Образовский. – М.: Стройиздат, 1972. – 153 с.
6. Латышенков А.М. Каналы систем водоснабжения и ирригации / А.М. Латышенков. – М.: Стройиздат, 1972. – 153 с.
7. Орлов Г.А., Шевелев Ф.А. Водоснабжение больших городов зарубежных стран / Г.А. Орлов, Ф.А. Шевелев. – М.: Стройиздат, 1987. – 349 с.
8. Очистка воды от водорослей. – Киев: УкрНИИГиМ, 1990. – 22 с.
9. Trihalomethanes from chlorination of algal. – Effluent and Water Treatment Journal, 1991, vol.21, №5, p.241...247.
10. Журба М.Г. Очистка природных вод, подвергшихся антропогенному воздействию. Рос.-Амер. симпозиум по проблемам очистки вод / М.Г. Журба. – Н. Новгород – Москва, 1991.
11. Руденко Г.Г., Остапеня В.Т. Предварительная обработка воды на водозаборе // Повышение эффективности работы водозаборов из

поверхностных источников / Материалы семинара МДНТП. – М., 1985. – С.20...25.

12. Кульский Л.А., Сиренко Л.А., Шкавро З.Н. Фитопланктон / Л.А. Кульский, Л.А. Сиренко, З.Н. Шкавро. – Киев: Наукова думка, 1986. – 134 с.

13. Журба М.Г., Мезенева Е.А. Очистка в водозаборном узле / М.Г. Журба, Е.А. Мезенева // Метроном, 1996. - №6. – С. 43...48.

14. Вдовин Ю.И., Лушкин И.А. Технологии фильтрующего водоприема в системах водоснабжения / Ю.И. Вдовин, И.А. Лушкин // III межд. конгресс «Вода: экология и технология»: Тезисы. – Экватэк-98. – М., 1998.

15. Vdovin U.I., Lushkin I.A. Filtering water intaking in water supply systems // Theses of scientific reports at the international conference. - Thailand, Banyok-Pattaya, 1998. – P.94...96.

16. Образовский А.С., Ереснов Н.В., Ереснов В.Н. и др. Водозаборные сооружения для водоснабжения из поверхностных источников / А.С. Образовский [и др.] – М.: Стройиздат, 1976. – 368 с.

17. Вдовин Ю.И. Совершенствование технологий водоприема и водозаборных сооружений для систем водоснабжения на Севере: Дис. д-ра техн. наук. – М., 1996. – 357 с.

18. Ереснов В.Н. Исследования затопленных водоприемников с рыбозащитными фильтрующими устройствами: Автор. дис. канд. техн. наук. – М., 1979. – 21 с.

19. Мезенева Е.А. Совершенствование водозаборно-очистных сооружений фильтрующего типа: Автор. дис. канд. техн. наук. – Н.-Новгород, 1993. – 23 с.

20. Стрелков А.К. Совершенствование водного хозяйства крупного промышленного центра с учетом экологических факторов (на примере Самарского региона): Автор. дис. д-ра техн. наук. – М., 1999. – 49 с.

21. Малишевский Н.Г. Водоприемники из открытых водоемов / Н.Г. Малишевский. – Харьков: Изд. ХГУ, 1958. – 114 с.
22. Кузовлев Г.М. О проектировании водохранилищ и морских водозаборов / Г.М. Кузовлев // Водоснабжение и санитарная техника. – 1996. - №1. – С. 18...23.
23. Лосиевский А.И. Борьба с перекатами путем применения «наносоуправляющих» сооружений / А.И. Лосиевский. – М.: Речиздат, 1940. – 126 с.
24. Вдовин Ю.И. Теория и практика фильтрующего водоприема для систем водоснабжения / Ю.И. Вдовин. – М.: ВИНТИ, 1998. – 175 с.
25. СНиП 2.04.02-84*. Вдоснабжение. Наружные сети и сооружения. Минстрой РФ. – М., 1996.
26. Образовский А.С. Гидравлика затопленных водопримных оголовков / А.С. Образовский. – М.: Стройиздат, 1963. – 104 с.
27. Абальянц С.Х. Движение взвесей в открытых потоках / С.Х. Абальянц // Тр. САНИИРИ. – Вып. 96. – Ташкент, 1958.
28. Яковлев С.Д. Влияние расположения входа воды в самотечные трубы на вовлечение наносов / С.Д. Яковлев // Водоснабжение и санитарная техника. – 1936. - №12. – С. 34...41.
29. Офицеров А.С. Вопросы гидравлики водозабора А.С. Офицеров. – М.: Госстройиздат, 1952. – 235 с
30. Курганов А.М. Водозаборные сооружения систем коммунального водоснабжения / А.М. Курганов. – М. – С.-Пб., 1998. – 250 с.
31. Порядин А.Ф. Водозаборы в системах централизованного водоснабжения / А.Ф. Порядин. – М.: Изд. НУМЦ Госкомэкологии РФ, 1999. – 156 с.
32. Смирнов А.А. Использование фильтрующих водозаборов на водоемах / А.А. Смирнов // Сб. тр. / ВНИИ ВОДГЕО. – 1985. – С. 79...93.

33. Николадзе Г.И., Сомов М.А. Водоснабжение / Г.И. Николадзе, М.А. Сомов. – М.: Госстройиздат, 1952. – 235 с.

34. Вдовин Ю.И., Лушкин И.А. Фильтрационные характеристики каменно-песчаных смесей / Ю.И. Вдовин, И.А. Лушкин // Материалы XXIX научно-технической конференции ПензГАСА. – Пенза, 1997. Ч. IV. – С. 27...28.

35. Водозаборно-очистные сооружения и устройства: учеб. пособие для вузов / М. Г. Журба [и др.] ; под ред. М.Г. Журбы. - Гриф УМО. - М.: Астрель: АСТ, 2003. - 569 с.: ил. - Библиогр.: с. 567-569. - ISBN 5-17017190-0 : 193-00.

36. Лушкин И.А. Исследования фильтрующего водоприема из источников с обильной водной растительностью: Дисс. ...канд. техн. наук. – Пенза, 1999. – 201 с.

37. СП 31.13330.2012 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84» [Электронный ресурс]. - Введ. 2013.-01.-01. - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200093820>.

38. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. – М: Госкомсанэпиднадзор России, 1996.

39. СанПиН 2.1.4.1110-02. Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов питьевого назначения [Электронный ресурс]. – Введ. 2002.-01.-06.- Режим доступа: <http://s-doc.ru/sanpin-2-1-4-1110-02>.

40. Технический отчет по производству подводно-технических работ по водолазному обследованию четырех водоприемных оголовков водозаборного сооружения водоснабжения г. Жигулевск Самарской области. – Тольятти, ЗАО фирма «ДИВЕР С», 2016. – 12 с.

41. Исследование, технико-экономическое обоснование, разработка проекта реконструкции и реконструкция существующего водозабора городского округа Жигулевск. Рабочий проект – Самара, НПФ «ЭКОС», 2007.

42. Калайда, М.Л. Экологическая оценка Куйбышевского водохранилища в условиях антропогенного воздействия / М.Л. Калайда. Казань: Казан, гос. энерг. ун-т, 2003. – 135с.

43. Калайда М.Л. *Dreissena polymorpha* (Pall.) и *Dreissena bugensis* (Andr.) (Mollusca, Bivalvia) в верхней части Куйбышевского водохранилища / М.Л. Калайда // Биология внутренних вод. 2004. - №3. - С.60-67.