

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства»

ВОДОЗАБОРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ ИЗ ПОВЕРХНОСТНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Рекомендовано Редсоветом университета
в качестве учебного пособия
для использования студентами дневной и заочной форм обучения
специальности 270112 «Водоснабжение и водоотведение»
при изучении курса «Водоснабжение», а также для студентов,
обучающихся в магистратуре по направлению 270800 «Строительство»

Пенза 2013

УДК 628.11:556.5(075.8)

ББК 38.774:26.22я73

В62

Рецензенты: кандидат технических наук, доцент кафедры «Водоснабжение, водоотведение и гидротехника» ПГУАС И.Г. Ладайкина;
заместитель технического директора по новой технике и инвестициям ООО «Горводоканал» г.Пензы П.В. Пивоваров

Авторы: Б.М. Гришин,
С.А. Кусакина,
М.А. Сафронов,
М.В. Бikuнова,
Е.А. Титов

Водозаборные сооружения из поверхностных источников:
В62 учеб. пособие / Б.М. Гришин [и др.]. – Пенза: ПГУАС, 2013. – 196 с.

Изложены схемы и типы водозаборов, вопросы гидравлического расчета водозаборных сооружений, проектирования и расчета самотечных и сифонных водоводов. Рассмотрены особенности расчета, конструирования и проектирования водоприемников водозаборных сооружений, вопросы конструирования береговых колодцев. Приведены расчеты основного оборудования насосных станции первого подъема, а также принципы подбора основного и вспомогательного оборудования водозаборных сооружений. Даны сведения о зонах санитарной охраны водозаборных сооружений из поверхностных источников водоснабжения.

Учебное пособие подготовлено на кафедре «Водоснабжение, водоотведение и гидротехника» и предназначено для использования студентами дневной и заочной форм обучения специальности 270112 «Водоснабжение и водоотведение» при изучении курса «Водоснабжение», а также для студентов, обучающихся в магистратуре по направлению 270800 «Строительство» (программы «Совершенствование методов водоподготовки» и «Водоснабжение населенных пунктов и промышленных предприятий»).

© Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства, 2013

ПРЕДИСЛОВИЕ

В соответствии с государственным образовательным стандартом дисциплина «Водоснабжение» является одной из основных специальных дисциплин, изучаемых студентами профиля «Водоснабжение и водоотведение» всех форм обучения. Программа дисциплины включает изучение природных источников водоснабжения, водозаборных сооружений из подземных и поверхностных источников. Курс «Водозаборные сооружения» является одним из специальных разделов дисциплины «Водоснабжение». Усвоение данного курса базируется на знаниях, полученных при изучении гидравлики, гидротехнических сооружений, гидрологии, геологии, насосов и насосных станций, химии воды и ряда других дисциплин. В процессе изучения данной дисциплины студенты выполняют курсовой проект по водозаборным сооружениям.

В настоящем учебном пособии представлены материалы, необходимые для расчета и проектирования водозаборных сооружений из поверхностных источников.

Учебное пособие состоит из девяти разделов и шестнадцати приложений.

Первый раздел посвящен выбору поверхностного источника водоснабжения и места расположения водозаборных сооружений.

Во втором разделе приведены схемы и типы водозаборов, а также методика построения профиля дна и береговой зоны в створе водозабора.

В третьем разделе рассмотрены вопросы гидравлического расчета водозаборных сооружений, связанные с определением производительности водозаборных сооружений, и размеров водоприемных окон береговых колодцев.

Четвертый раздел посвящен проектированию и расчету самотечных и сифонных водоводов.

В пятом разделе представлены особенности расчета, конструирования и проектирования водоприемников водозаборных сооружений.

В шестом разделе проанализированы и рассмотрены вопросы конструирования береговых колодцев.

В седьмом разделе приведены расчеты основного оборудования насосных станций первого подъема, а также принципы расчета трубопроводов насосных станций и напорных водоводов.

В восьмом разделе изложены вопросы подбора основного и вспомогательного оборудования водозаборных сооружений.

В девятом разделе даны сведения о зонах санитарной охраны водозаборных сооружений из поверхностных источников водоснабжения.

ВВЕДЕНИЕ

Целью настоящего пособия является оказание помощи студентам очной и заочной форм обучения по специальности «Водоснабжение и водоотведение» при разработке курсового проекта по водозаборным сооружениям из поверхностных источников.

В пособии даются рекомендации по выбору типа водозаборных сооружений, их расчету и конструктивному оформлению.

Курсовой проект должен состоять из расчетно-пояснительной записки объемом 25–30 страниц машинописного текста и графической части в виде чертежей объемом 1–1,5 листа формата А1.

В расчетно-пояснительной записке должны быть представлены:

- 1) исходные данные для проектирования;
- 2) обоснование выбранного типа водозаборного сооружения с описанием его конструкции и основных элементов;
- 3) данные гидравлических расчетов;
- 4) определение габаритных размеров водозаборного сооружения и его элементов;
- 5) выбор параметров основного и вспомогательного оборудования;
- 6) расчет водозаборного сооружения на устойчивость и всплытие;
- 7) мероприятия по рыбозащите, борьбе с шугой, донным льдом, наносами и другими помехами;
- 8) обоснование выбора и расчет способа промывки решеток, сеток и самотечных линий;
- 9) методы производства работ по строительству основных сооружений;
- 10) мероприятия по берегоукрепительным работам вблизи водозабора;
- 11) мероприятия по организации зон санитарной охраны.

Графическая часть проекта включает:

- 1) генеральный план водозаборных сооружений с нанесением зон санитарной охраны, подъездных путей, зеленых насаждений и необходимых подземных коммуникаций в масштабе 1:500;
- 2) схему комплекса водозаборных сооружений (профиль по оси сооружений и их план) в масштабе 1:200 или 1:500;
- 3) план и разрезы водозаборных сооружений в масштабе 1:50, 1:100;
- 4) план и разрезы деталей элементов водозаборного сооружения в масштабе 1:100, 1:50, 1:25;
- 5) рабочие чертежи одного из элементов оборудования (решетки, сетки, рыбозащитные устройства и т.п.) в масштабе 1:5, 1:10;
- 6) спецификацию материалов (труб, фасонных частей) и оборудования водозабора.

1. ВЫБОР ПОВЕРХНОСТНОГО ИСТОЧНИКА ВОДОСНАБЖЕНИЯ И МЕСТА РАСПОЛОЖЕНИЯ ВОДОЗАБОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Поверхностными источниками водоснабжения для хозяйственно-питьевого водопользования и производственных целей служат реки, водохранилища, озера и моря. Вид источника определяет тип водозаборного сооружения, а цель использования воды – его назначение. При выборе источника водоснабжения учитывают требования к составу и свойствам воды поверхностных источников, используемых для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения (табл. 1.1), соответствие качества воды требованиям потребителей, условия забора воды, а также технико-экономические показатели, определяющие эффективность принятого решения.

Т а б л и ц а 1.1

Требования к составу и свойствам воды поверхностных источников,
используемых для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения

Показатель состава и свойств воды	Централизованное и нецентрализованное хозяйственно-питьевое водоснабжение населенных пунктов и предприятий
1	2
Содержание взвешенных веществ за счет загрязнения сточными водами	Допускается увеличение не более чем на 0,25 г/м ³ . Для водоемов, содержащих в межень более 30 г/м ³ природных минеральных веществ, – в пределах 5 % этих величин
Скорость выпадения взвесей	Не допускается более 0,4 мм/с для проточных водоемов и более 0,2 мм/с для водохранилищ
Плавающие примеси (вещества)	Не допускаются на поверхности водоемов плавающие пленки, пятна минеральных масел, скопление других примесей
Запах и привкус	Не допускается интенсивность более 2 баллов при непосредственном использовании или при последующем хлорировании
Окраска	Не должна обнаруживаться в столбике воды 20 см
Летняя температура воды после спуска сточных вод	Не должна повышаться более чем на 3°С по сравнению с максимальной температурой воды летом
Водородный показатель	Не должен выходить за пределы 6,5–8,5 рН
Минеральный состав	Не должен превышать по плотному остатку 1000 г/м ³ , в том числе хлоридов 350 г/м ³ , сульфатов 500 г/м ³
Содержание растворенного кислорода	Не должно быть менее 4 г/м ³ в любой период года в пробе, отобранной до 12 ч дня

Окончание табл. 1.1

1	2
Биохимическая потребность в кислороде (БПК)	БПК _{полн} при 20°С не должна превышать 3 г/м ³
Возбудители заболеваний	Не должны содержаться. Сточные воды, содержащие возбудителей заболеваний, должны подвергаться обеззараживанию перед спуском в водоем. Методы обеззараживания и предварительной очистки должны согласовываться с органами санитарного надзора в каждом отдельном случае
Ядовитые вещества	Не должны содержаться в концентрациях, могущих оказать прямо или косвенно вредное воздействие на организм и здоровье человека

Качество воды в реке оценивают в створе, удаленном от намеченного водозаборного узла на расстояние не менее 1 км выше по течению, а на непроточных водоемах и водохранилищах – на расстояние 1 км в обе стороны от водозабора.

На тип водозабора большое влияние оказывают природные условия источника водоснабжения: количество взвешенных веществ, инженерно-геологические характеристики берега и дна водоема, наличие циркуляционных течений воды, форма русла в поперечном сечении и крутизна берега, наличие шуги и льда в потоке, а также наличие лесосплава и судоходства (табл.1.2).

