

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

БРЕСТСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

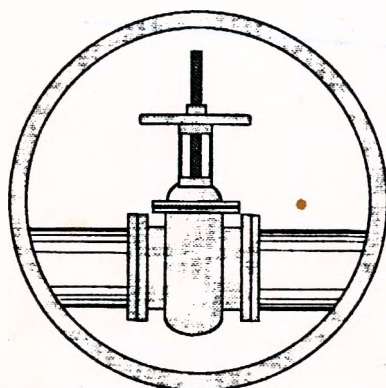
КАФЕДРА ИНЖЕНЕРНОЙ ЭКОЛОГИИ И ХИМИИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению курсовых и дипломных проектов

ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ УСТОЙЧИВОСТИ РАБОТЫ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

для студентов специальности Т19.06.00
дневной и заочной форм обучения



Брест 1999

УДК 355.586 (07)

Методические указания предназначены для разработки инженерно-технических мероприятий по повышению устойчивости работы систем водоснабжения и водоотведения в чрезвычайных ситуациях в курсовом и дипломном проектировании.

СОСТАВИТЕЛИ: П.П. СТРОКАЧ, профессор, к.т.н.

В.С. УЛЬЕВ, доцент

А.С. ХАЙКО, ст. преподаватель

РЕЦЕНЗЕНТ: Начальник группы ВиК ОКП-1
института «Брестсельстройпроект»
БОЯРИНЦЕВА Т.С.

ВВЕДЕНИЕ

Система мероприятий по повышению устойчивости предусматривается для вновь проектируемых и реконструируемых систем водоснабжения и водоотведения, предназначенных для отдельных или нескольких категорированных городов или объектов. К **категорированным городам** можно отнести столичные и областные центры, районные центры и города, являющиеся крупными энергетическими, промышленными и транспортными узлами. К **категорированным объектам** - промышленные, энергетические, транспортные и военные объекты особой важности с точки зрения поддержания экономической, политической и оборонной безопасности государства. В таких случаях должен предусматриваться, с учетом конкретных условий, весь комплекс мероприятий по повышению устойчивости систем водоснабжения и водоотведения.

Если по исходным данным для проектирования принадлежность населенного пункта к вышеуказанной категории определить нельзя, то руководствуются числом жителей. При числе жителей более 50 тыс. чел. предусматривается весь комплекс мероприятий по повышению устойчивости систем водоснабжения и водоотведения; от 5 до 50 тыс. чел. - часть мероприятий или весь их комплекс, по решению руководителя проекта; менее 5 тыс. чел. - ограничиваются лишь теми мероприятиями, которые совпадают с требованиями СНиП 2.04.02-84 и 2.04.03-85.

Если по исходным данным для проектирования нельзя сделать вывод о принадлежности промышленного предприятия (объекта) к вышеуказанной категории, руководствуются расчетной (средней за год) суточной производительностью системы водоснабжения или водоотведения предприятия. При производительности более 10000 м³/сут предусматривается весь комплекс мероприятий по повышению устойчивости систем водоснабжения и водоотведения; от 1000 до 10000 м³/сут - часть мероприятий или весь их комплекс, по решению руководителя проекта; менее 1000 м³/сут - ограничиваются лишь теми мероприятиями, которые совпадают с требованиями СНиП 2.04.02-84 и 2.04.03-85.

1. УСТОЙЧИВОСТЬ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

1.1. Общие положения

Система водоснабжения - это комплекс искусственных сооружений, каналов, трубопроводов и энергетических устройств, с помощью которых воду забирают из открытых водоемов или подземных источников, очищают до требований ГОСТ или ОСТ и подают потребителям. Зачастую эти сооружения разбросаны на большой территории и удалены друг от друга на значительные расстояния. Поэтому трудно предположить, что все сооружения системы водоснабжения могут быть выведены из строя одновременно. По сте-

пени надежности подачи воды централизованные системы водоснабжения делятся на три категории [1, п.4.4].

Устойчивость (надежность) систем водоснабжения определяется возможностью сохранения работоспособности и подачи необходимого количества воды при разрушении отдельных ее элементов, а также при химическом и радиационном заражении местности.

Наиболее важными звеньями системы являются водозаборные сооружения, насосные станции первого и второго подъема, энергопитающие вводы и распределительные устройства. Если нет резервных защищенных источников энергоснабжения, предусматривается возможность установки и подключения передвижных электростанций или энергопоездов [2].

Общие требования к классу ответственности, степени огнестойкости зданий и сооружений системы водоснабжения, а также категории пожарной опасности изложены в [1, п.14.9]. Ограждение и технические средства охраны водопроводных сооружений проектируются согласно требований [1, пп. 14.4-14.5].

Для повышения надежности системы водоснабжения, а также выполнения ремонтных работ, коммуникации насосных станций, головных, очистных и других сооружений проектируют так, чтобы при выходе из строя отдельных элементов системы водоснабжения их можно было отключать, не нарушая ритма работы всей системы. Для этого предусматривается достаточное количество переключений и перемычек, позволяющих отключать поврежденные сооружения и линии трубопроводов.

Надежность системы водоснабжения повышают усилением строительных конструкций и узлов различных технологических зданий, сооружений и сетей, созданием запасов строительных материалов и оборудования для быстрого их ремонта или замены. Приемы ведения аварийных работ на системах водоснабжения описаны в [2, § 2.10].

На каждом городском водопроводе составляются **планы аварийных мероприятий и работ**, в которых указываются:

- схема перехода на питание водой только из подземных источников и подключение резервных скважин к сети городского водоснабжения;
- схема водоснабжения города при подаче в сеть воды только из запасов, хранящихся в специально оборудованных подземных резервуарах;
- районы города и предприятия, снабжаемые водой в первую очередь;
- режим работы системы при частичном разрушении водопроводных сооружений.

Для повышения надежности водоснабжения город, крупный промышленный объект или группа объектов должны иметь закольцованную систему водоснабжения, питающуюся из разных источников, запас воды, достаточный для аварийных нужд, и резервное водоснабжение для противопожарных целей [2].

1.2. Источники водоснабжения

Надежность работы системы водоснабжения в чрезвычайных ситуациях (ЧС) в значительной мере зависит от числа и характера водоисточников, на которых базируется система.

