МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Тульский государственный университет»

Институт горного дела и строительства
Кафедра «Санитарно-технические системы»

Утверждено на заседании кафедры
«Санитарно-технические системы»
«20» января 2023 г., протокол № 5

Заведующий кафедрой

_____ Р.А. Ковалев

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по выполнению курсовой работы
по дисциплине (модулю)
«Теоретические основы и проектирование водозаборных сооружений поверхностных вод»

основной профессиональной образовательной программы
высшего образования – программы магистратуры

по направлению подготовки
08.04.01 – "Строительство"

с профилем
"Теория и практика организационно-технологических и экономических решений"

Форма(ы) обучения: очная, заочная

Идентификационный номер образовательной программы: 080401-03-23

Тула 2023 год

Разработчик(и) методических указаний

Злобин Е.К., проф., д.т.н., доцент
(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание)

(подпись)

Министерство общего и профессионального образования Российской Федерации

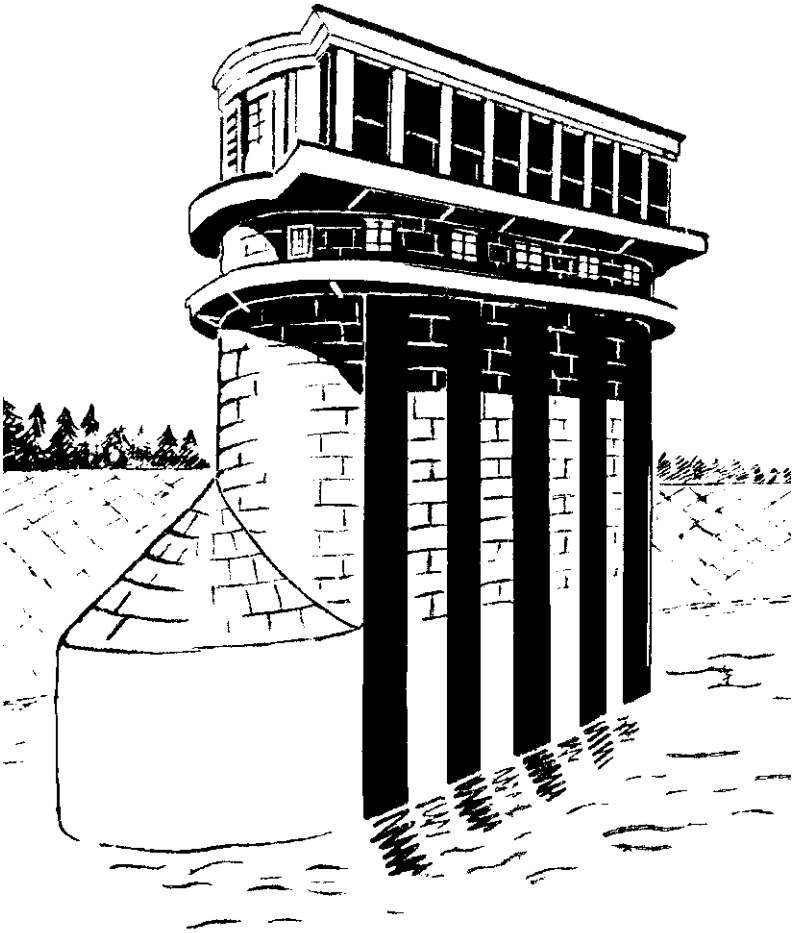
Тульский Государственный Университет

Е.К.ЗЛОБИН
А.М.ТУЖИЛКИН

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА ЭЛЕМЕНТОВ РЕЧНЫХ ВОДОЗАБОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

/издание второе, переработанное/

Учебное пособие



Тула 2013

Введение

Водозаборные сооружения являются одним из наиболее важных элементов систем водоснабжения, т.к. от их конструктивного решения, расположения на местности и условий работы во время эксплуатации зависит надежность всей системы водоснабжения и ее технико-экономические показатели. Особое значение при этом приобретают выбор источника водоснабжения, учет его природных факторов, возможность получения из него требуемого качества, влияние водоотбора на других потребителей, водопользователей и на окружающую среду. Таким образом, при проектировании водозаборных сооружений решается инженерная задача не только по устройству сооружений, но и по комплексному использованию и охране водных ресурсов.