Таблица 1.2

Природные условия забора воды из поверхностных источников

Условия забора воды	Характеристика условий забора воды
1	2
Легкие условия забора	Водоемы с содержанием взвешенных веществ (мутностью) не выше 500 мг/л, имеющие устойчивое ложе, умеренный (толщиной до 0,8 м) и устойчивый ледостав. Внутриводное льдообразование (шуга) и обрастание (дрейсены, болянусы, мидии и водоросли) в них отсутствуют. Содержание загрязнений и сора незначительно
Средние условия забора	Водоемы, мутность в которых за период паводка не превышает 1500 мг/л, русло и берег устойчивые, с сезонными деформациями ±0,3 м. Перемещение наносов вдоль берега не влияет на устойчивость подводного склона русла. Внутриводный лед образуется лишь перед ледоставом. Толщина льда – до 1,2 м, образуются полыньи. В водоемах имеются сор, водоросли, болянусы, мидии и загрязнения. Водоемы судоходны, по ним может осуществляться лесосплав молевой и плотами

1	2
Тяжелые условия забора	Водоемы с мутностью до 5000 мг/л, подвижным руслом, переформированием берегов и дна на глубину до 1...2 м. В них происходит переработка берега с вдольбереговым перемещением наносов по склону переменной крутизны. Ледяной покров формируется неоднократно. Шугозаполнение русла при ледоставе доходит до 60...70% площади сечения водотока. Иногда имеют место зажоры перед ледоставом и ледяные заторы весной. Образуются навалы льда на берега и торосы с заполнением шугой прибрежной зоны, чаще это наблюдается на участках нижних бьефов ГЭС в зоне неустойчивого ледового покрова. Работу водозабора и сооружений водопровода затрудняют наличие сора, обрастаний и загрязнений
Очень тяжелые условия забора	Водоемы, мутность в которых выше 5000 мг/л, русло неустойчиво, систематически и случайно изменяет форму, переработка берегов интенсивная и значительная. Наблюдаются (или вероятны) оползневые явления. Ледяной покров формируется только при зажорах, вызывающих подъем воды в источнике, под ледяным покровом происходит транзит шуги в течение большей части зимы. Возможны образования наледей и перемерзания русла. Ледоход сопровождается заторами и большими навалами льда на берега. При приливах и отливах образуются шуга, обрастания; сор и плавающие загрязнения значительно затрудняют работу водозаборных сооружений

П р и м е ч а н и е . Общая характеристика условий забора воды определяется по наиболее тяжелым из них.

Дебит поверхностного источника при естественном его стоке или регулировании должен обеспечивать потребность в воде с учетом перспективного роста водопотребления. Поверхностные источники используются для хозяйственно-питьевого водоснабжения только при недостаточном дебите подземных источников.

Относительный водоотбор из реки определяется по формуле

$$\alpha = \frac{Q_{\text{в}}}{Q_{\text{min}}^{\text{p}}} \cdot 100 \%, \quad (1.1)$$

где $Q_{\text{в}}$ – производительность водозаборных сооружений, м³/с;

$Q_{\text{min}}^{\text{p}}$ – минимальный расход воды из реки, м³/с;

α – относительный водоотбор из реки.

Считается, что при водоотборах из рек равнинного типа, не превышающих 25 % расчетного минимального расхода воды в источнике, можно применять обычные береговые или русловые водозаборы с затопленным или незатопленным водоприемником. При водоотборах,

достигающих 25...75 % минимального расчетного расхода воды в источнике, использование таких водозаборных сооружений возможно только на незашугованных открытых участках источника с особо благоприятными формой и состоянием русла.

Чаще бывает необходимо строительство русловыправительных и руслорегулирующих сооружений. Значение относительного водоотбора зависит от типа водоприемника, глубины воды при Q_{\min}^p и её уменьшения после отбора воды, особенностей русла и шуголедовых условий.

При производительности водозабора, превышающей предельный относительный водоотбор, или при недостаточной глубине воды в реке в состав сооружений включают водоподъемную плотину либо в отдельных случаях водоприемный ковш.

Расчетная обеспеченность максимальных и минимальных уровней воды в поверхностном источнике находится в зависимости от категории надежности подачи воды. Необходимо учитывать, что количество отбираемой воды должно назначаться с учетом минимальных расчетных расходов воды в реке.

По характеру водопотребления и требуемой обеспеченности подачи воды водозаборные сооружения разделяют на три категории (табл.1.3). Категория некоторых типов водозаборных сооружений может быть повышена или понижена в связи с изменением условий забора воды, с применением специальных устройств, повышающих надежность работы водозаборных сооружений.

На выбор источника водоснабжения, конструкцию водозаборных сооружений влияет и характеристика самого водотока в зимний период времени.

Льдообразование в водоисточнике имеет место при скоростях течения $V < 0,4-0,5$ м/с при температуре T от 0°C до -10°C . Неустойчивое состояние бывает при $0,5 < V < 0,7$ м/с при T от -10°C до -20°C ; при $V > 0,7-0,8$ м/с образование льда практически невозможно. В непроточном водоеме ледяной покров образуется при охлаждении всей массы воды до температуры $T = 4^\circ\text{C}$, при которой плотность воды максимальная $\rho = 1000$ кг/м³ (удельный вес воды $\gamma = 9806,65$ Н/м³).

В водотоках с открытой водной поверхностью при скоростях течения $V < 0,5-0,7$ м/с происходит переохлаждение воды до температуры, близкой к нулю, и создаются благоприятные условия для образования шуги и донного льда. Двигаясь внутри потока, шуга забивает отверстия входных решеток водоприемников, затрудняет доступ в них воды и вызывает дополнительные потери напора.

Таблица 1.3

Категории водозаборных сооружений

Категория	Характеристика обеспеченности подачи воды	Обеспеченность, %		
		расчетного расхода воды в водоисточнике	расчетного уровня воды в водоисточнике	
			максимального	минимального
I	Допускается снижение подачи воды на хозяйственно-питьевые нужды не более 30 % расчетного расхода воды и на производственные нужды до предела, устанавливаемого аварийным графиком работы предприятий; длительность снижения подачи не должна превышать 3 сут. Перерыв в подаче воды или подача ниже указанного предела допускается не более чем на 10 мин	95	1	97
II	Допускаемое снижение подачи воды то же, что и при I категории; длительность снижения подачи не более 10 сут. Перерыв в подаче воды или подача ниже указанного предела – до 6 ч	90	3	95
III	Допускаемое снижение подачи воды то же, что и при I категории; длительность снижения подачи воды не должна превышать 15 сут. Перерыв в подаче воды или подача ниже указанного предела – до 24 ч	85	5	90

Примечание. Объединенные хозяйственно-питьевые и производственные системы водоснабжения населенных пунктов при числе жителей в них более 50 тыс. человек следует относить к I категории; от 5 до 50 тыс. человек – ко II категории; менее 5 тыс. человек – к III категории.

Шуговые явления оцениваются по табл. 1.4.

Т а б л и ц а 1.4

Классификация шуговых явлений

Количество шуги в % от живого сечения водотока	Период шугохода $T_{ш}$ в днях	Характеристика шуговых явлений	Оценка шуговых явлений в баллах
1	2	3	4
до 25	до 3	Без образования шуговых ковров, шуга транспортируется только в верхнем слое воды	1
от 25 до 50	до 7	Образование шуговых ковров, транспортирование шуги в верхней половине живого сечения	2
от 50 до 70	более 7	Образование шуговых ковров, затопление живого сечения потока внутри водяным льдом	3

При проектировании водоприемников водозаборных сооружений разрабатываются мероприятия по защите от льда сооружений, подверженных действию поверхностного, глубинного или же того и другого льда.

Гидробиологические процессы, происходящие в источниках, могут оказывать влияние на работу водозаборных сооружений. К гидробиологическим процессам относится наличие в водоемах:

– планктонных организмов растительного (фитопланктон) и животного (зоопланктон) происхождения, наличие губок, моллюсков дрейссены и т.п.;

– полупогруженных и погруженных растений, водорослей и другой водной растительности (хвощ топяной, камыш, рдест блестящий, сине-зеленые водоросли и т. п.)

– болезнетворных (патогенных) бактерий.

Согласно правилам выбора и оценки источников водоснабжения, количество кишечных палочек в 1 л воды (коли-индекс) не должно превышать: 1000 – для источников, намечаемых к использованию только с хлорированием воды, и 10000 – для источников с полной очисткой и с хлорированием воды.

С учетом роста водопотребления выбор источника водоснабжения, его рациональное использование, защита от загрязнения и истощения

тесно связаны с местом расположения водозаборных сооружений, которое следует выбирать как можно ближе к потребителю с учетом санитарных требований, возможности расширения границ объекта водоснабжения и организации зон санитарной охраны.

Количество и качество воды в источнике должны соответствовать требованиям потребителей.

Топографические, гидрологические, геологические и гидрогеологические условия должны соответствовать требованиям строительства и эксплуатации сооружений.

Водозабор следует располагать на достаточно устойчивом участке реки. Прием воды целесообразно производить у вогнутого берега выше выпусков сточных вод, населенных пунктов, стоянок судов, баз и складов.

В системах хозяйственно-питьевого водоснабжения, а также в системах производственного водоснабжения для предприятий пищевой отрасли народного хозяйства водоприемные сооружения строят выше объекта, считая по течению реки (рис.1.1,а).

Во многих случаях для технологических нужд промышленных предприятий допускается неосветленная вода, поступающая в водоприемные сооружения, расположенные на территории объекта (рис.1.1,б).

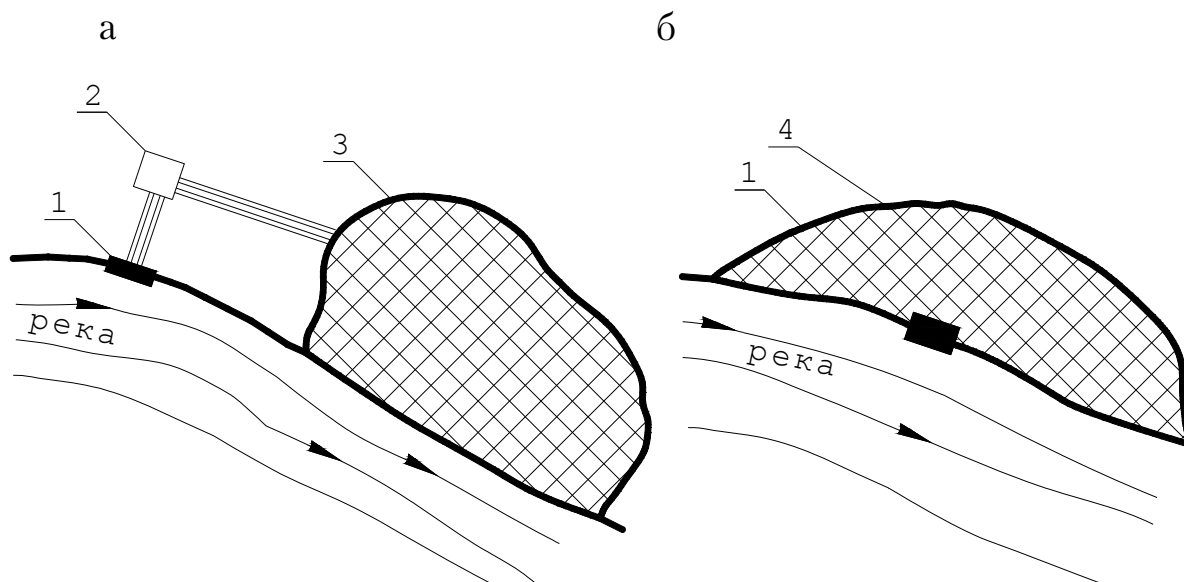


Рис. 1.1. Места расположения водозаборных сооружений:
а – для систем хозяйственно-питьевого водоснабжения;
б – для систем производственного водоснабжения
с использованием неочищенной речной воды;
1 – водозаборное сооружение; 2 – очистные сооружения и НС II;
3 – населенный пункт; 4 – промышленное предприятие

Водозабор располагают в пределах третьей четверти излучины реки, на достаточно устойчивом участке реки, характеризующемся благоприятными гидравлическими и шуголедовыми режимами речного потока. Наиболее благоприятный режим речного потока обычно наблюдается у вогнутого берега плесовых участков.