Источниками водоснабжения городов, населенных пунктов, промышленных предприятий служат поверхностные воды (реки, каналы, озера, искусственные водохранилища) и подземные воды (артезианские, грунтовые, подрусовые, родниковые). Наиболее опасны с точки зрения возможного химического и радиационного заражения небольшие поверхностные источники с малой сменяемостью воды (озера, водохранилища). Реки и каналы имеют большой расход воды и скорость течения, в них происходит быстрая сменяемость воды, что дает возможность через определенное время пользоваться проточной водой, иногда даже без специальной очистки. Подземные воды надежно защищены от вредных веществ.

Вновь проектируемые и реконструируемые системы водоснабжения, питающие категорированные города и объекты особой важности, должны базироваться не менее чем на двух независимых источниках воды, один из которых следует предусматривать подземным. Допускается снабжение водой из одного источника с устройством двух групп головных сооружений, одна из которых располагается вне зон возможных разрушений, т.е. за пределами границы проектной застройки категорированного города и на удалении более 3 км от границы проектной застройки объекта особой важности, расположенного вне категорированного города.

Для промышленных предприятий необходимо иметь не менее двух вводов от разных участков городских закольцованных магистралей [2].

Защищенные централизованные (групповые) системы водоснабжения с базированием их на подземных источниках воды создают для городов и сел, расположенных в зонах возможного опасного радиоактивного заражения местности вокруг АЭС и в зонах возможного опасного химического заражения вокруг объектов, имеющих сильнодействующие ядовитые вещества (СДЯВ). В зону опасного радиоактивного заражения входит зона возможного разрушения и прилегающая к ней полоса территории шириной 20 км для АЭС мощностью до 4 ГВт и 40 км для АЭС мощностью более 4 ГВт [3]. Удаление границы зоны возможного опасного химического заражения от хранилищ СДЯВ приведено в приложении.

1.3. Водозаборные сооружения

Суммарную мощность головных водозаборных сооружений рассчитывают по нормам мирного времени. В случае выхода из строя одной группы головных сооружений, мощность оставшихся сооружений должна обеспечивать подачу воды по аварийному режиму на производственно-технические

нужды предприятий, а также на хозяйственно-питьевые нужды для численности населения мирного времени по норме 31 л/сут на одного человека [3].

1.3.1. Водозаборные скважины

В зависимости от местных условий и оборудования устье скважины располагается в наземном павильоне или подземной камере. Конструкция оголовка скважины должна обеспечивать полную герметизацию, исключая проникновение в межтрубное и затрубное пространство поверхностной воды и загрязнений [1,2]. При угрозе радиоактивного, химического и бактериологического заражения местности наземные павильоны артезианских скважин подлежат герметизации. Вариант герметизации приведен в [2, рис. 2.23].

Количество резервных скважин принимают согласно [1, табл. 10].

Все существующие водозаборные скважины для водоснабжения городов, сел и промышленных предприятий, а также для полива сельхозугодий должны иметь приспособления для разлива воды в передвижную тару (автоцистерны), а на скважинах с дебитом 5 л/с и более следует предусматривать устройства для забора из них воды пожарными автомобилями.

В скважинах, предусмотренных к использованию в ЧС, следует применять погружные насосы (блокированные с электродвигателями), оголовки этих скважин размещают в подземных камерах, обеспечивающих их защиту от избыточного давления во фронте ударной волны при взрывах.

Электроснабжение водоподъемного оборудования скважин должно осуществляться от двух независимых источников по линиям, не отключаемым при обесточивании других потребителей электроэнергии. В качестве резервного источника энергоснабжения допускается использовать передвижные дизельные электростанции.

При подсоединении промышленных предприятий к городским сетям водоснабжения существующие на предприятиях скважины следует герметизировать и сохранять для возможного использования их в качестве резервных. Все неэксплуатируемые водозаборные скважины тампонируются, а самоизливающие скважины - оборудуются устройствами, регулирующими подачу воды.

1.3.2. Сооружения для забора поверхностной воды

Низ водоприемных отверстий для береговых и оголовков заборного трубопровода для русловых водозаборов должен размещаться на такой глубине, на которой наблюдается наименьшая активность радионуклидов, но не ближе 0,5-1 м от дна водоема, с тем чтобы исключить возможность подсоса радиоактивного ила [2]. Это соответствует требованиям [1, п.5.96]. Требования к насосным станциям водозаборных сооружений изложены в разделе 1.5.

1.4. Повышение устойчивости станций водоподготовки

1.4.1. Общие указания

На станциях водоподготовки, **использующих подземные источники воды**, мероприятия по повышению устойчивости при работе в чрезвычайных ситуациях сводятся к недопущению попадания в воду в ходе ее обработки радиоактивных и токсичных веществ, бактериальных средств, а также к защите и обучению обслуживающего персонала.

Очистные сооружения станций водоподготовки, **использующие поверхностные источники**, кроме этого, должны быть подготовлены для специальной обработки воды, зараженной радиоактивными и вредными химическими веществами и бактериальными средствами (работа по спецрежиму).

Общие мероприятия по повышению устойчивости и подготовке к работе в чрезвычайных условиях для обоих типов станций включают:

- проектирование и строительство обводных линий - трубопроводов, позволяющих подавать воду, минуя поврежденные сооружения, например, мимо отстойников на фильтры, от артезианских скважин в РЧВ или непосредственно в водопроводную сеть города;
- оборудование вентиляционных устройств в зданиях водоочистных сооружений и служебных помещениях герметическими задвижками и шиберами;
- снижение пожарной опасности зданий и сооружений, повышение огнестойкости отдельных их элементов и устранение опасности возгорания при разрушениях или повреждениях;
- снижение опасности возникновения вторичных очагов заражения при разрушении или повреждении складов запаса реагента;
- обеспечение бесперебойного энергоснабжения и создание резервных источников энергоснабжения;
- подготовку персонала существующих радиометрических и химических лабораторий для контроля за качеством воды на содержание в ней радиоактивных и отравляющих веществ и оснащение этих лабораторий необходимым оборудованием и реактивами, приборами (аналогично с персоналом и лабораториями, работающими с бактериальными средствами);
- выбор места и организация пунктов отбора и доставки проб воды для анализов, согласование регламента отбора проб в спецлаборатории;
- строительство защитных сооружений для укрытия наибольшей работающей смены водопроводных станций и лабораторий, а также индивидуальных укрытий вблизи рабочих мест дежурного персонала;
- подготовку персонала к переходу на режим особого периода эксплуатации и обучение правилам техники безопасности в чрезвычайных условиях;
- организацию и подготовку из числа персонала радиометристов, дозиметристов и лаборантов для работы в условиях заражения местности вредными веществами.