С учетом этих особенностей главным направлением в проектировании в строительстве и эксплуатации водозаборных сооружений стали методы комплексного решения задач по использованию водных ресурсов, новые методы расчета водоприемных сооружений, применение прогрессивных конструкций, совершенствование технологий производства строительных работ и рациональный режим эксплуатации сооружений.

Для правильного выбора водоисточника, а также типа водозаборного сооружения и его расчета необходимо иметь наиболее полную информацию как об источниках водоснабжения, расположенных вблизи водопотребителя так и о требованиях, предъявляемых потребителем к воде.

Следовательно, при разработке проекта водозаборного сооружения необходимо располагать следующими данными:

-ситуационным планом местности с горизонталями, водоемами , водотоками и другими водоисточниками , на котором нанесены границы населенного пункта;

-гидрогеологической характеристикой данной местности;

-геологическим разрезом местности в месте нахождения подземных вод;

-профилями створов водотоков;

-кривыми обеспеченности уровней и расходов воды в водотоках;

-различными гидрологическими параметрами водотоков и водоемов и качеством воды в них;

-требуемой подачей водозаборного сооружения и категорией надежности подачи воды.

В настоящем учебном пособии рассмотрены вопросы проектирования и расчета водозаборных сооружений систем хозяйственно-питьевого водоснабжения, главной особенностью
которых является обеспечение бесперебойности работы во всех возможных условиях.

Техника решения возникающих задач рассмотрим на примере расчета водозаборного сооружения для обеспечения водой г. Кристово. Требуемая подача водозаборного сооружения составляет 1,3 $м^3$/с (5400 $м^3$/ч или 130 тыс. $м^3$/сут.) при 1-й категории надежности подачи воды.

1. Выбор источника водоснабжения

1.1. Возможные источники водоснабжения

Город Кристово расположен на 116^0 89' восточной долготы и $59^0$39' северной широты. В данной местности имеются следующие источники водоснабжения:

1. Севернее г.Кристово и западнее населенного пункта Бородинское находится полигон подземных вод. Качество воды в водоносном горизонте удовлетворяет требованиям ГОСТ 2874-82 "Вода питьевая". Дебит потока подземных вод составляет 6,5 тыс. $м^3$/сут.

2. Юго-западнее г.Кристово расположено болото Пылема. Качество болотной воды не отвечает требованиям, предъявляемым к питьевой воде (цветность 80^0, содержание взвешенных веществ 250 мг/л). Норма стока поверхностных и дебит подземных вод, питающих болото Пылемо, составляют 8 тыс. $м^3$/сут.

3. Западнее и восточнее г.Кристово расположены канава Илистая и канал Оса. Качественные показатели воды в этих водотоках не соответствуют требованиям ГОСТ 2874-82 (цветность 40^0 и 50^0, содержание взвешенных веществ 300 и 400 мг/л соответственно). Норма их стока составляет соответственно 5 и 9 тыс. $м^3$/сут.

4. Северо-восточнее г.Кристово протекает река Истра с правыми притоками Рада и Яна, левым притоком Тым . Вода притоков характеризуется следующими показателями: приток Рада - цветность 25^0 , содержание взвешенных веществ 800 мг/л , расход 13 тыс. $м^3$/сут; приток Яна - цветность 60^0, содержание взвешенных веществ 1600 мг/л, расход 20 тыс. $м^3$/сут; левый приток Тым - цветность 20^0, содержание взвешенных веществ 475 мг/л, норма стока 14 тыс. $м^3$/сут. Река Истра ниже г. Докучаевска имеет норму стока 6500 тыс. $м^3$/сут, цветность 22^0 и мутность 1100 мг/л. Левый берег р.Истры пологий, правый на большом протяжении крут и обрывист.

5.Юго-восточнее г.Кристово недалеко от г.Дубы расположено озеро Сотка, питаемое подземными водами и рекой Сотка. Берега озера заболочены и во время осенних и весенних паводков затапливаются водой. Норма суммарного стока в озеро составляет 12 тыс. $м^3$/сут, цветность озерной воды 50^0, мутность 56 мг/л.

На основании ситуационного плана и гидрологической характеристики местности, а также количественных и качественных показателей функционирования водоисточников произведен выбор источника водоснабжения г.Кристово. Прежде чем приступить к выбору источника водоснабжения, рассмотрим ряд нормативных положений.