Нежелательно располагать водозабор в плесе ниже незамерзающего зимой переката. Не допускается размещать водоприемники в зоне движения судов и плотов, в местах зимовки и нереста рыб, скопления плавника и водорослей, возникновения зажоров и заторов в зоне отложения и движения донных наносов. Не рекомендуется располагать водоприемники на участках нижних бьефов ГЭС, прилегающих к гидроузлу, в верховьях водохранилищ.

Водозаборные сооружения не следует строить вблизи и ниже порогов, полыней и других очагов образования глубинного льда; вблизи оврагов и мест впадения в реку притоков, где может быть отложение наносов с образованием мели; на оползневых участках.

При выборе места расположения и типа водозаборных сооружений учитывают возможность изменения режима стока и уровней воды в реке в связи с постройкой плотин и другими мероприятиями соответственно схеме комплексного использования реки.

Место расположения, тип и схему водозаборного сооружения в судоходной или лесосплавной реке согласовывают с организацией, отвечающей за работу транспорта.

Размещение водозаборов у подножия холмов и крутых косогоров в сейсмических районах запрещается.

В водохранилищах и озерах водозаборы располагают в местах, укрытых от волн, и вне зоны замутнения воды при волнениях.

Отбор воды из рек рекомендуется осуществлять на глубинах, не меньших утроенной высоты волны. Отсчет глубины производится от расчетного минимального горизонта воды в источнике.

На морях и в крупных озерах водозаборы размещают в бухтах, огражденных акваториями, или за пределами зоны прибоя.

В северных районах водозаборы располагают на участках рек с постоянным поверхностным или подрусловым стоком и с устойчивой зоной талых грунтов.

При очень тяжелых природных условиях водозаборы размещают в двух отдельных створах источника на таком удалении друг от друга, при котором исключается одновременный перерыв подачи воды.

2. ВЫБОР ТИПА И СХЕМЫ ВОДОЗАБОРА. ПОСТРОЕНИЕ ПРОФИЛЕЙ ДНА И БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ В СТВОРЕ ВОДОЗАБОРА

Технологическая схема водозаборных сооружений, как правило, включающая водоприемник, сеточный колодец и насосную станцию I подъема, выбирается соответственно требуемому расходу воды, категории водозабора, гидрологическим характеристикам водоисточника, топографическим и геологическим условиям, требованиям санитарной инспекции, организаций рыбоохраны, водного транспорта, а также с учетом возможности увеличения производительности водозабора в перспективе. На рис. 2.1, 2.2 и 2.3 представлены основные схемы водозаборных сооружений, различающиеся местом расположения водоприемника и компоновкой основных сооружений водозабора.

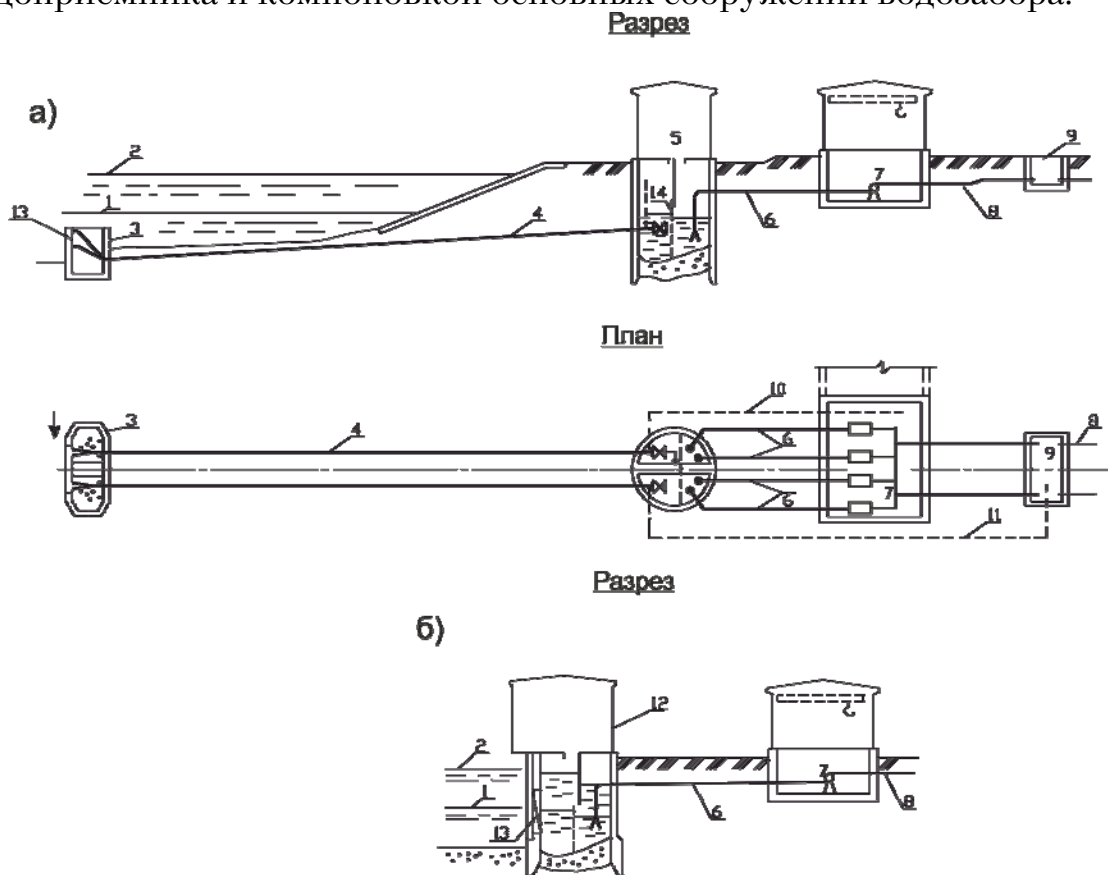


Рис. 2.1. Схемы водозаборных сооружений:
 а – раздельного типа с русловым затопленным водоприемником;
 б – то же с береговым незатопляемым водоприемником;
 1 и 2 – соответственно минимальный и максимальный уровни воды;
 3 – русловый затопленный водоприемник; 4 – самотечные водоводы;
 5 – береговой сеточный колодец; 6 – всасывающие трубопроводы;
 7 – насосная станция; 8 – напорные водоводы; 9 – камера переключений
 и предохранительной арматуры; 10 и 11 – трубопроводы для подачи воды
 на промыв решеток и самотечных водоводов обратным током воды;
 12 – береговой незатопляемый водоприемник;
 13 – решетки; 14 – плоские сетки

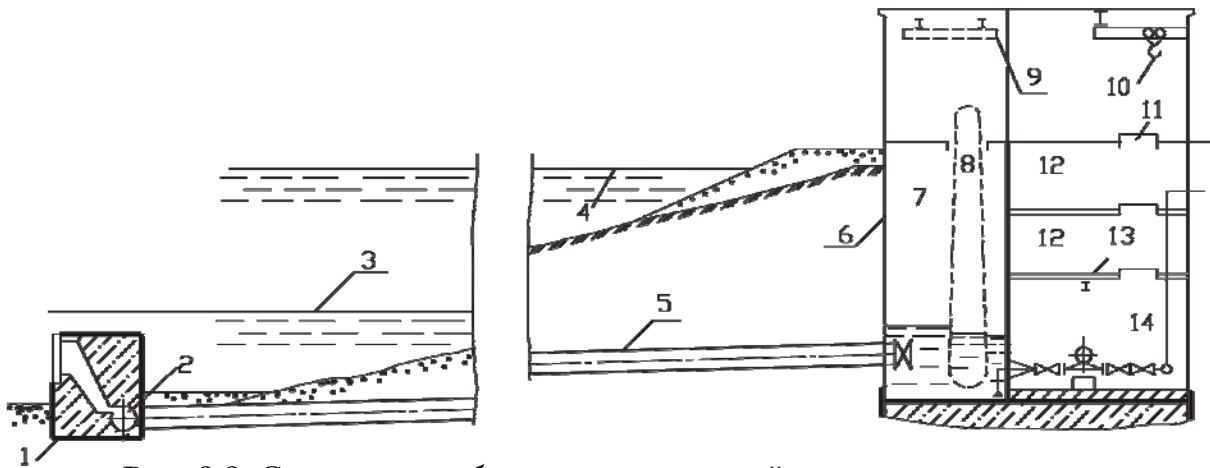


Рис. 2.2. Схема водозаборных сооружений совмещенного типа с русловым затопленным водоприемником:

- 1 – затопленный водоприемник; 2 – вихревая камера; 3 и 4 – соответственно минимальный и максимальный уровни воды; 5 – самотечный водовод; 6 – насосная станция, совмещенная с береговым колодцем; 7 – сеточное отделение; 8 – водоочистная вращающаяся сетка; 9 – подвесной однобалочный кран; 10 – таль; 11 – монтажный проем; 12 – помещения для электrorаспределительных устройств, щитов автоматики; 13 – монорельс для тали; 14 – насосное отделение