На станции водоподготовки составляются планы аварийных мероприятий и работ, в которых указываются:

- какие агрегаты и сооружения должны отключаться при тех или иных разрушениях;
- последовательность действий при отключении агрегатов или сооружений;
- порядок проведения дезинфекции, дегазации и дезактивации сооружений и территории водоочистой станции;
- порядок перехода к эксплуатации в нормальном режиме после работы станции в чрезвычайных условиях.

1.4.2. Станции водоподготовки, использующие подземные источники

Если указанная станция водоподготовки оказалась в зоне радиоактивного, химического или бактериологического заражения, то с целью предотвращения попадания вредных веществ в воду в процессе ее обработки, необходимо выключать из работы те сооружения, в которых происходит прямой контакт воды и окружающего воздуха. Например, подача воды может осуществляться от скважин в резервуары чистой воды, минуя станцию обезжелезивания.

1.4.3. Станции водоподготовки, использующие поверхностные источники

Кроме общих мероприятий по повышению устойчивости, указанных в п.1.4.1, для станций водоподготовки, использующих поверхностные источники воды, существует ряд специальных требований. Необходимо провести:

- разработку специальных технологических режимов работы водоочистных сооружений при очистке воды от радиоактивных и отравляющих веществ, бактериальных средств и определение максимальной производительности при работе по спецрежиму;
- опробование и краткую (10-12 ч) эксплуатацию группы водоочистных сооружений или всей водоочистой станции по разработанным спецрежимам без заражения воды, но с применением всех необходимых реагентов;
- определение и создание 10-дневного, строго охраняемого запаса химических реагентов для работы очистных сооружений по спецрежиму;
- проверку и, в случае необходимости, реконструкцию реагентного хозяйства для приготовления и введения в обрабатываемую воду повышенных доз реагентов при работе очистных сооружений по спецрежиму;

Вода, подвергаясь заражению, может подаваться потребителю только для технических целей и только после того, как уровень радиации, степень заражения и отравления снизится до безопасных пределов или будет произведена соответствующая очистка воды от вредных веществ. Технологическая схема станции очистки воды из поверхностного источника должна предусматривать возможность быстрого переоснащения основных сооружений для проведения дезактивации и очистки воды от СДЯВ или возможность включения в процесс обработки воды сооружений, использующих указанные

в пп. 1.4.3.1 и 1.4.3.2 методы. Могут быть использованы и другие эффективные методы удаления радиоактивных и токсичных веществ из воды.

1.4.3.1. Дезактивация воды

Вода, загрязненная радиоактивными веществами, должна быть дезактивирована, т.е. очищена от радиоактивных веществ до степени пригодности для требуемых целей. Зараженность воды со временем уменьшается в результате радиоактивного распада и естественного самоочищения водоемов. Поскольку распад радиоактивных веществ, находящихся в воде, ускорить или замедлить практически невозможно, дезактивируют воду двумя методами: выдерживанием ее перед подачей потребителю в течение определенного времени и удалением из нее радиоактивных веществ. Первый метод применим только в тех случаях, когда вода загрязнена изотопами, имеющими малый период полураспада. Удаление радиоактивных веществ из воды может производиться отстаиванием, коагуляцией, фильтрованием, ионообменом, адсорбцией, дистилляцией, электродиализом, флотацией или сочетанием перечисленных методов [4].

Обычные способы очистки воды на станциях водоподготовки, основанные на коагуляции, отстаивании и фильтровании, весьма полно обеспечивают удаление из воды нерастворимых (взвешенных и коллоидных) радиоактивных частиц. Значительно сложнее с растворимыми формами. Указанные методы практически неэффективны для удаления растворимых изотопов (Sr^{90} , I^{131} , Cs^{137} и др.) [4].

Характеристика методов дезактивации воды изложена в [4], более подробно в [5,6,19]. Наиболее эффективными для очистки большого количества воды от радиоактивных веществ, находящихся в воде в растворенном и коллоидном состоянии, являются адсорбция и пенная флотация.

Адсорбция. В качестве сорбентов при дезактивации воды используют природные ионообменные материалы (глины, гидрослоды, почвы, природные цеолиты); искусственные неорганические сорбенты (на основе труднорастворимых солей циркония, титана, синтетические цеолиты, силикагель); природные органические вещества и продукты их переработки (торф, гумусовые вещества, измельченную древесину, целлюлозу, активированный уголь).

Окисленный азотной кислотой при 90-140°C и термообработанный уголь марки СКТ эффективно сорбирует радиоактивные изотопы Sr^{89} , Cs^{137} , Nd^{95} , Ku^{104} и P^{32} [4].

Пенная флотация. В качестве флотореагента для пенной флотации применяют гидроксид железа $\text{Fe}(\text{OH})_3$ в количестве 500 мг/л, нефтяные бензосульфокислоты и сульфатное мыло в объеме 0,002-0,004 мл на 1 мг гидроксида железа (концентрация мыла 800 г/л в 4%-ном растворе Na_2SO_4). Эффективность извлечения Sr^{90} , Y^{90} , Nd^{95} составляет 98-99% [6].

1.4.3.2. Удаление из воды токсичных химических веществ

Порядок обработки воды, зараженной сильнодействующими ядовитыми веществами (СДЯВ), зависит от характера вещества, его концентрации в воде и наличия необходимых реагентов. Наиболее эффективными в этом случае являются методы адсорбции и окисления.

Адсорбция. Для адсорбционной очистки воды от токсичных примесей применяют порошкообразный и гранулированный активированный уголь, углеродные волокнистые материалы, активированный антрацит и неуглеродные сорбенты (глинистые породы, цеолиты, модифицированные бентониты [4,7,8].

Наиболее эффективными адсорбентами считаются дробленые активированные угли марок БАУ, ДАК, ОУ-А_{цел} и гранулированные - АГ-5, АГ-М, СКТ [4,7,8].