1.2.Общие принципы выбора источника водоснабжения

Источник хозяйственно-питьевого водоснабжения следует выбирать в соответствии с требованиями ГОСТ 2761-84, которые предусматривают максимальное использование для этой цели всех наличных ресурсов подземных вод, удовлетворяющих санитарно-гигиеническим требованиям. При этом в первую очередь следует выбирать такие водоисточники, качество воды которых соответствует ГОСТ 2874-82 "Вода питьевая". Подземные воды одинакового качества следует принимать к использованию в зависимости от степени надежности их защиты от внешнего загрязнения, в первую очередь - артезианские. При отсутствии или невозможности использования артезианских вод как из-за недостаточного их дебита или неудовлетворительного качества, так и по технико-экономическим соображениям необходимо рассмотреть возможности использования других видов подземных вод в следующем порядке: межпластовые безнапорные, грунтовые воды, искусственно пополняемые и подрусловые воды, при отсутствии или невозможности их использования воды поверхностных источников (рек, водохранилищ, озер, каналов).

При использовании поверхностных источников следует выбирать участки водоемов, которые соответствуют общим требованиям, указанным в "Правилах охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами" и в "Инструкции о порядке согласования к выдаче разрешения на специальное водопользование" Минводхоза РФ.

При отсутствии пресных подземных и поверхностных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения допускается использование минерализованных вод и морской воды при условии их опреснения, а также геотермальных вод, если они удовлетворяют санитарным требованиям, а их максимальная температура не превышает 24-26^0 С.

Выбор источника производственного водоснабжения необходимо производить с учетом требований, предъявляемых потребителями к качеству воды в каждом конкретном случае. При этом следует помнить, что использование подземных вод питьевого качества для производственных нужд допускается только в районах, где нет необходимых поверхностных водных источников и имеются достаточные запасы подземных вод питьевого качества, с разрешения органов по регулированию, использованию и охране вод.

Таким образом, основными источниками производственного водоснабжения являются поверхностные воды и частично минеральные и геотермальные воды.

Помимо указанных требований к качеству водных ресурсов, для правильного выбора источника следует учитывать следующие факторы: расходный режим, водохозяйственный баланс по источнику с прогнозом на 15-20 лет; качественную характеристику воды в источнике с указанием агрессивности воды и прогноз возможного изменения ее качества.

При выборе в качестве источника водоснабжения поверхностных водообеспеченность их среднемесячных или среднесуточных расходов, а также максимальных и минимальных уровней должна приниматься в зависимости от категории надежности подачи воды соответственно характеристике потребителей по данным, приведенным в СниП.

При относительном водоотборе (отношение расчетного расхода водоотбора $Q_в$ к минимальному расчетному расходу Q_{min} воды в источнике соответствующей обеспеченности) $Q_в/Q_{min} \leq 0,25$ можно забирать воду из русла реки или канала самым простым и не дорогостоящим сооружением водозабора без каких-либо дополнительных мероприятий. При $0,25<Q_в/Q_{min} \leq 0,75$ надежный водоотбор возможен только из нешугоносных открытых потоков с особо благоприятными формой и состоянием русла. Чаще в таких случаях требуется проводить руслорегулирующие работы,

улучшение условий забора воды, а также строительство водоподъемных плотин, обеспечивающих достаточную глубину в месте устройства водозабора, а при необходимости - и требуемый запас воды.

1.3. Пример выбора источника водоснабжения

В соответствии с требованиями ГОСТ 2761-84 осуществим выбор источника водоснабжения.

Так как г.Кристово требуется вода питьевого качества, то в первую очередь рассмотрим водоисточники, имеющие воду питьевого качества. Таким водоисточником является полигон подземных вод. Оценивая его в качестве водоисточника, следует отметить, что дебит его составляет лишь 0,1% требуемой производительности водозабора. Следовательно, как базовый водоисточник г.Кристово он не может быть использован.

Далее переходим к поверхностным водоисточникам.