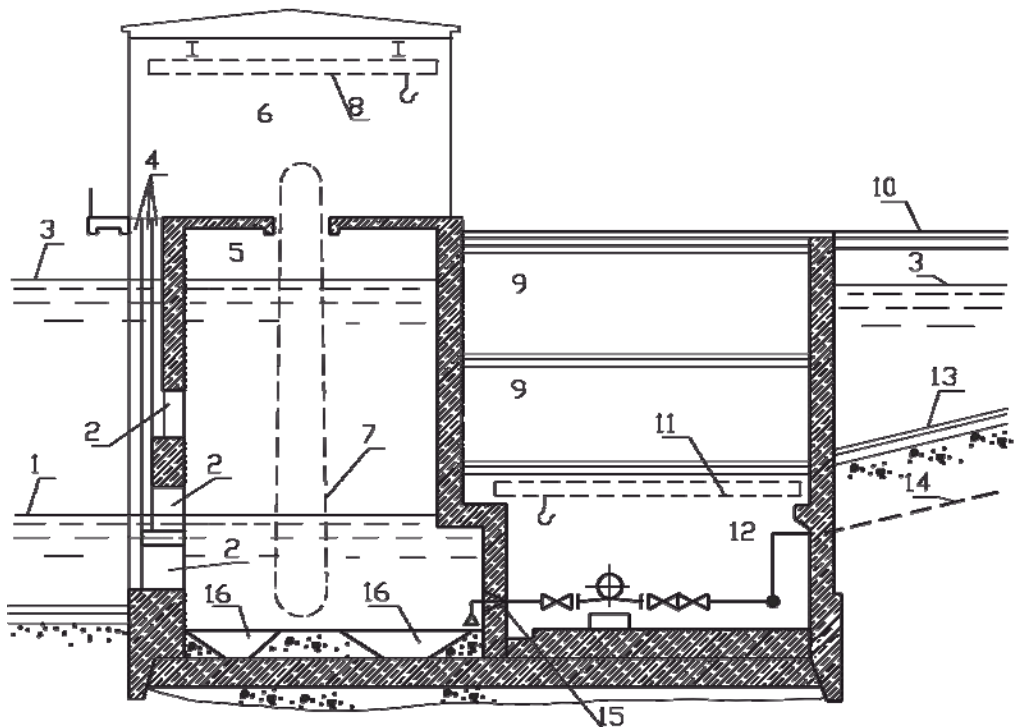


Рис. 2.3. Береговое водозаборное сооружение совмещенного типа:

- 1 и 3 – соответственно минимальный и максимальный уровни воды; 2 – водоприемные окна с решетками; 4 – пазы для установки сороудерживающих решеток, рыбозащитных сеток, затворов и для передвижения промывных устройств; 5 – водоприемно-сеточное отделение; 6 – наземный павильон; 7 – водоочистная вращающаяся сетка; 8 – подвесной кран; 9 – помещения электrorаспределительных устройств, щитов управления и сигнализации, вентиляционных устройств; 10 – служебный мост для сообщения с берегом; 11 – мостовой кран; 12 – насосное отделение; 13 – берегоукрепление; 14 – напорные водоводы; 15 – канал для сбора дренажной воды; 16 – приемки для сбора осадка

По заданным геодезическим отметкам дна и берега реки Z в створе водозабора, начиная от фарватера, в зависимости от расстояния от репера в створе реки (вертикальная ось Z , рис. 2.4) следует начертить профиль дна и береговой зоны в створе водозабора и нанести на него характерные уровни воды $Z_{лет}^{min}$ (низкий летний уровень воды в реке), $Z_{зим}^{min}$ (низкий зимний уровень воды), $Z_{зим.лед}^{min}$ (низкий уровень воды при ледоходе), $Z_{зим.лед}^{max}$ (максимальный уровень воды при ледоходе), $Z_{пав}^{max}$ (относительный уровень воды при паводке). В соответствии с заданием необходимо показать также грунты, слагающие дно и берег реки. Для удобства размещения в формате А4 вертикальный масштаб профиля реки принимается равным M_v 1:100, а горизонтальный масштаб – M_r 1:500.

Отметки профиля реки в створе расположения водозаборного сооружения приведены на рис.2.4.

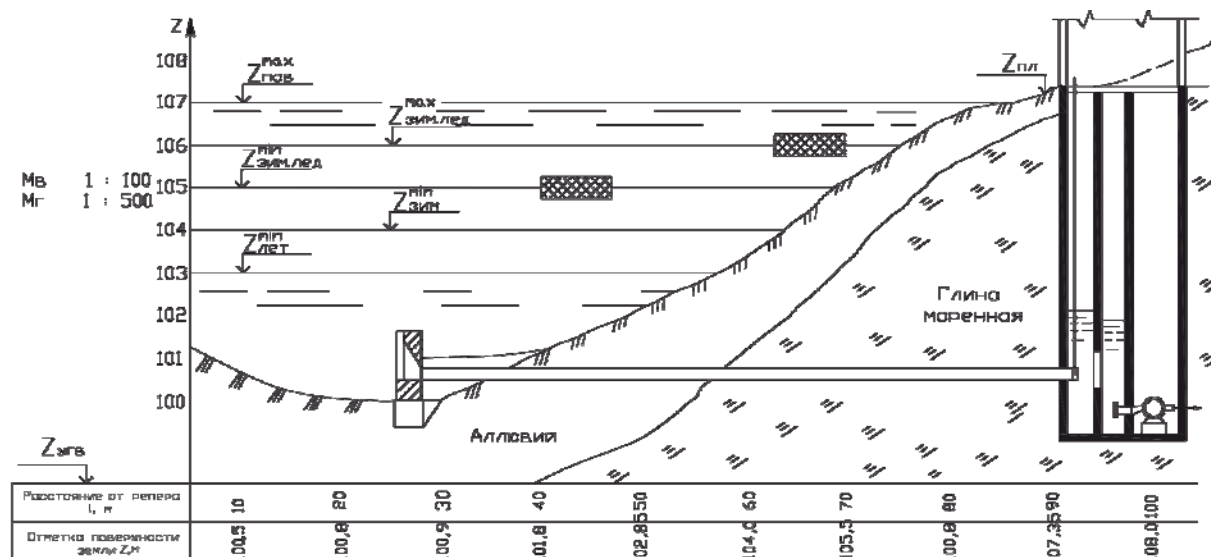


Рис. 2.4. Разрез по створу реки и принятая схема размещения элементов водозаборного сооружения

Отметка площадки для строительства берегового водоприемника или колодца должна быть выше на 0,5...1,0 м отметки максимальной расчетной обеспеченности с учетом высоты волны:

$$Z_{пл} = Z_{лет}^{max} + \frac{h_B}{2} + (0,5...1), \text{ м}, \quad (2.1)$$

где $Z_{пл}$ – отметка площадки для строительства берегового водоприемника или колодца, м;

$Z_{\text{лет}}^{\text{max}}$ – отметка максимального уровня воды в источнике, м;
 $h_{\text{в}}$ – высота волны, м. Значение $h_{\text{в}}$ принимают на основе результатов наблюдений в зависимости от волновых и ветровых нагрузок (для водотоков $h_{\text{в}} \approx 0,2 \dots 1$ м, для континентальных водохранилищ $h_{\text{в}} \approx 1 \dots 4$ м).

В месте расположения водозабора на берегу надо иметь ровную площадку, не занятую постройками.

На основании построенного профиля, данных о глубинах, грунтах и качестве воды выбирается тип водозабора (береговой, русловой, комбинированный).

Водозаборные сооружения берегового типа устраивают при наличии вблизи берега значительных глубин, обеспечивающих нормальные условия забора воды (см. рис.2.3).

Водозаборы руслового типа устраивают при пологих берегах и дне реки, когда требуемые для приема воды глубины находятся на значительном расстоянии от берега (см. рис.2.1 и 2.2).

В табл. 2.1 приведены рекомендации по выбору области применения водозаборов различных типов.

Т а б л и ц а 2.1

Область и условия применения водозаборных сооружений

№ п/п	Водозаборные сооружения	Область применения
1	2	3
1	С русловым водоприемником	Пологий берег: наличие пойменной террасы; отсутствие достаточных глубин у берега; нескальный грунт
1.1	Раздельного типа	Амплитуда колебаний уровней воды в реке до 6-8 м; допускаемая высота всасывания насосов более 3-4 м; мощность водозабора до 1 м ³ /с
1.2	Раздельного типа с сифонными водоводами	Большое заглубление самотечных водоводов на большой длине; неблагоприятные геологические и гидрогеологические условия для укладки самотечных водоводов
1.3	Раздельного типа без точного берегового колодца	Сравнительно чистый источник водоснабжения, небольшая производительность водозабора
1.4	Раздельного типа с незатопленным водоприемником	Водоснабжение крупных и ответственных объектов; забор воды с нескольких горизонтов
1.5	Совмещенного типа	Амплитуда колебаний уровней воды – более 6 м при производительности водозабора до 1 м ³ /с; при мощности 1-6 м ³ /с – амплитуда любая

Окончание табл. 2.1

1	2	3
2	С береговым водоприемником	Наличие достаточных глубин в русле у берега; крутой берег; незагрязненность воды у берега
2.1	Раздельного типа	Амплитуда колебаний уровней воды 6-8 м; допускаемая высота всасывания насосов – выше 3-4 м; мощность водозабора до 1,5 м ³ /с
2.2	Совмещенного типа	Амплитуда колебаний уровней воды – любая; мощность водозабора – любая; необходимость установки насосов под залив
2.3	Совмещенного типа с дополнительным русловым водоприемником	Загрязненность воды (в том числе бактериальная) у берега в межень и относительная небольшая загрязненность в половодье; пологий берег; нескальный грунт, амплитуда колебания уровней воды – любая; мощность водозабора от 1 м ³ /с до 4-5 м ³ /с
2.4	Совмещенного типа с облегченной подземной частью	Скальный грунт

Комбинированные водозаборы, часто состоящие из берегового и руслового водоприемников, применяются при соответствующем рельефе берега, недостаточной глубине или загрязненности воды в межень в месте берегового водозабора.

При выборе схемы одновременно выбирают совмещенную или раздельную с насосной станцией I подъема установку берегового колодца. Общая технологическая схема раздельного водозабора руслового типа независимо от вида водоема включает: 1) водоприемник; 2) самотечные или сифонные трубы; 3) сеточный береговой колодец; 4) насосную станцию I подъема; 5) камеры переключений и предохранительных приборов.