Окисление. Метод предусматривает введение в воду, чаще всего на стадии предварительной обработки, таких сильных окислителей, как озон O_3 , хлор Cl_2 , оксид хлора ClO_2 , перманганат калия $KMnO_4$, пероксид водорода H_2O_2 , разрушающих токсичные химические соединения на более простые составляющие. Однако окисление даже при использовании такого сильного окислителя, как озон, не всегда может рассматриваться в качестве надежного метода очистки воды. Имеются вещества, которые при недостаточно глубоком окислении переходят в соединения, придающие воде запах, привкус, или окраску, а иногда и более токсичные [4,7,8,9]. Поэтому рекомендуется применять комбинированный **окислительно-сорбционный метод** [1,9]. Технологическая схема очистки воды, которая может быть взята за основу в данном случае, приведена в [4, рис. 14.12].

1.4.4. Обеззараживание воды

Обеззараживание воды проводят с целью уничтожения ее бактериально-го загрязнения. С этой целью могут применяться следующие методы: озонирование, бактерицидное излучение и хлорирование (с использованием жидкого хлора, гипохлорита натрия, хлорной извести и хлорирования с аммонизацией). За исключением бактерицидного излучения, применение всех остальных методов несет в себе те или иные опасности и чревато возникновением чрезвычайных ситуаций.

К взрывоопасным сооружениям системы водоснабжения отнесены: помещения электролизеров для получения гипохлорита натрия из хлорида натрия, залы озонаторов и помещения распределительных камер. Требования к объемно-планировочным решениям, размещению оборудования и электротехнических устройств при проектировании взрывоопасных сооружений изложены в [10, § 65.2].

Запасы сжиженного хлора и аммиака в результате аварии могут привести к образованию зон химического заражения. Кроме этого, смесь аммиака с

воздухом взрывоопасна [10].

Размещение и способы прокладки газопроводов должны обеспечивать возможность наблюдения за их техническим состоянием. Не допускается бесканальная прокладка газопроводов для хлора и аммиака. Наружные трубопроводы СДЯВ следует прокладывать только по эстакадам; арматуру устанавливать в местах доступных и удобных для обслуживания [10].

Опасность представляет скопление газов СДЯВ в помещениях, где их растворяют или вводят в обрабатываемую воду, а также в расходных складах, в которых их хранят. Во всех этих местах необходимо предусматривать установку газоанализаторов (ручных и автоматических), которые должны быть связаны с аварийной вентиляцией [10].

Хлорная известь во влажном воздухе под действием углекислого газа постепенно разлагается, выделяя хлорноватистую кислоту. Поэтому ее следует хранить в закрытой (но не герметически) таре в затемненном, сухом помещении, оборудованном приточно-вытяжной вентиляцией [4].

Рассмотрим более подробно меры безопасности при проектировании озонаторных и хлораторных установок.

1.4.4.1 Установки озонирования воды

Озон токсичен и действует на органы дыхания, а также может поражать центральную нервную систему. Предельное допустимое содержание озона в воздухе помещений, в которых работают люди, не должно превышать 0,0001 мг/л. Чистый озон взрывоопасен [11].

В зале озонаторов и помещениях распределительных камер должна предусматриваться приточно-вытяжная вентиляция как постоянно действующая, так и аварийная на случай превышения допустимой концентрации озона. Все вентиляционные системы автоматизируются на тепловой режим и на степень загазованности. Включение аварийной вентиляции происходит от газоанализаторов, настроенных на допустимую концентрацию озона. Вентиляционное оборудование должно быть принято во взрывобезопасном исполнении [11].

Для ведения аварийных работ должны быть в наличии изолирующие противогазы (КИП-7, КИП-5) и переносные газоанализаторы.

1.4.4.2. Хлораторные и расходные склады хлора

Разрушение емкостей с сжиженным хлором может привести к образованию химического очага поражения. Хлор в 2,5 раза тяжелее воздуха, поэтому для предотвращения его быстрого распространения в случае аварии, хлораторные и расходные склады с хлором должны располагаться в пониженных участках местности. Подробные требования к хлораторным и расходным складам с хлором изложены в [1, пп. 6.147-6.156, 6.211, 6.212, 14.3, 14.38].

Для хранения и испарения жидкого хлора используют баллоны и бочки. Их основные размеры и вместимость приведены в [12]. При проектировании генплана очистных сооружений рекомендуется по методике [13] оценить хи-

мическую обстановку при аварии на единичной емкости с хлором. Для расчета необходимо принять количество СДЯВ равным максимальному содержанию его в емкости, метеоусловия на момент аварии: инверсия, скорость ветра 1 м/с, температура воздуха 20°C. Оценку вести на первый час (N=1 ч), прошедший с момента аварии.

Если в результате расчета глубина распространения поражающих концентраций СДЯВ окажется больше, чем расстояние от хлораторной или расходного склада с хлором до ближайших зданий и сооружений, в которых постоянно находятся люди, необходимо предусматривать хранение на рабочих местах противогазов марки В, ГП-5 или ГП-7.

Для ликвидации аварии необходимо иметь прорезиненный фартук или костюм Л-1, запас дегазирующего вещества (гипосульфита натрия $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times 5\text{H}_2\text{O}$), газоанализатор УГ-2. Аварийные работы должны проводиться в шланговых (ППШ-1, ППП-2) или изолирующих противогасах (КИП-7, КИП-5). Полный табель оснащения защитными средствами хлораторных и расходных складов хлора приведен в [14, с.135]. Приемы ведения работ описаны в [2, с.130; 14, с.134]. Запас гипосульфита натрия или извести должен храниться в сухом месте в количестве 200-300 кг.

Для оповещения окружающих об авариях у хлораторных и расходных складов устанавливают звуковые сигнализаторы.

1.4.5. Резервуары чистой воды

Для гарантированного обеспечения питьевой водой населения в случае выхода из строя всех головных сооружений или заражения источников водоснабжения в резервуарах чистой воды (РЧВ) создается 3-суточный запас воды из расчета 10 литров на человека в сутки городского населения [3].

РЧВ должны быть достаточно удалены друг от друга и по возможности находиться за чертой городской застройки, по которой, как правило, проходит граница зоны возможных сильных разрушений. В случае размещения РЧВ в зонах возможных сильных разрушений, конструкция их должна быть рассчитана на воздействие избыточного давления воздушной ударной волны ($\Delta P_{\phi} \geq 30 \text{ кПа}$).