Оценивая показатели болота Пылема как возможного водоисточника, видим, что норма стока вод, притекающих к болоту, составляет 8 тыс. $м^3$/сут , что явно недостаточно для питания водой г.Кристово. Кроме того, в болотной воде содержится большое количество трудноразрушаемых и трудноудаляемых растворенных органических соединений, придающих воде цветность. Очистка природных вод в связи с этим резко усложняется, а следовательно, становится дороже. Поэтому болото Пылема не может быть использовано в качестве источника централизованного источника водоснабжения г. Кристово.

Канава Илистая и канал Оса не удовлетворяют требованиям, предъявляемым к источнику централизованного водоснабжения, как по своему расходу, так и по качественным показателям воды.

Рассматривая притоки р. Истры, можно отметить, что они не могут удовлетворить одному из основных требований - необходимому расходу

воды. Этому показателю соответствует лишь р. Истра с нормой стока 6,5 млн. $м^3$/сут. Кроме того, качество воды в р. Истре после соответствующей водоподготовки можно улучшить. Однако, учитывая, что воды притоков Рады и Тыма обладают более высокими качественными показателями, чем вода в р. Истра, а вода в притоке Яны - более низкими показателями, с целью получения воды более высокого качества водозаборное сооружение следует предусмотреть на участке р. Истры между впадением притоков Рады и Яны.

Модульные коэффициенты обеспеченности стока р. Истры Кр=85%=0,58; Кр=90%=0,52 и Кр=95%=0,41. В соответствии с требуемой категорией надежности обеспеченность минимального среднемесячного расхода воды р. Истры должна составлять 95%.

Суточный сток р. Истры обеспеченностью р=95% составляет Qр=95%= 6500 $\times 10^3 \times$ 0,41=2665 тыс. $м^3$/сут.

Следовательно, соотношение между стоком р.Истры и водозабором будет:

$$\frac{Q_{‰}}{Q_{p=95\%}} = \frac{130\times10^3}{2665\times10^3} = 0.049 = 4.9\%$$

Таким образом, водозабор на р. Истре не потребует дополнительных мероприятий, связанных с регулированием ее стока. Площадку для очистных сооружений речной воды принимаем на расстоянии 2 км северо-восточнее г.Кристово. Отметка земли в этом месте $Z_{ос}$ = 144.

2. Выбор места расположения речного водозаборного сооружения

Бесперебойная работа водозабора при надежном водоисточнике практически полностью зависит от места его расположения, состава и конструкции сооружений, входящих в технологическую схему водозаборного узла.

Обычно при выборе места расположения водозабора исходят из следующих условий : водозабор должен располагаться как можно ближе к водопотребителю; размещать водозабор следует таким образом, чтобы не мешать проведению намеченных водохозяйственных мероприятий на водоисточнике и не ущемлять интересы других водопотребителей и водопользователей ; топографические, гидрологические, геологические и гидрогеологические условия должны быть приемлемы для строительства и эксплуатации водозаборных сооружений; техническое решение водозаборного узла и всей системы водоснабжения должно быть экономичным , а сооружения - простыми и доступными в период эксплуатации санитарная охрана - надежной и не дорогостоящей.

2.1. Возможные источники загрязнения речной воды

Качество забираемой воды из реки оказывает влияние на стоимость ее дальнейшей очистки до требуемых норм: чем хуже качество воды, тем больше стоимость ее очистки. Водозаборные сооружения должны обеспечивать защиту системы водоснабжения от попадания в нее наносов, сора, планктона, шуги и т.п. Поэтому места расположения водозаборов, особенно хозяйственно-питьевого назначения, должны выбираться с учетом возможных постоянных и временных источников загрязнения речной воды.

К местам поступления в реку различного рода загрязнений относятся:

-выпуск сточных вод;

-населенный пункт;

-стоянка судов;

-товарно-транспортные базы и склады;

-овраги вблизи поймы реки;

-впадение в реку притоков.

Водозаборы устраиваются выше этих мест по течению реки.

Запрещается устраивать водозаборы в местах нагона и скопления плавника и водорослей, которые не только ухудшают качество воды, но и затрудняют работу водоприемных отверстий.

Запрещается устраивать водозаборы в акваториях портов и бухтах, качество воды в которых, как правило, значительно хуже, чем в основном потоке реки.

2.2. Русловые деформации реки и устойчивость берегов.