Схема раздельного водозабора берегового типа отличается от схемы водозабора руслового типа размещением водоприемника на берегу, совмещением его с сеточным береговым колодцем, который в этом случае называется береговым водоприемно-сеточным колодцем, отсутствием самотечных линий.

Предпочтение следует отдавать совмещению берегового сеточного колодца и насосной станции I подъема в одном сооружении.

Далее проверяют, соответствует ли заданной категории обеспеченности подачи воды принятая схема водозаборных сооружений.

Категории водозаборных сооружений в зависимости от природных условий забора воды, типа водоприемника и принятой схемы водозаборных сооружений приведены в табл. 2.2.

Т а б л и ц а 2.2

Рекомендуемые схемы водозаборных сооружений
и их водоприемных устройств

Требуемая категория надежности подачи воды потребителям	Рекомендуемые схемы водозаборных сооружений и их водоприемных устройств при условиях забора воды из источника		
	легких	средних	тяжелых
I	а1,а2,б3	а1,б2	б1,в1,в2
II	а3,б4	а2,б3	а1,б2
III	а4	а3,б3	а2

П р и м е ч а н и я . 1. Схема «а» предусматривает обычный секционированный водозабор, осуществляющий отбор воды из источника в одном его створе. Схема «б» – тот же секционированный водозабор, но имеющий два и более отдельных водоприемных устройства, снабженных насосами, средствами борьбы с шугой и др. Водозабор по схеме «в» устраивается в двух створах водоисточника, удаленных друг от друга на расстояние, исключающее возможность одновременного перерыва в отборе воды.

2. Цифры в таблице обозначают рекомендуемые типы водоприемных устройств водозаборов: 1 – береговые, незатопляемые водоприемники с всегда доступными для обслуживания водоприемными отверстиями, имеющие необходимые ограждающие и вспомогательные сооружения; 2 – затопленные водоприемники всех типов, удаленные от берега и недоступные для обслуживания в отдельные периоды года; 3 – нестационарные водоприемные устройства плавучего типа; 4 – такие же устройства фуникулерного типа.

Построенные по схеме «в» водозаборы для средних и тяжелых условий забора воды секционируются в каждом створе. При этом для тяжелых условий забора воды в каждом створе предусматривается не менее двух водоприемников. Секционируются водозаборы всех типов при I и II категориях надежности подачи воды потребителям. Число независимо работающих секций n_c для всех водозаборов постоянного типа не должно быть меньше 2.

Водозаборы в зависимости от соотношения потребного расхода Q_B и минимального расхода в реке Q_{\min}^p устраиваются:

бесплотинными при $Q_B \ll Q_{\min}$

приплотинными $Q_B \leq Q_{\min}$

водохранилищными $Q_B \gg Q_{\min}$

Бесплотинные водозаборы в благоприятных для этого условиях выполняются береговыми и совмещенными.

Отсутствие таких условий определяет применение русловых водозаборов, водоприемники которых выбираются в зависимости от типа

водотока, производительности водозабора и особенностей водопотребителя.

В средних условиях (т.е. для рек средней величины, обладающих достаточными глубинами, устойчивым руслом и несложным шуголевым режимом) применяются бесплотинные водоприемники. Пределы применения таких водоприемников показаны в табл. 2.3.

Приплотинные водозаборы, как правило, устраиваются с промывными шлюзами, в береговых устоях которых размещаются водоприемники.

Т а б л и ц а 2.3

Примерные пределы применения русловых бесплотинных водоприемников для средних условий

Расход водозабора в м ³ /с	Тип участка реки в зависимости от продольного уклона реки I				
	приустьевой (I < 0,0001)	равнинный (0,0001 < I < 0,001)	предгорный (0,001 < I < 0,01)	горный (0,01 < I < 0,1)	высокогорный (I > 0,1)
0,02...2	Затопленные водоприемные оголовки		Подрусловый и комбинированный водоприем		
2...20	Водоприемные ковши			Приплотинный водоприем	
Свыше 20	Водоподводящие каналы и прорези		Приплотинный водоприем		

3. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ВОДОЗАБОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Гидравлический расчет водозабора производится применительно к нормальным и аварийным условиям эксплуатации в целях определения:

- размеров элементов водозабора;
- оси насосов первого подъема и уровней воды в береговом колодце.

При нормальных условиях одновременно действуют все секции водозабора (кроме резервных). В аварийном режиме одна из секций отключена и весь расчетный расход воды или значительная его часть пропускается через остальные секции.

Гидравлические расчеты по определению размеров элементов водозаборных сооружений, водоприемных отверстий, диаметров трубопроводов выполняются применительно к нормальным условиям работы, а расчеты потерь напора, уровней воды в сеточном колодце и наибольшей допустимой отметки оси насосов – к аварийным условиям.

3.1. Определение производительности водозаборных сооружений из поверхностного источника

Производительность водозаборного сооружения, м³/с, определяется по формуле

$$Q_B = \frac{(1 + 0,01 \cdot K_{с.н}) \cdot Q_{сут}^{max}}{T \cdot 3600}, \quad (3.1)$$

где $K_{с.н}$ – коэффициент, характеризующий затраты воды на собственные нужды водозаборного сооружения в процентах от $Q_{сут}^{max}$.

Коэффициент $K_{с.н}$ принимается равным 3...8, в зависимости от качества воды используемого источника и способа её обработки;

$Q_{сут}^{max}$ – максимальный суточный расход, подаваемый из рассматриваемого источника потребителем, м³/сут;

T – расчетная продолжительность работы водозабора в сутки наибольшего водопотребления, обычно принимается $T=24$ ч для небольших систем водоснабжения при двухсменной их работе $T=16$ ч.

Расчетный расход одной секции водозаборного сооружения вычисляется по формуле, м³/с:

$$q_p = \frac{Q_B}{n_c}, \quad (3.2)$$

где n_c – общее число секций водозаборного сооружения ($n_c \geq 2$).

Расход воды в работающих секциях в момент возникновения в одной из них аварии или в случае ремонта определяется по формуле

$$q_{ав} = \frac{n_c}{n_c - 1} \cdot K_{ав} \cdot q_p, \quad (3.3)$$

где $K_{ав}$ – коэффициент, представляющий допустимое снижение подачи воды потребителям в период аварии в системе коммунального водоснабжения, $K_{ав} = 0,7$.

3.2. Определение размеров водоприемных окон водозаборных сооружений без требований рыбозащиты

Для приема воды из поверхностных источников входные окна водоприемников снабжают решетками, предотвращающими попадание внутрь водоприемника относительно крупных предметов, сора.

На водоприемных отверстиях водозаборов обычно устанавливают съемные плоские решетки, представляющие собой металлическую раму, сваренную из уголковой стали или швеллера с металлическими стержнями из полосовой или круглой стали. Расстояние (прозор) между стержнями решетки чаще всего принимают равным 50...100 мм.

При большом количестве водорослей, щепы и другого сора, сравнительно небольших глубинах водозаборов большой и средней производительности применяют стационарные решетки с механической очисткой, представляющие собой прямоугольную раму, устанавливаемую под углом 70° к направлению движения потока очищаемой воды, в которую вставлены прутья с прозорами размером 20...50 мм. По краям решетки располагают шарнирно-пластинчатые цепи с прикрепленными деревянными планками со щетками, приводимыми в движение электродвигателем. Щетки от загрязнений очищают щеточным барабаном, а загрязненную воду удаляют за пределы водоприемника.

Таблица 3.1

Съемные сороудерживающие решетки

Размеры водоприемного окна, мм	Эскиз решетки	Основные размеры решетки, мм						Масса решетки, кг	
		H	H_1	H_2	h	h_2	L		L_1
400×600		840	700	600	50	40	500	400	20
600×800		1040	900	800	50	40	700	600	33
800×1000		1255	1130	1000	65	50	930	800	52
1000×1200		1620	1320	1200	80	50	1100	1080	90
1200×1400		1820	1520	1400	80	50	1300	1280	120
1250×2000		2600	2200	1986	120	60	1424	1404	253
1250×2500		3100	2700	2486	120	60	1424	1404	300

Для предупреждения обмерзания внутриводным льдом стержни решеток иногда целиком выполняют из гидрофобных материалов (каучук, эбонит, дерево, резина и т.п.) либо покрывают ими поверхность стержней. Для предупреждения оледенения стержней решеток береговых водозаборов их обогревают. Сороудерживающие решетки русловых водозаборов (оголовков) очищают от накопившегося на них сора посредством обратной промывки водой или водовоздушной смесью. Решетки береговых водозаборов очищают, как правило, вручную на служебном мостике или на балконе служебного павильона.

Площадь водоприемного окна (брутто) одной секции, м^2 , определяют по формуле

$$\Omega_{\text{бр}} = \frac{1,25 \cdot q_p \cdot K_{\text{ст}}}{V_{\text{вт}}}, \quad (3.4)$$

где q_p – расчетный расход одной секции, $\text{м}^3/\text{с}$;

$V_{\text{вт}}$ – скорость втекания в водоприемные отверстия, $\text{м}/\text{с}$, отнесенная к их сечению в свету;

1,25 – коэффициент, учитывающий засорение отверстий;

$K_{ст}$ – коэффициент, учитывающий стеснение отверстий стержнями решеток, принимаемый равным:

$$K_{ст} = \frac{a_{ст} + c_{ст}}{a_{ст}}; \quad (3.5)$$

здесь $a_{ст}$ – расстояние между стержнями в свету, см (прозор решетки);
 $c_{ст}$ – толщина стержней, см.

$$a=50...100 \text{ мм}, c=8...20 \text{ мм}.$$

Когда нет необходимости в устройстве рыбозащитных сооружений, допустимая скорость втекания в водоприемные отверстия береговых незатопленных водоприемников $V_{вт}$ принимается для средних и тяжелых условий забора воды соответственно равной 0,6 и 0,2 м/с. Для водоприемников затопленного типа при тех же условиях забора воды она снижается до 0,3 и 0,1 м/с соответственно.

При очень тяжелых шуголедовых условиях скорость втекания воды в прозорах решетки водоприемника снижается до 0,06 м/с. Размеры входных устройств в этом случае значительно увеличиваются.