РЧВ оборудуются упрощенными фильтрами-поглотителями (УФП) для очистки воздуха от вредных веществ и устройствами, позволяющими осуществлять забор воды в передвижную тару без соприкосновения с окружающим воздухом. РЧВ оборудуются герметическими (в зоне возможных сильных разрушений защитно-герметическими) люками [1]. Все лазы и люки камер переключения должны быть закрыты и загломбированы; территория, где располагаются РЧВ, должна быть хорошо освещена в ночное время [14].

РЧВ должны иметь внутренние перегородки, обеспечивающие последовательное движение воды от места поступления до места выхода к насосам второго подъема.

В зависимости от схемы водоснабжения города в качестве емкостей для хранения запаса чистой воды могут использоваться существующие на водочистных станциях РЧВ, резервуары на городской водопроводной сети и на водопроводах промышленных предприятий.

1.5. Насосные станции систем водоснабжения

Насосные станции и сопутствующие им трансформаторные подстанции, насыщенные сложным электрическим оборудованием, системой связи и автоматики, являются наиболее слабым звеном системы водоснабжения. Категория насосной станции по надежности подачи воды принимается согласно [1, п.7.1].

Строительство насосных станций должно осуществляться с учетом защиты от поражения ударной волной при разного рода взрывах. Самые ответственные их элементы следует размещать ниже поверхности земли, что придает им большую устойчивость.

Электроснабжение насосных станций первой и второй категории надежности должно осуществляться от двух независимых источников по линиям, не отключаемым при обесточивании других потребителей электроэнергии [2,14]. Допускается в качестве резервного источника использовать автономные дизельные электростанции. С этой целью создают необходимый запас горючего [2].

Количество резервных насосных агрегатов принимается согласно [1, п.7.3]. Мероприятия против возможного затопления приведены в [1, п. 7.15]. Противопожарные мероприятия на насосных станциях указаны в [1, п. 7.18].

Для сырых помещений насосных станций предусматривается установка электродвигателей в капле- и брызгозащищенном исполнении с влагостойкой изоляцией. В заглубленных или шахтных насосных станциях для вентиляции помещения машинного зала применяются электродвигатели защищенного или закрытого исполнения с принудительной вентиляцией [15].

Должна предусматриваться автоматическая блокировка двигателей насосов, исключающая сработку пожарного, а также аварийного объема воды в резервуарах [1, п.13.20]. Управление пожарными насосами описано в [1, п.13.21]

На автоматизированных насосных станциях, независимо от категорий надежности действия, при аварийном отключении насосных агрегатов должно осуществляться автоматическое включение резервного агрегата [1, п.13.17].

1.6. Водоводы и водопроводные сети

1.6.1. Общие указания

Основные требования к водоводам изложены в [1, пп. 8.1-8.3, 13.33].

Для повышения надежности магистральная водопроводная сеть строится закольцованной, что обеспечивает возможность маневра водой путем об-

хода поврежденных или разрушенных участков. Тупиковые линии водопроводов допускается применять в случаях указанных в [1, п.8.5]. При строительстве новых водопроводных сетей существующие сети и головные сооружения рекомендуется сохранять для возможного использования в качестве резервных.

Для взаимного резервирования автономные системы водоснабжения отдельных предприятий следует соединять между собой и с городскими системами с соблюдением санитарно-гигиенических требований. В случае, когда качество воды в системах различное, на соединительных линиях ставят две закрытые и опечатанные задвижки. Для соединения сетей хозяйственно-питьевого водопровода с сетями, подающими воду непригодную для питья, необходима перемычка, обеспечивающая воздушный разрыв между ними [1,2].

При проектировании технических водопроводов для производственных нужд необходимо обеспечивать возможность их использования для целей пожаротушения.

На централизованных системах водоснабжения категорированных городов и объектов особой важности обеспечивается возможность подачи чистой воды в сеть, минуя водонапорные башни. Водонапорные башни должны иметь обводные линии и отключения от сети. Водонапорная башня, не входящая в зону молниезащиты других сооружений, должна быть оборудована собственной молниезащитой [1].

Рекомендуется для систематического контроля напоров сети в характерных точках устанавливать дистанционные манометры с передачей их показаний на центральный диспетчерский пункт [1, п.13.34].

Аварии на трубопроводах вызываются, главным образом, нарушением раструбных соединений и сварных стыков, переломами чугунных и асбестоцементных труб, появлением свищей в стальных трубах, продольных и поперечных трещин в чугунных, асбестоцементных и железобетонных трубах. Такие повреждения могут образовываться в результате непосредственного воздействия избыточного давления ударной волны на грунт, падения крупных обломков разрушенных зданий и сооружений, а также гидравлических ударов. Необходимо помнить, что чем меньше диаметр трубы, тем устойчивее линия водопровода и не допускать необоснованного завышения диаметров труб [2].

Меры защиты систем водоснабжения от гидравлических ударов изложены в [1, пп. 8.27-8.29].

Для отключения поврежденных участков на водоводах и магистральной сети устанавливают приборы сигнализации и автоматические задвижки или поворотные затворы [1, п.13.35]. Длина ремонтных участков водопроводных сетей должна быть такой, чтобы в случае аварии или ремонта обеспечивалась подача воды потребителям, требующим непрерывного водоснабжения,

и выключалось из работы не более 5 пожарных гидрантов [1,2]. Гидранты располагают вблизи перекрестков и далее вдоль проездов (улиц) на расстоянии не более 100 м один от другого [2].

Водопроводные колодцы с пожарными гидрантами и задвижками для отключения поврежденных участков должны находиться вне зоны возможных завалов. Незаваливаемая территория начинается на расстоянии от ближайшего здания равном половине его высоты плюс 3 м.

1.6.2. Подготовка к быстрому отключению поврежденных участков сети

Для подготовки водопроводной сети к быстрому отключению поврежденных участков необходимо:

- определить порядок отключения участков сети в разрушенных кварталах города;
- составить схемы водопроводной сети с указанием диаметра, материала и глубины заложения трубопроводов, нанесением колодцев, нумерацией задвижек и других устройств, обеспечивающих отключение;
- разработать схему привязки колодцев с основными запирающими устройствами к осям улиц, фундаментам домов или другим независимым ориентирам;
- указать на стенах колодцев и на внутренней стороне крышки номер колодца и номера размещенных в нем задвижек;
- поддерживать задвижки в исправном состоянии, для чего 1-2 раза в год производить их разгон;
- определить влияние тех или иных повреждений на работу водопроводной сети (падение давления, уменьшение расхода воды и т.д.).