Размещение водозаборов при различных типах русловых процессов может быть принято по рекомендации И.В.Попова. В любом случае должны быть обеспечены устойчивость водозаборного сооружения и возможность забора воды при уровнях и расходах воды расчетной обеспеченности.

Берег в месте размещения водозабора должен быть устойчивым. Глубина воды у берега при расчетном горизонте низких вод (ГНВ), должна быть достаточной. Желательно, чтобы берег был вогнутым, к нему направлены струи наиболее чистой воды. Хотя вогнутый берег систематически подмывается, однако его разрушение от размыва можно предупредить противоразмывным укреплением. Затраты на берегоукрепительные работы вполне компенсируются компактностью и малыми размерами водоприемных сооружений (которые можно осуществить только у вогнутого берега) и небольшими издержками при их эксплуатации.

Речной водозабор не следует размещать у выпуклого берега, который заносится отложениями. В этом случае водоприемные сооружения пришлось бы строить больших размеров (чтобы достичь достаточной глубины русла), к ним поступала бы вода худшего качества, работа их отличалась бы низкой надежностью (в предельном случае сооружения могут быть погребены наносами) и сопровождались бы высокими эксплуатационными затратами.

Места перекатов обладают теми же недостатками, что и выпуклые берега. В местах перекатов через некоторое время могут образовываться плесы, а если на плесе устроить водоприемник, то в этом месте может возникнуть перепад. Прямые участки равнинных рек в большинстве случаев также малопригодны для устройства водозабора, так как отличаются непостоянством русла.

На участках разветвления реки, изобилующих островами, водозабор рекомендуется размещать на устойчивом главном течении. Его не следует располагать на берегах с тяжелыми геологическими и гидрогеологическими условиями, неблагоприятно влияющими на устойчивость русла и сооружений и требующими увеличения глубины заложения фундаментов, что усложняет строительные работы и удорожает стоимость сооружений.

Желательно, чтобы вогнутый берег реки имел умеренную кривизну ($R \geq 4B$, где R - радиус закругления, B - ширина русла реки).

На средних и малых реках с шуголедовым режимом небольшой интенсивности необходимо размещать водоприемники за пределами участков русла с интенсивным, а иногда и жильным перемещением наносов, причем в этом случае можно руководствоваться только чисто гидравлическими соображениями, располагая водозабор в пределах средней трети, а при более интенсивном шуголедовом режиме - третьей четверти длины кривой.

2.3. Ледовая обстановка

Внутриводный лед и шуга, особенно при образовании шугозажоров и заторов, не только усложняют условия забора воды из реки, но и могут полностью прекратить поступление ее в водозаборное сооружение. Поэтому в этих местах устройство водозаборов не допускается. Участки реки, имеющие в зимний период времени открытую свободную поверхность, способствуют образованию шуги, поэтому водозабор следует располагать выше порожистых мест, быстрин и мостов с русловыми опорами, поскольку эти участки подвержены интенсивному подводному льдообразованию.

Не рекомендуется также размещать водоприемные сооружения водозаборов на участках нижнего бьефа ГЭС, непосредственно прилегающих к гидроузлу.

2.4.Движение наносов.

Взвешенные и особенно донные наносы затрудняют работу водозаборов, способствуют заилению не только самотечных труб, но и самих водоприемных окон.

Запрещается устройство водозаборов в зоне жильного движения донных наносов, на подпертых участках реки и в верховьях водохранилища (участки обильного выпадения взвешенных наносов). На устьевых участках рек, впадающих в море, необходимо учитывать движение наносов воды при ветрах.

2.5.Учет интересов других водопользователей реки

Река, как правило, используется не только для целей водоснабжения и водоотведения, но и для других отраслей народного хозяйства и т.п. Поэтому место установки водозаборного сооружения и его конструкция должны приниматься с учетом интересов других водопользователей.

Запрещается устройство водоприемников водозабора в местах зимовья и нереста рыбы, особенно на реках, имеющих рыбохозяйственное значение, во избежании создания условий, могущих повлечь массовую гибель рыбы.

Не допускается устраивать водоприемники водозабора в пределах зон движения судов, сплава плотов, чтобы не создавать помех их движению.

Водозаборные сооружения на реках и каналах должны быть запроектированы и устроены так, чтобы их расположение и форма

обеспечивали плавное обтекание их потоком, не вызывали стеснения русла и его переформирования.