Для водозаборов глубинного типа с послойным отбором воды допустимые скорости воды в водоприемных отверстиях обосновываются специальными расчетами.

Когда для борьбы с шугой применяют запани, ковши, обогрев решеток электричеством, паром или теплой водой, то скорость назначают от 0,1 до 0,6 м/с с учетом величины водоотбора, интенсивности и длительности шуговых явлений, эффективности мероприятий по борьбе с шугой.

Значения скорости $V_{вт}=0,6...0,8$ м/с и больше допускают при отсутствии шуги и захвате больших количеств воды.

Можно полагать, что с уменьшением скорости движения воды в решетках снижается возможность вовлечения наносов и сора в водоприемные сооружения.

Число водоприемных отверстий в каждой секции водозабора принимается из условия, чтобы их суммарная площадь была не меньше требуемой:

$$n_{отв} \geq \frac{\Omega_{бр}}{H \cdot B}, \quad (3.6)$$

где H – горизонтальный размер водоприемных отверстий, м;

B – вертикальный размер водоприемных отверстий, м.

В секции водоприемные отверстия располагаются в ряд на одном уровне. Если в источнике содержится большое количество взвесей в нижних слоях воды в период паводков, то выше расчетного минимального уровня устраивается ряд (ярус) дополнительных окон. Размещают их примерно на половине высоты расчетного диапазона колебаний уровня воды в источнике.

В береговых водоприемниках при наличии двух ярусов входных окон расчет каждого яруса производится на полную производительность водоприемника.

В комбинированных водозаборах рассчитываются на полный расход как окна в оголовке, так и входные отверстия в береговом водоприемнике.

3.3. Определение размеров водоприемных окон оголовков русловых водозаборов с учетом требований рыбозащиты

Площадь водоприемного отверстия (брутто) одной секции, m^2 , определяют по формуле (3.4).

Для водоприемников фильтрующего типа коэффициент $K_{ст}$, учитывающий стеснение отверстий стержнями решеток, принимается по формуле

$$K_{ст} = \frac{1}{P_{ф}}, \quad (3.7)$$

где $P_{ф}$ – пористость фильтрующего материала водоприемника:

$P_{ф} = 0,3...0,5$ для гравийно-щебеночных обсыпок;

$P_{ф} = 0,25...0,35$ для порозластовых фильтров.

Скорость воды на входе в водоприемники фильтрующего типа

$$V_{вт} = V_{кр} \approx 10 \cdot l, \quad (3.8)$$

где $V_{кр}$ – критическая скорость для рыбной молоди, м/с;

l – длина мальков рыбы, м, $l = 0,005...0,04$ м.

Для водозаборов, на которых предусматриваются рыбозащитные устройства в виде заградительных сеток с отверстиями 3...4 мм перед водоприемными окнами, допустимая скорость втекания воды принимается равной 0,25 м/с для рек со скоростью течения не менее 0,4 м/с и 0,1 м/с – для рек со скоростью течения не выше 0,4 м/с и стоячих водоемов.

Для легких условий забора воды допустимая скорость втекания может быть несколько повышена. Она зависит от типа принимаемых рыбозаградительных устройств.

При требованиях рыбозащиты на реках со скоростью течения $V_p > 0,3$ м/с применяют водоприемники со входными скоростями, в 3...4 раза меньшими, чем скорость течения в реке:

$$V_{вт} \leq (0,25 - 0,33)V_p, \quad (3.9)$$

и устанавливают на водоприемниках жалюзийные решетки; на реках с $V_p < 0,3$ м/с и водохранилищах используют затопленные фильтрующие ряжевые оголовки со съёмными кассетами с загрузкой из щебня, керамзита, полимерных материалов, а также с порозластовыми и керамзито-бетонными кассетами.

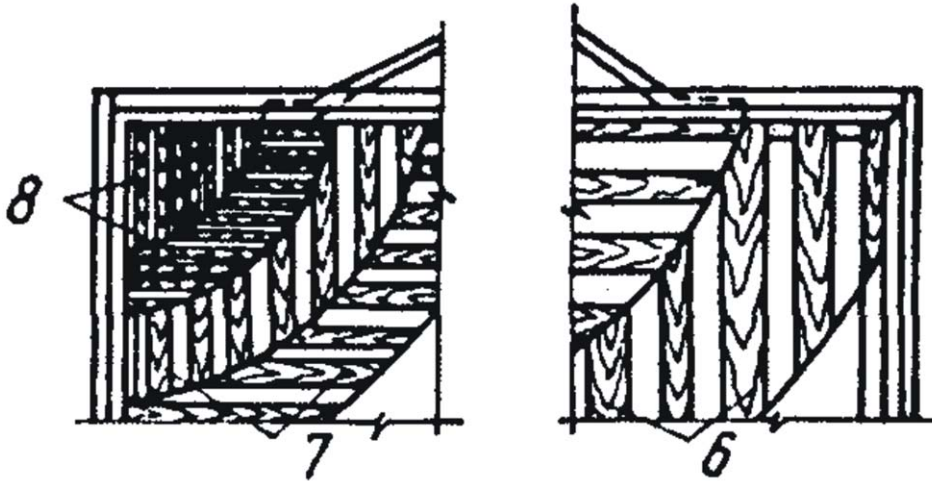
В НИИ ВОДГЕО В.Н. Ересновым под руководством А.С. Образовского были проведены исследования, связанные с гидравликой фильтрующих кассет и с их усовершенствованием. Для загрузки кассет применяли керамзит крупностью зерен $d = 20...25$ мм и пористостью $P_\phi = 0,45$, щебень $d = 20...30$ мм, $P_\phi = 0,45$ и $d = 40...60$ мм, $P_\phi = 0,48$, пластмассовые, резиновые и деревянные шарики. Рекомендуемая толщина кассеты с зернистой загрузкой была принята равной $b_k = 3 - 5d$.

На некоторых водозаборах нашли применение пакетно-речные деревянные рыбозащитные кассеты (рис. 3.1). Пакетно-речная кассета представляет собой панель, собранную из 2...4 пакетов деревянных (перекрывающихся) реек прямоугольной или квадратной формы поперечного сечения. Внешний, омываемый речным потоком пакет состоит из 2—3 слоев реек сечением 13×13 мм, расположенных с шагом 25 мм. Этот пакет имеет наименьший размер ячеек. Средний пакет состоит из реек 25×25 мм с шагом 50 мм, а внутренний — соответственно 50×50 и 100 мм. Пакеты плотно прижимаются один к другому и стягиваются металлической рамой, вставляемой в направляющие пазы водоприемных окон. При такой конструкции кассета надежно обеспечивает защиту рыбы и задержание сора, не закупоривается и легко промывается обратным током воды. Пористость пакетно-речных кассет $P_\phi = 0,5$, а вес в набухшем состоянии 160...170 кг на 1 м². Скорость фильтрации воды через них, как и через керамзитовые и щебеночные кассеты, рекомендуется принимать $V_\phi = 0,1...0,12$ м/с.

Институт «Укрводоканалпроект» запроектировал фильтрующее поворотное рыбозащитное устройство для береговых водозаборов на р. Северский Донец системы водоснабжения промпредприятий г. Северодонецка. Производительность водозаборов 200...300 тыс. м³/сут. РЗУ представляло собой металлические сетчатые кассеты, заполненные фильтрующим материалом — керамзитом. Отличительной особенностью их являлось то, что кассеты, имея шарнирную пятую и поплавков, меняли свое положение в зависимости от уровня воды в источнике,

обеспечивая тем самым постоянство фильтрующей площади и, следовательно, скорости фильтрования ($V_{\phi}=0,1$ м/с). Такое решение позволило избежать увеличения ширины водоприемного фронта, чего нельзя было достичь без строительства ковша.

а)



б)

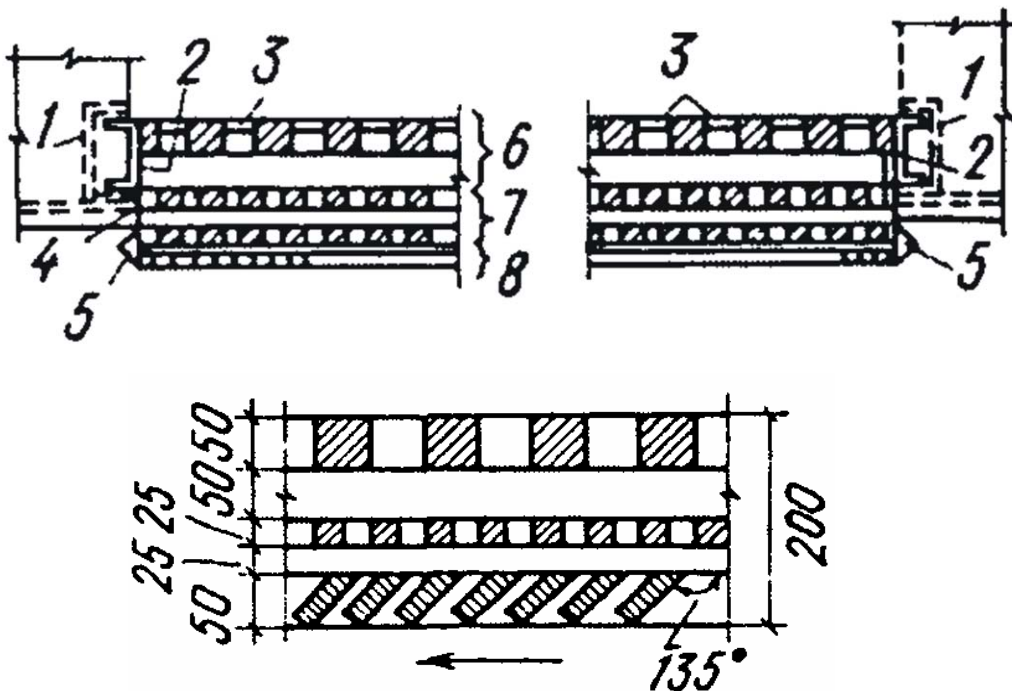


Рис. 3.1. Пакетно-речные рыбозащитные кассеты (по В.Н. Ереснову):

а — общий вид (план); б — кассета с внешним слоем из косорасположенных реек (разрез);

1 — паз водоприемного отверстия; 2 — контурная рама;

3 — опорный уголок; 4 — торцовая накладка из полосовой стали;

5 — обрамляющий уголок; 6 — опорный пакет; 7 — средний пакет;

8 — сорорудерживающий пакет (внешний слой, дубовые рейки)

Определив необходимую площадь решеток, подбирают типовые решетки (см. табл. 3.1).