1.7. Резервное водоснабжение

При ведении спасательных работ в зонах поражения для тушения пожаров необходимо подавать воду в количестве 20 л/с на 50 м фронта огня при одностороннем пожаре и 40 л/с при двухстороннем. Для больших площадных пожаров требуется 25 л/с воды в течение 5 часов на каждые 50 м фронта огня.

Система городского водоснабжения, даже при полном сохранении работоспособности, не сможет обеспечить достаточную подачу воды для пожаротушения. Поэтому необходимо иметь крупные резервные источники воды. К ним можно отнести реки, озера, водохранилища, пруды и другие естественные и искусственные водоемы. Для забора воды из таких источников требуется устройство специальных подъездов (пирсов) с площадками для установки передвижной пожарной насосной станции [1,2]. На набережных могут устраиваться специальные водозаборные колодцы [1, п.9.32; 2, рис. 2.13].

Сеть естественных и искусственных водоемов проектируется в зависимости от возможностей пожарной техники. Учитывая, что современные автонасосы позволяют подавать воду с места забора на расстоянии до 1 км, а с

использованием подкачивающих передвижных станций и на большие расстояния, искусственные водоемы размещают на расстояниях 1,5-2 км друг от друга. При этом размещение их на территории застройки, определение конфигурации и объемов производят с учетом технических факторов и требований благоустройства. Искусственные противопожарные водоемы выполняют и другие функции. В летнее время на них могут быть организованы лодочные станции или плавательные бассейны, а зимой - катки. Декоративно оформленные водоемы являются украшением городов [2].

На объектах коммунального хозяйства городов и на предприятиях можно использовать для создания резервных запасов воды различные емкости: металлические резервуары, брызгальные бассейны, емкости под градирнями. Для отбора воды из них применяют водозаборные колодцы или другие устройства. Для повышения степени защиты и утепления емкости желательно заглублять в землю или обваловывать [2].

У мест расположения пожарных резервуаров и водоемов должны быть предусмотрены указатели по ГОСТ 12.4.009-83 [1, п. 9.28].

2. УСТОЙЧИВОСТЬ СИСТЕМ ВОДООТВЕДЕНИЯ

2.1. Общие положения

Система водоотведения - это комплекс инженерных сетей и сооружений, с помощью которого осуществляется прием, отвод и очистка бытовых, производственных и дождевых сточных вод. Система водоотведения может быть общесплавной, когда все сточные воды независимо от их происхождения и характера отводятся единой сетью труб, и раздельной. При раздельной системе бытовые и сильно загрязненные производственные сточные воды отводят по одной сети, а дождевые воды - по другой.

Устойчивость (надежность) систем водоотведения определяется возможностью сохранения работоспособности, т.е. отведения и очистки необходимого количества сточных вод при разрушении отдельных ее элементов, а также при химическом и радиационном заражении местности.

Общие требования к степени огнестойкости зданий и сооружений системы водоотведения, а также категории пожарной опасности изложены в [16, пп. 8.4-8.5]. К взрывоопасным сооружениям системы водоотведения согласно [10] отнесены:

- помещения электролизеров для получения гипохлорита натрия из хлорида натрия;
- насосные станции сброженного осадка;
- емкости метантенков;
- инжекторные и распределительные камеры осадка, шахты и проходные тоннели при метантенках;
- илоперегиватели и резервуары сброженного осадка;

- газовые киоски и газораспределительные пункты;
- склады горюче-смазочных материалов и баллонов с горючими газами.

Требования к объемно-планировочным решениям, размещению оборудования и электротехнических устройств при проектировании взрывоопасных сооружений системы водоотведения изложены в [10, § 65.2].

Для оперативного управления объектами системы водоотведения в чрезвычайных ситуациях создается диспетчерская служба, оснащенная надежными средствами связи [16, п.7.12]. Готовятся и комплектуются формирования коммунально-технической службы ГО, службы радиационной защиты, контрольные звенья и дежурные смены, обеспечивающие эксплуатацию сооружений.

Чтобы повысить устойчивость системы водоотведения хозяйственного объекта, следует устроить ее раздельной: бытовые и сильно загрязненные производственные сточные воды отводить по одной сети, для отведения дождевых сточных вод использовать другую. Первая должна иметь не менее двух выпусков в городские коллекторы. На случай аварии на городских сетях и на насосных станциях система водоотведения категорированного объекта должна иметь аварийные сбросы в расположенную поблизости реку (овраг, ручей) или дождевую сеть. Для этого на незаваливаемой территории строятся колодцы с аварийными задвижками и перепусками [17].

Для систем водоотведения промышленных предприятий во всех случаях, когда это необходимо, должна предусматриваться локальная очистка сточных вод с максимальным извлечением ценных продуктов, отдувкой газов и паров. Необходимо иметь аварийные емкости при цехах для приема залповых сбросов и емкости, регулирующие расход сточных вод. В местах выпуска сточных вод, содержащих всплывающие огнеопасные вещества, устанавливаются гидравлические затворы. Следует исключить сброс в систему водоотведения жидкостей с температурой выше 40°C [10, § 65.1].

В ряде отраслей промышленности сточные воды содержат горючие и взрывоопасные вещества. Подробные требования к взрывобезопасности и пожарной безопасности систем водоотведения таких промышленных предприятий приведены в [10, § 65.2].

2.2. Водоотводящие сети

Раздельная система водоотведения при условии, что коллекторы обеих частей системы соединены между собой перепусками, дает возможность отключить поврежденные участки сети и поэтому является предпочтительной.

Для вновь проектируемых систем водоотведения городов и промышленных предприятий такие перепуски желательно предусматривать в проектах и осуществлять в процессе строительства, а для действующих - устраивать при реконструкции или ремонте сетей [2].

На крупных коллекторах перед важными сооружениями (дюкеры, станции очистки), при разрушении которых вследствие образовавшегося подпора сточные воды могут выйти на поверхность, предусматриваются аварийные выпуски. Места, куда в аварийных случаях должны сбрасываться сточные воды, заблаговременно согласовываются с органами санитарного надзора и рыбоохраны [2].