2.6. Пример выбора места расположения речного водозаборного сооружения.

Как уже указывалось, речное водозаборное сооружение на р. Истре лучше всего располагать ниже впадения притока Рада, но выше впадения притока Яна. На этом участке р. Истра судоходна и является водотоком рыбохозяйственного значения.

Водозаборное сооружение следует устраивать на правом берегу р. Истры, так как в этом случае при подаче воды потребителю не придется пересекать реку. Правый берег р. Истры от г. Докучаевска до поселка городского типа (п.г.т.) Золино подвержен эрозии и процессу оврагообразования. Ниже п.г.т. Золино в районе г. Красавино р. Истра делает петлю, вогнутый берег которой может быть использован в качестве места расположения водозаборного сооружения с R > 4B. Оценивая продольные и поперечные профили реки, выбираем три расчетных створа в районе пос. Черемушский. Во всех трех створах вода одинакового качества; она характеризуется присутствием небольшого количества шуги, русловыми и береговыми деформациями +0,2 м. Толщина льда $\delta_л$ составляет 0,9 м, ледостав устойчивый. В воде присутствуют сор, дрейсена, водоросли и т.д. в количествах, создающих помехи для работы водозаборного сооружения. Высота волны $h_в$ в паводок составляет 1.2 м., в межень- 0,8 м. Скорость речного потока $V_р$ в паводок 2 м/с , в межень -1,2 м/с. Критерий формирования русла $К_ф$ = 1,6. Крупность взвешенных наносов $d_{60} = 0.1$ мм и крупность частиц дна реки $d_{10} = 0.6$ мм.

3. Оценка характеристики условий забора воды из реки

Сравнивая фактические данные о р. Истра с нормативными, можно сделать заключение о том, что условия забора воды из реки относятся:

-по взвешенным наносам (ρ = 1100 мг/л) - к средним;

-по устойчивости берегов и дна (деформации $\pm$0,2 м) - к средним;

-по толщине и характеру ледостава ($\delta_{\cdot}$ = 0,9 м, ледостав устойчивый) - к средним;

-по шуге (небольшое количество) - к легким;

-по загрязненности воды (присутствуют сор, дрейсена, водоросли, вызывающие помехи) - к средним;

-по судоходству (судоходная река) - к средним.

Окончательно природные условия забора воды из р. Истра следует отнести к средним.

4. Определение технологической схемы речного водозаборного сооружения

Технологическая схема водозабора должны обеспечивать 1-ю категорию надежности подачи воды в средних условиях. Определим возможные варианты водозаборного сооружения, способного обеспечить надежный отбор из водоисточника расчетного расхода воды и подачу его потребителю. Таких вариантов возможно три.

ПЕРВЫЙ ВАРИАНТ - береговые незатопляемые водоприемники с водоприемными отверстиями, всегда доступными для обслуживания, с необходимыми ограждающими и вспомогательными сооружениями и устройствами, расположенными в одном створе (береговой водозабор);

ВТОРОЙ ВАРИАНТ - затопленные водоприемники всех типов, удаленные от берега, практически недоступные в отдельные периоды года, в количестве нескольких штук, снабженные средствами борьбы с шугой, наносами и имеющие другие затруднения забора воды (русловый водозабор с несколькими водоприемниками);

ТРЕТИЙ ВАРИАНТ - затопленные водоприемники всех типов, удаленные от берега, практически недоступные в отдельные периоды год (русловые водозаборы с одним водоприемником), при выполнении одного из следующих условий:

-размещение водоприемников в затопляемом самопромывающемся водоприемном ковше;

-подвод к водоприемным отверстиям теплой воды в количестве не менее 20% забираемого расхода и применение специальных наносозащитных устройств;

-обеспечение надежной системы обратной промывки сороудерживающих решеток, рыбозаградительных устройств водоприемников и самотечных водоводов.

Для всех вышеперечисленных вариантов необходимо предусмотреть секционирование водоприемной части водозаборного сооружения.

Определим, какой из вариантов водозаборного сооружения можно разместить в каждом из трех створов. Для этого проведем предварительную прикидку по размещению водоприемного окна в каждом из них.