Высоту решетки можно принимать больше её ширины, а массу решетки необходимо увязывать с грузоподъемным оборудованием.

Если площадь $\Omega_{бр}$ отличается от площади типовых решеток, то определяется фактическая скорость входа в решетки, м/с:

$$V_{вт}^{факт} = \frac{1,25 \cdot q_p \cdot K_{ст}}{\Omega_{бр}^{факт}}, \quad (3.10)$$

где $\Omega_{бр}^{факт}$ – фактическая площадь водоприемного отверстия, м²,

$$\Omega_{бр}^{факт} = n_{отв} \cdot H \cdot B. \quad (3.11)$$

Найденная величина $V_{вт}^{факт}$ сравнивается с предварительно принятой скоростью втекания $V_{вт}$.

3.4. Расчет парообогрева, обогрева водой и электрического обогрева решеток

Подводное льдообразование на решетках имеет место в период образования шуги и донного льда при переохлаждении воды до температуры $t_v = -0,03$ °С. Чтобы предотвратить прилипание льда к стержням решеток, повышают их температуру и температуру воды у решеток до 0,01 °С.

Мерами борьбы с льдообразованием на решетках являются механическая очистка решеток и их обогрев. Механическая очистка решеток от льда осуществляется скребками, баграми, путем обратной промывки самотечных линий. Промывку производят в период льдообразования (до момента образования поверхностного льда) в течение 10...20 мин через каждые 2...4 часа. При интенсивном образовании льда применяется обогрев решеток паром, горячей водой или электрическим током. Парообогрев или обогрев горячей водой осуществляется путем пропуска пара и воды через трубчатую систему решетки либо путем подвода пара или воды и распределения их перед решеткой. При применении электрообогрева решеток в качестве нагревательного элемента используются сами решетки. Для этого к их стержням подводят требуемое по расчету напряжение. Проходящий по стержням ток подогревает решетку, и закупорка шугой исключается.

Расход тепла, кДж/ч, определяется по формуле

$$\theta = \theta_1 + \theta_2, \quad (3.12)$$

где θ_1 – потери тепла в подводящих трубопроводах, кДж/ч;

θ_2 – расход тепла на нагрев воды, кДж/ч.

Расход тепла для подводной и надводной частей трубопровода рассчитывается по формуле, кДж/ч:

$$\theta_1 = k \cdot (t_1 - t_2) \cdot L, \quad (3.13)$$

где k – коэффициент теплопередачи на 1 м трубопровода, кДж/(м·ч·°С);

t_1 – температура пара или воды, °С;

t_2 – расчетная температура наружного воздуха, °С;

L – длина трубопровода, м.

Для изолированных труб, уложенных на поверхности земли, коэффициент k вычисляется по формуле

$$k = \frac{\pi \cdot \alpha \cdot D_{\text{из}} \cdot \lambda_{\text{из}}}{1,15 \cdot \alpha \cdot D_{\text{из}} \cdot \lg \left(\frac{D_{\text{из}}}{D} \right) + \lambda_{\text{из}}}, \quad (3.14)$$

где $\lambda_{\text{из}}$ – коэффициент теплопроводности изоляции, кДж/(м·ч·°С); для асбеста $\lambda_{\text{из}} = 0,75$ кДж/(м·ч·°С);

$D_{\text{из}}$ – диаметр трубопровода с изоляцией, м;

D – наружный диаметр паропровода, м;

α – коэффициент теплоотдачи от решетки к воде, кДж/(м²·ч·°С).

Коэффициент α находим по формуле

$$\alpha = 13978 \cdot V_{\text{вт}} \cdot (0,05 + 1,5 \cdot V_{\text{вт}}), \quad (3.15)$$

где $V_{\text{вт}}$ – скорость движения воды в решетках, м/с.

Ориентировочно можно принять $\alpha = 147$ кДж/(м²·ч·°С).

Если принять соотношение $\frac{D_{\text{из}}}{D} = 2$, то $k = 4,19 \dots 5,0$ кДж/(м·ч·°С).

Для неизолированных труб, уложенных на поверхности земли, $k = 460$ кДж/(м·ч·°С), а под водой $k = 12570$ кДж/(м·ч·°С).

Расход тепла на нагрев воды, кДж/ч, определяется по формуле

$$\theta_2 = C_{\text{в}} \cdot \rho_{\text{в}} \cdot Q_{\text{в}} \cdot \Delta t = 4190 \cdot Q_{\text{в}} \cdot (t_1 - t_2), \quad (3.16)$$

где $C_{\text{в}}$ – удельная теплоемкость воды, Дж/(кг·°С);

$\rho_{\text{в}}$ – плотность воды, кг/м³;

Δt – перепад температур, °С,

$$\Delta t = t_1 - t_2; \quad (3.17)$$

здесь $t_1 \geq 0,01$ °С – температура, до которой необходимо довести поступающую воду;

$t_2 = -0,03$ °С – расчетная температура переохлаждения воды;

$Q_{\text{в}}$ – часовая производительность водозабора, м³/ч.

Расход пара, кг/ч, вычисляется по формуле

$$Q_{\text{п}} = \frac{\theta_2}{i}, \quad (3.18)$$

где i – полное теплосодержание пара, кДж/кг; $i = 2720$ кДж/кг.

Ориентировочно расход пара на 1 м^3 подогреваемой (поступающей) воды составляет $0,15 \dots 0,20$ кг.

Расчет электрического обогрева решеток сводится к определению потребного количества тепла, напряжения, величины тока, мощности и сечения кабеля, при этом часовой расход тепла θ_2 рассчитывается по формуле (3.16).

Мощность, кВт, подводимая к решеткам, определяется из выражения

$$N = \frac{k_3 \cdot \theta_2}{3600}, \quad (3.19)$$

где k_3 – коэффициент запаса, $k_3 = 1,5$,
или по формуле

$$N = \frac{k_3 \cdot \alpha \cdot (t_{\text{п}} - t_{\text{в}}) \cdot \Omega_{\text{п}}}{3600}; \quad (3.20)$$

здесь $t_{\text{п}} = 0,04 \dots 0,05$ °С – температура на поверхности стержней решетки, необходимая для свободного прохождения через них шуги;

$t_{\text{в}}$ – температура речной воды во время шугохода, °С;

$\Omega_{\text{п}}$ – площадь поверхности стержней решетки, м^2

Мощность N обычно составляет от 1 до 8 кВт на 1 м^2 поверхности решетки.

Сопротивление решетки, Ом, определяется по формуле

$$R = r \cdot C \cdot \frac{H_{\text{п}}}{n \cdot \omega_{\text{ст}}}, \quad (3.21)$$

где r – коэффициент увеличения омического сопротивления решетки при переменном токе; $r = 8$ (по Альберту);

C – удельное сопротивление материала стержней решетки, Ом · м,
 $C = 0,098 \cdot 10^{-6}$ Ом · м для стальных стержней;

$H_{\text{п}}$ – высота или длина стержней, м;

n – число стержней решетки;

$\omega_{\text{ст}}$ – площадь поперечного сечения стержня, м^2 .

Ток, A , и напряжение, B , для обогрева решеток находят по формулам:

$$I = \sqrt{\frac{N}{R}}, \quad (3.22)$$

$$U = R \cdot J. \quad (3.23)$$

Необходимый ток I , A , с учетом падения напряжения, равного 10 %, в питающем решетку кабеле определяется по формуле

$$I = \frac{U + 0,1 \cdot U}{R}, \quad (3.24)$$

где U – напряжение, B ; напряжение рекомендуется принимать равным 50...150 B .

Сечение подводющего кабеля вычисляется по формуле

$$\omega_k = \frac{2 \cdot l \cdot N \cdot 100}{U^2 \cdot p \cdot \gamma}, \quad (3.25)$$

где l – длина кабеля, m ;

N – мощность, $Bт$;

U – напряжение, B ;

p – падение напряжения, %;

γ – удельная проводимость меди, $см/с$; $\gamma=57$ $см/с$.

Часовой расход электроэнергии определяется по формуле

$$\mathcal{E} = Q_v \bar{\mathcal{E}}, \quad (3.26)$$

где $\bar{\mathcal{E}}$ – удельные затраты энергии на подогрев воды, $кВт \cdot ч/м^3$

$$\bar{\mathcal{E}} = 3,5 \dots 8 \text{ кВт} \cdot ч/м^3.$$

С учетом конкретных условий работы общий расход электроэнергии рассчитывается по формуле

$$\mathcal{E}_0 = N \cdot T \cdot 24, \quad (3.27)$$

где \mathcal{E}_0 – общий расход электроэнергии на обогрев стержней соросудерживающих решеток на весь период шугохода, $кВт \cdot ч$;

T – период шугохода, $сут$.

При электрообогреве решеток необходимо проверить скорость втекания $V_{вт}$ в водоприемные отверстия в зависимости от межвенной скорости V_p в водоисточнике и ее отношения к критериальным скоростям $V_{кр}$ по табл. 3.2.

Таблица 3.2

Зависимость скорости втекания $V_{вт}$ в водоприемные отверстия от межженной скорости V_p в источнике

Конструкция водоприемника	Режим водоисточника		
	$V_p < V_{кр} = 0,5$ м/с	$V_p < V_{кр}^n = 0,7...0,8$ м/с	$V_p > V_{кр}^n$
Без электрообогрева решетки	$V_{вт} > 0,17V_p$	$V_{вт} \leq 0,17V_p$	$V_{вт} \leq 0,11V_p$
С электрообогревом решетки	$V_{вт} = V_p$	$V_{вт} > 0,17V_p$	$V_{вт} \leq 0,17V_p$

Примечание:

$V_{кр}$ – неразмывающая скорость потока, м/с;

n – показатель степени в законе сопротивления (коэффициент шероховатости), принимаемый по табл. 3.3.