Разрушения и повреждения водоотводящих сетей могут возникнуть как от непосредственного воздействия избыточного давления ударной волны и волны сжатия в грунте, так и в результате падения тяжелых обломков разрушенных зданий и сооружений. В большей степени подвержены разрушениям и повреждениям керамические, асбестоцементные и бетонные трубы (по сравнению с чугунными, стальными и пластмассовыми).

Требования к проектированию сетей водоотведения промышленных предприятий, транспортирующих агрессивные, летучие токсичные и взрывоопасные вещества, изложены в [16, пп. 4.48-4.55, 4.59].

Нужно отметить, что при объединении ряда сточных вод могут образовываться различные СДЯВ. Например, объединение кислых сточных вод с сульфидными приводит к выделению сернистого газа; со сточными водами, содержащими цианиды, - к выделению газообразного цианида водорода; с вязкими - к образованию сероуглерода.

Объединение сточных вод, насыщенных сероуглеродом, со сточными водами, имеющими температуру выше 40°C, может привести к взрыву [18].

2.3. Насосные станции систем водоотведения

Станции перекачки сточных вод являются наиболее важным звеном в системе водоотведения и делятся на три категории надежности [16, п.5.1]. Станции перекачки с прочными железобетонными стенами, построенные методом опускного колодца, в которых большая часть оборудования размещается ниже уровня земли, являются наиболее предпочтительными.

Электроснабжение насосных станций должно осуществляться от двух независимых источников по линиям, не отключаемым при обесточивании других потребителей электроэнергии. В качестве резервных источников энергоснабжения допускается предусматривать автономные дизельные электростанции, либо - возможность быстрого подключения к передвижной электростанции [2]. В насосных станциях первой категории для перекачки производственных сточных вод, не содержащих легковоспламеняющихся и взрывоопасных веществ, при невозможности обеспечения электропитания от двух источников, допускается устанавливать резервные насосные агрегаты с двигателями внутреннего сгорания [16, п. 5.4]. Число резервных насосов принимают согласно [16, табл. 21].

При разложении фекальных масс образуются вредные и взрывоопасные газы - метан, сероводород, углекислый газ. Поэтому необходимо контроли-

ровать качество воздуха с помощью газоанализатора или шахтерской лампы [2].

Требования к насосным станциям, перекачивающим сточные воды, которые содержат горючие, летучие токсичные и взрывоопасные вещества, изложены в [16, пп. 5.21-5.23, 7.5]. Противопожарные мероприятия на насосных станциях указаны в [1, п. 7.18].

В насосных станциях следует предусматривать местную аварийно-предупредительную сигнализацию. При отсутствии постоянного обслуживающего персонала предусматривается передача общего сигнала о неисправности на диспетчерский пункт или пункт с круглосуточным дежурством [16, п. 7.25].

Мероприятия против возможного затопления насосной станции приведены в [1, п. 7.15]. При аварийном затоплении насосной станции следует предусматривать автоматическое отключение основных насосных агрегатов [16, п. 7.22].

На автоматизированных насосных станциях, независимо от категории надежности действия, при аварийном отключении насосных агрегатов должно осуществляться автоматическое включение резервного агрегата [16, п. 7.21].

2.4. Очистные сооружения

Организационно-технические мероприятия по подготовке очистных сооружений водоотведения к работе в чрезвычайных условиях зависят от применяемых способов очистки сточных вод: механических, физико-химических и биологических. При совместной биологической очистке бытовых и взрывоопасных производственных сточных вод надлежит применять их раздельную механическую очистку [16, п. 6.9].

Общие мероприятия по повышению устойчивости и подготовке к работе в чрезвычайных условиях включают:

- определение максимального и минимального расходов сточной жидкости, поступающей в водоотводящую сеть и на очистные сооружения;
- обеспечение надежного электроснабжения насосных и воздуходувных станций, а также других энергоустановок очистных сооружений;
- подготовку очистных сооружений, оборудования и коммуникаций к работе в условиях заражения сточной жидкости и осадков радиоактивными, отравляющими веществами и бактериальными средствами;
- разработку и освоение персоналом лабораторий методик контроля показателей сточной жидкости и технологических параметров работы сооружений по очистке сточных вод и обработке осадков, зараженных радиоактивными, отравляющими веществами и патогенными микроорганизмами; оснащение лабораторий необходимыми приборами, оборудованием, реактивами и материалами;

- составление плана строительно-монтажных работ и их материально-технического обеспечения, связанных с подготовкой и дооборудованием сооружений и объектов водоотведения и приобретением необходимого оборудования, приборов, механизмов и материалов;
- определение и создание не менее чем 10-дневного, строго охраняемого запаса реагентов для обработки сточных вод (при физико-химическом способе очистки), осадков и обеззараживания очищенной сточной жидкости;
- составление графика своевременного обновления неприкосновенного запаса реагентов;
- определение и создание запаса дегазирующих и дезинфицирующих веществ;
- подготовку и оборудование защитных сооружений из расчета укрытия наибольшей работающей смены, а также индивидуальных укрытий вблизи рабочих мест дежурного персонала;
- выбор и оборудование мест отбора проб сточной жидкости и осадка для технологического анализа и анализа на зараженность воды и осадков вредными веществами;
- согласование с местными штабами ГО и органами СЭС регламента отбора проб, доставляемых в лаборатории, составление документации, отражающей схему отбора и графика доставки проб;
- подготовку персонала к переходу на режим особого периода эксплуатации и обучение правилам техники безопасности в чрезвычайных условиях;
- отработку порядка перехода на обычные условия работы после ликвидации последствий заражения местности и прекращения поступления вредных веществ в водоотводящую сеть.

В усреднителях с барботированием или механическим перемешиванием при наличии в сточных водах легколетучих ядовитых веществ следует предусматривать перекрытие и вентиляционную систему [16, п. 6.39].

Воздуходувные и компрессорные станции должны быть оборудованы противопожарным водопроводом и обязательно снабжены пенными огнетушителями [14].

Меры по обеспечению безопасности и повышению устойчивости обеззараживания сточной жидкости приведены в п. 1.4.4.

При проектировании **метантенков и газового хозяйства** рекомендуется оценить характер возможных разрушений при утечке и взрыве газа из газгольдера. Методика оценки устойчивости зданий, сооружений и технологического оборудования приведена в [17].