Практика проектирования показывает, что водоприемные окна без особых сложностей удается расположить в тех местах, где глубина реки не меньше 2-3 м. Следовательно, в первом створе отметка дна реки в месте устройства водоприемных окон должна быть:

-в зимнюю межень обеспеченностью р = 97% для поддержания требуемой глубины $H_{тр}$=2,0 м под сплошным ледовым покровом толщиной $\delta_{л}$=0,9 м:

$$\nabla Z_{gp} \leq \nabla до,, - \delta_{л} - 2.0 = 135.05 - 0.9 - 2.0 = 132.15$$

-в летнюю межень обеспеченностью р = 97% для обеспечения требуемой глубины $H_{тр}$ = 2,0 м под ложбиной волны высотой $h_в$ = 0,8 м.

$$\Delta Z_{gp} \leq_{\nabla} дне - 0.5 \times h_{‰} - 2.0 = 133.35 - 0.5 \times 0.8 - 2.0 = 130.95$$

Из двух отметок выбираем минимальную (130,95), т.к. она отвечает обоим требованиям.

Определяем горизонтальное расстояние между вертикалью соответствующей этой отметке дна, и урезом воды в паводок (при ГВВ = 140,20). Если это расстояние не превышает 20-30 м , то следует предусматривать устройство водозабора берегового типа. Если же оно больше 30-40 м, то следует проектировать устройство водозабора руслового типа.

Для 1-го створа это расстояние составляет 16,25 м. Поэтому в 1-м створе можно предусмотреть устройство водозабора берегового типа.

Аналогичное расстояние во 2-м створе составляет 36,0 м.

Таким образом, во 2-м следует устанавливать водозабор руслового типа. Его можно выполнить или по второму варианту (с двумя водоприемниками) или по третьему варианту (с одним водоприемником, но при выполнении или второго, или третьего дополнительного условия).

Анализ 3-го створа показывает, что из-за малой глубины р. Истра в летнюю межень в 3-м створе нельзя разместить водоприемное отверстие (глубина воды меньше $H_{тр}$ =2.0 м). Поэтому для организации забора воды в 3-м створе требуется или устроить ковшевой водозабор (третий вариант с первым дополнительным условием), или соорудить дамбы и шпоры для поднятия уровня воды в реке, или углубить дно последней.

5. Схема речного водозаборного сооружения руслового типа

Рассмотрим подробно водозаборное сооружение руслового типа, которое включает многие элементы, присущие водозаборам других типов.

Водозабор размещается во втором створе, расположенном от площадки ОС на расстоянии l = 7,5 км по трассе водовода.

Механические характеристики грунтов основания под береговым колодцем следующие:

-плотность (объемная масса) в сухой части (над ГВ в реке) $\rho_{c.r.}$=1800 кг/м^3; в мокрой части (ниже ГВ в реке) $\rho_{m.r.}$=2000 кг/м^3;

-угол внутреннего трения: $\varphi_{c.r.}$= 36°, $\varphi_{m.r.}$= 26°.

Русловой водозабор состоит из затопленного водоприемника (оголовка) и берегового колодца, соединенных между собой самотечными трубами. В береговом колодце размещается насосная станция 1-го подъема (водозабор совмещенного типа). Такая схема позволяет значительно снизить длину всасывающих труб, обеспечить каждый насос своей всасывающей линией, а обслуживание и водоприемной части водозабора, и НС 1-го подъема производить одним и тем же персоналом.

Русловый водозабор предусмотрен двухсекционным, каждая из секций является рабочей, резервных секций нет. Вода из реки принимается двухсекционным затопленным водоприемником (оголовком) и по самотечным трубам подается в береговой колодец. Перегородкой береговой колодец разделен на две части: собственно водозабор (так называемая "мокрая" часть колодца) и НС 1-го подъема (так называемая "сухая" часть колодца). Водозаборная часть колодца перегородкой разделена на две равные секции, которые могут соединяться друг с другом с помощью перепускного клапана. Каждая из секций водозабора фильтрующей сеткой разделена на две камеры: приемную (аванкамеру) и камеру всасывания. При применении вращающейся сетки в водозаборной части берегового колодца образуется еще и сеточная камера.