При проектировании **механического обезвоживания осадков** необходимо предусматривать аварийные иловые площадки на 20% годового количества осадков [16, п. 6.386].

ЛИТЕРАТУРА

1. СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения / Госстрой СССР.- М.: Стройиздат, 1985.- 136 с.
2. Камерер Ю.Ю., Харкевич А.Е. Аварийные работы в очагах поражения.- М.: Энергоатомиздат, 1990.- 288 с.
3. СНиП 2.01.51-90. Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны / Госстрой, Госплан и Минобороны СССР.- М.: Военное издательство, 1991.
4. Кульский Л.А., Строкач П.П. Технология очистки природных вод.- 2-е изд., перераб. и доп.- К.: Вища школа, 1986.- 352 с.
5. Кузнецов Ю.В., Щebetневский В.Н., Трусов А.Г. Основы очистки воды от радиоактивных загрязнений/ Под ред. В.М.Вдовенко.- М.: Атомиздат, 1974.
6. Хоникевич А.А. Очистка радиоактивно-загрязненных вод лабораторий и исследовательских ядерных реакторов. - 3-е изд. перераб. и доп. М.: Атомиздат, 1974.- 312 с.
7. Очистка питьевых и сточных вод от ядохимикатов / М.А. Шевченко, П.В. Марченко, П.Н. Таран и др.- Киев: "Будівельник", 1975.- 92 с.
8. Шевченко М.А., Таран П.Н., Гончарук В.В. Очистка природных и сточных вод от пестицидов.- Л.: Химия, 1989.- 184 с.
9. Николадзе Г.И., Минц Д.М., Кастальский А.А. Подготовка воды для питьевого и промышленного водоснабжения: Учеб. пособие для вузов.- 2-е изд. перераб. и доп.- М.: Высшая школа, 1984.- 368 с.
10. Канализация населенных мест и промышленных предприятий (Справочник проектировщика) / Н.И. Ляхчев, И.И. Ларин, С.А. Хаскин и др.; Под общ. ред. В.Н. Самохина.- 2-е изд., перераб. и доп. -М.: Стройиздат, 1981.- 639 с.
11. Кожин В.Ф., Кожин И.В. Озонирование воды.- М.: Стройиздат, 1973.
12. Справочник по специальным работам. Трубы, арматура и оборудование водопроводно-канализационных сооружений / А.С. Москвитин, В.И. Махров, Е.В. Авдеев и др.; Под ред. А.С. Москвитина.- М.: Стройиздат, 1970.- 527 с.
13. Ульев В.С., Хайко А.С. Оценка химической обстановки. Методические указания к лабораторной работе. - Брест: БПИ, 1997.- 24 с.
14. Эксплуатация систем водоснабжения, канализации и газоснабжения: Справочник / Под ред. В.Д. Дмитриева, Б.В. Мишукова.- 3-е изд., перераб. и доп. Л.: Стройиздат, 1988.- 383 с.
15. Лобачев П.В. Насосы и насосные станции.- М.: Стройиздат, 1990.- 320 с.
16. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения / Госстрой СССР.- М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986.- 72 с.
17. Защита объектов народного хозяйства от оружия массового поражения: Справочник /Под ред. Г.П. Демиденко.- К.: Вища школа, 1987.- 256 с.
18. Водоотводящие системы промышленных предприятий: Учеб. для вузов/ С.В. Яковлев, Я.А. Карелин, Ю.М. Ласков, Ю.В. Воронов. - М.: Стройиздат, 1990. - 511 с.
19. Кульский Л.А., Страхов Э.Б., Волошинова А.М., Близнакова В.А. Очистка вод атомных электростанций.- Киев.: Наукова думка, 1979.- 209 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1

Удаление границ зоны возможного опасного химического заражения
от 50-тонных емкостей со СДЯВ

Наименование вещества	Удаление границ зоны возможного опасного химического заражения, км			
	При свободном разливе, $H=0$	При высоте обваловки $H, м$		
		1	2	3
Аммиак	1,15	0,35	0,25	0,23
Водород цианистый	2,6	1,25	1,0	0,95
Нитрилакриловая кислота	0,9	0,43	0,3	0,27
Сернистый ангидрид	1,1	0,5	0,38	0,35
Сероводород	0,9	0,45	0,35	0,3
Сероуглерод	0,2	0,07	0,07	0,07
Фосген	8	2,5	1,9	1,65
Хлор	5,7	1,2	1,0	0,9
Хлорпикрин	1,8	0,6	0,45	0,38
Ангидрид уксусный	0,15	0,06	-	-
Винил хлористый	0,45	0,07	0,06	-
Дихлорэтан	0,3	0,13	0,08	0,06
Кислота азотная	0,45	0,21	0,14	0,12
Кислота соляная	0,8	0,38	0,33	0,3
Метил бромистый	0,65	0,45	0,38	0,48
Метил изоцианат	4,5	1,6	1,5	1,5

Примечания:

1. Расстояния, указанные в таблице следует определять: а) для необвалованных емкостей - от стенок резервуара; б) для обвалованных емкостей - от внутренней границы обвалования (от поддона, стакана).
2. Для определения удаления границ зон возможного опасного химического заражения при других количествах СДЯВ необходимо значения из табл. 1 умножить на поправочный коэффициент ($K_{п}$), значения которого приведены в табл. 2.

Таблица 2

Значения коэффициента $K_{п}$

Количество СДЯВ, т	1	5	10	25	100	250	500	1000	2500	5000
$K_{п}$	0,1	0,3	0,4	0,7	1,5	2,5	3,6	5,3	8,9	13

Учебное издание

СОСТАВИТЕЛИ: Строкач Петр Павлович

Ульев Владимир Степанович

Хайко Александр Степанович

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

для курсового и дипломного проектирования

«Инженерно-технические мероприятия по повышению
устойчивости работы систем водоснабжения
и водоотведения в чрезвычайных ситуациях»

для студентов специальности Т19.06.00
дневной и заочной форм обучения

Ответственный за выпуск Хайко А.С.

Редактор Строкач Т.В.

Подписано к печати 25.11.99 г. Формат 60x84/16 Бумага писчая N 1. Усл.
п.л. 1,4 . Уч. изд. л. 1,5. Заказ N 682. Тираж 120 экз. Бесплатно.
Отпечатано на ризографе Брестского политехнического института.
224017, г. Брест, ул. Московская, 267.