Речная вода через оголовок и по самотечным трубам попадает в аванкамеру, а профильтрованная через сетку - в камеру всасывания. Каждая

секция водозабора обслуживается двумя насосами с собственными всасывающими трубами. Напорные линии всех четырех насосов объединены в общий коллектор, подающий воду в водоводы. На водоводах вне берегового колодца установлены камеры переключения, где осуществляется подключение труб для подачи промывного расхода при обратной промывке самотечных труб. На самотечных трубах предусмотрена установка колонн для импульсной или гидропневматической промывки труб. Над береговым колодцем расположен павильон, снабженный двумя подъемными механизмами: для водозабора и для НС 1-го подъема. Отбор воды на собственные нужды водозабора ($Q_{сн}$) производится из напорных труб.

Из реки до камеры всасывания включительно движение воды осуществляется самотеком за счет образующейся разницы уровней воды в реке и камерах ($Z_р>Z_{ак}>Z_{квс}$), затем движение воды происходит в напорном режиме по всасывающим и напорным трубам, напорному коллектору и водоводам.

Принятая схема подключения насосов НС-1 к водозабору и обвязке их трубами соответствует нормативным требованиям к количеству рабочих и резервных насосов, т.к. в НС 1-й категории надежности на два рабочих насоса предусматривается установка двух резервных насосов (для НС 2-й и 3-й категорий надежности на два рабочих насоса должен быть предусмотрен один резервный и тогда размещение насосов в колодце и их обвязка трубами будут другими).

Для принятой технологической схемы водозабора должны быть выполнены:

-гидравлические расчеты: определение размеров водоприемных окон, диаметров всех труб, рабочей площади фильтрующих сеток, характерных отметок водозаборного сооружения;

-статические расчеты: определение размеров оголовка и берегового колодца, устойчивости оголовка, самотечных труб и берегового колодца;

-проверка на размыв дна реки около оголовка;

-расчет промывки самотечных труб;

-подбор оборудования (типы решеток, сеток, насосов, задвижек, обратных клапанов, рулевых колонок, затворов и подъемных механизмов).

5.1. Расчетные расходы водозабора.

При гидравлическом расчете поверхностного водозабора следует различать два расчетных режима его работы:

1) нормальный (эксплуатационный) режим - одновременная работа всех рабочих секций водозабора, кроме резервных, если они имеются (в нашем случае их нет) ;

2) аварийный режим - временное отключение одной из рабочих секций на ремонт или ревизию.

Кроме того, при применении промывки самотечных труб обратным током воды должен быть рассчитан и этот режим работы водозабора.

Схемы распределения потока по элементам водозабора при различных режимах показаны на рис.7.

Размеры элементов водозаборного сооружения определяются применительно к эксплутационному режиму, а потери напора и связанные с ними наименьшие отметки уровней воды в камерах берегового колодца и наибольшей допустимой отметки оси насосов - применительно к аварийному.

Расчетный расход воды при эксплутационном режиме может быть вычислен так:

$$Q_Э = \frac{1+\sigma}{3600 \cdot n} \cdot W_r$$

где W_r - полезная часовая подача водозабора (расход воды, подаваемой на ОС);

$W_r = 5400$ м^3/ч;

n - количество рабочих секций (кроме резервных), в принятом к расчету варианте технологической схемы n = 2;

σ- коэффициент, учитывающий потребности водозабора в воде на собственные нужды.

Рекомендуется принимать σ = 0,03...0,08 в зависимости от качества воды в источнике и типов фильтрующих сеток. Меньшие значения σ принимают при слабой загрязненности воды и применении вращающихся сеток. В нашем случае (при средней загрязненности воды и применении вращающихся сеток) принимаем σ= 0,06 (6%).

Тогда

$$Q_э = \frac{1+0.06}{3600\times 2}\times 5400 = 0.795 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Расчетный расход при аварийном режиме

$$Q_a = \frac{Q_э \times n}{n-1}\times \Psi ,$$

где Ψ - коэффициент, учитывающий допустимое временное снижение производительности водозабора при отключении одной из рабочих секций на ремонт или ревизию.

Рекомендуется принимать для водозаборов II и III категорий надежности 1 > Ψ > 0.7, а для водозаборов I категории Ψ = 1; в нашем случае Ψ = 1. Тогда

$$Q_a = \frac{0.795\times 2}{2-1}\times 1 = 1.59 \text{ м}^3/\text{с}.$$