Таблица 3.3

Значения коэффициента шероховатости n

№ п/п	Характер поверхности	n
1	Плотные грунты в естественном состоянии, каменная наброска у основания водоприемника	0,02
2	Скалистые грунты при посредственной обработке, лессовые и гравелистые грунты	0,0225
3	Земляные русла, реки, каналы в благоприятных условиях течения	0,025
4	Естественные потоки с отложениями на дне крупного гравия	0,03

Неразмывающая скорость (см. табл. 3.2) зависит от грунта или материала, слагающего ложе потока. Приближенные значения этой скорости приведены в табл. 3.4.

Таблица 3.4

Значения неразмывающей скорости $V_{кр}$

Грунт	$V_{кр}$, м/с
Глинистый грунт, разложившийся торф	0,25...0,5
Супесь слабая, легкие суглинки, средний лесс	0,7...0,8
Суглинки средние и плотные, плотный лесс	1...1,2
Глина	1,2...1,8
Одерновка	0,8...1

Более точное определение значений неразмывающей скорости рассмотрено в подразд. 5.4.

Решетки с обогреваемыми стержнями устанавливают на водозаборных сооружениях в реках, где возможны обледенение и закупорка решеток из-за образования шуги и донного льда. Для того чтобы находящаяся в воде шуга не прилипала к стержням, необходимо поддерживать температуру поверхности стержней на $0,07...0,13\text{ }^{\circ}\text{C}$ выше температуры воды. Для электрообогрева решеток применяется индукционный метод. Полный стержень решетки, выполненный из листовой стали в поперечном сечении, имеет каплевидную форму (рис. 3.2).

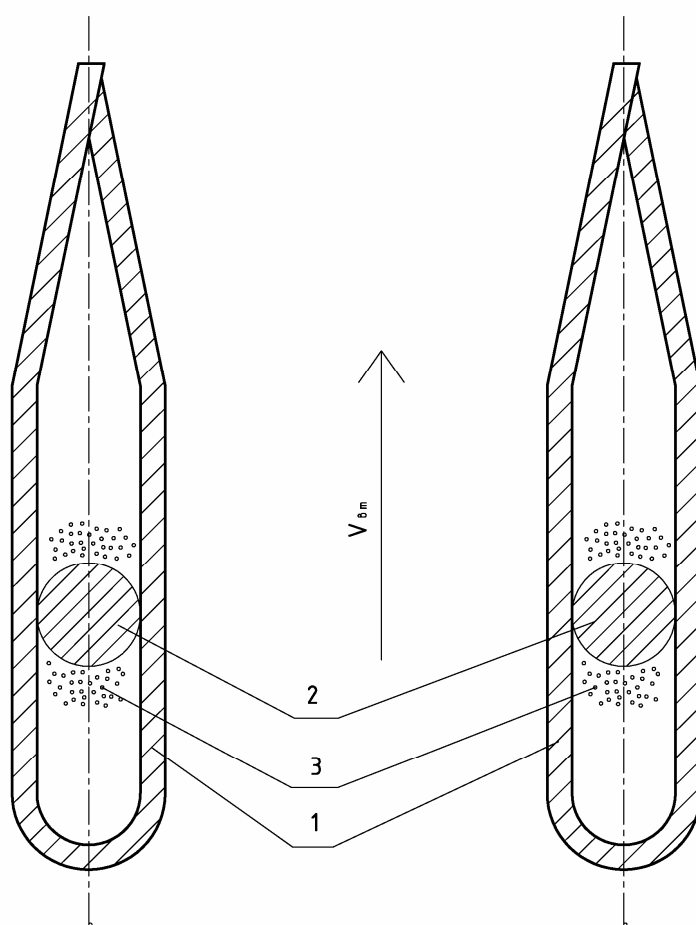


Рис. 3.2. Эскиз стержней решетки с электрообогревом:
1 – полые стержни, вытянутые из листовой стали; 2 – круглый стальной стержень; 3 – токонесущий изолированный кабель

Внутри полого стержня находится металлический стержень круглого сечения, вокруг которого намотан изолированный токопровод. Стержни нагреваются за счет образования вихревых токов и потерь на гистерезис в металле при пересечении его переменным электромагнитным полем.

3.5. Определение габаритных размеров плоских сеток береговых колодцев

Плоские сетки применяют при малой производительности (до 1 м³/с) с небольшим загрязнением воды взвешенными веществами и планктоном. Плоскосъемные сетки представляют собой проволочное сетчатое полотно, натянутое на стальную раму из уголковой стали (рис. 3.3). Сетчатое полотно из нержавеющей стали или другого коррозионно-стойкого материала закрепляется по контуру рамы и дополнительно опирается на жесткие стержни поддерживающей сетки, исключая возможность ее прорывов давлением воды при ее загрязнении.

Расчет площади водоприемного отверстия (брутто) одной секции $\Omega_{бр}$ для плоской сетки следует производить при одновременной работе всех секций водозабора (кроме резервных) по формуле (3.4), в которой $K_{ст}$ – коэффициент, учитывающий стеснение отверстий проволокой сеток, принимается равным при квадратных отверстиях между проволоками сетки:

$$K_{ст} = \left[\frac{a_{ст} + c_{ст}}{a_{ст}} \right]^2, \quad (3.28)$$

где $a_{ст}$ – расстояние между проволоками сетки в свету, см;

$c_{ст}$ – толщина проволоки сетки, см;

$$c_{ст} = 0,01 \dots 0,02 \text{ см};$$

$$a_{ст} = 0,2 \dots 1 \text{ см};$$

$V_{вт}$ – скорость втекания в сетки, м/с, принимают $V_{вт} = 0,2 \dots 0,4$ м/с (большую скорость допускают при процеживании больших количеств воды).

Допускается снижение скорости $V_{вт}$ до 0,1 м/с только при очень малых расходах при средних природных условиях забора воды с необходимым обоснованием принятых решений.

Определив необходимую площадь отверстий для водоприемной сетки, находят ее габаритные размеры по прил. Д.

После подбора сеток уточняют численное фактическое значение скорости течения воды в ячейках сетки по принятой площади сеток с использованием формулы

$$V_{вт}^{факт} = \frac{1,25 \cdot q_p \cdot K_{ст}}{\Omega_{бр.с}^{факт}}, \quad (3.29)$$

где $\Omega_{бр.с}^{факт}$ – фактическая площадь водоприемного отверстия плоской сетки,

$$\Omega_{бр.с}^{факт} = H \cdot B. \quad (3.30)$$

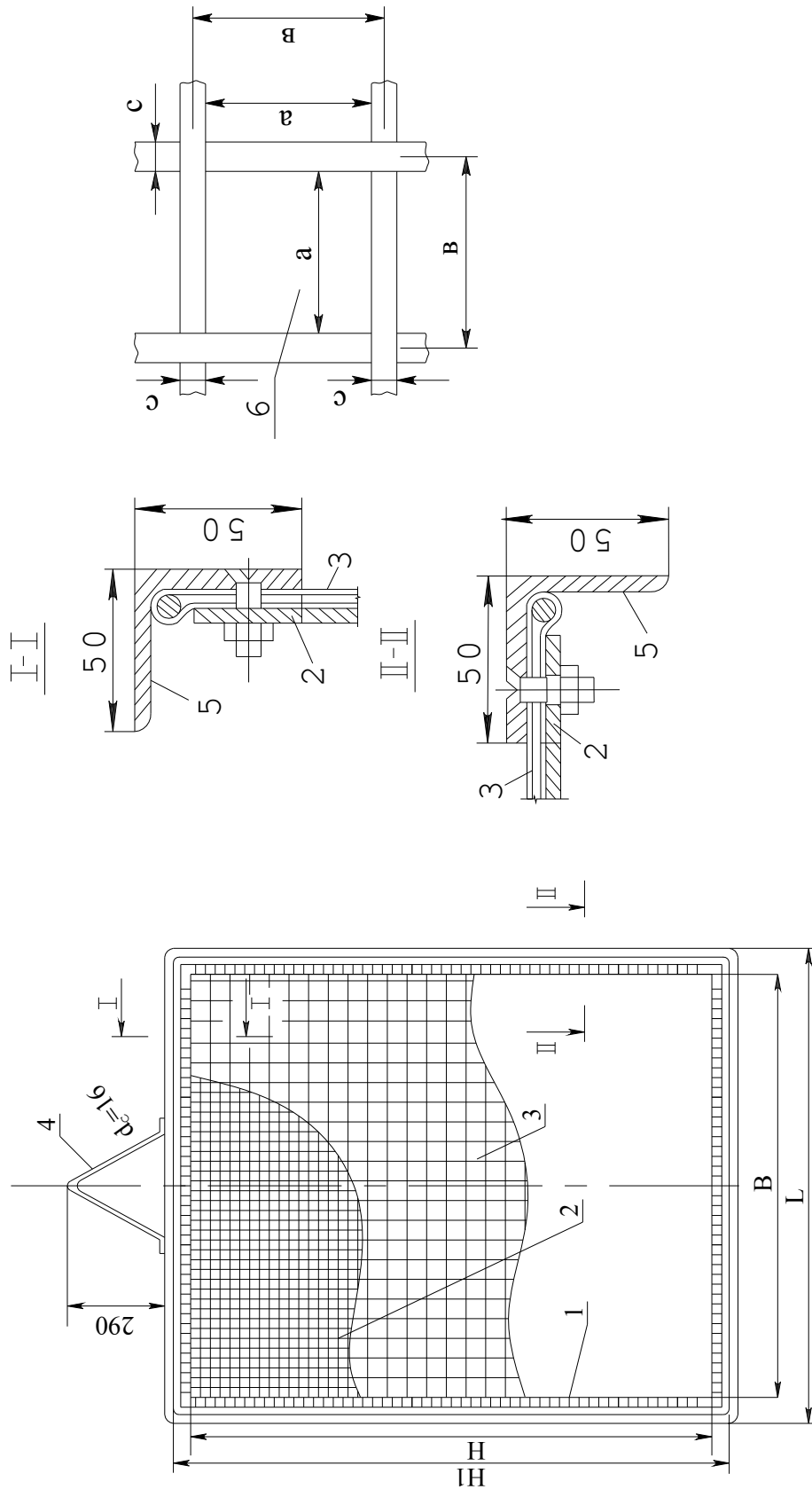


Рис. 3.3. Конструкция плоской сетки:
 1 – металлическая рама; 2 – рабочее полотно сетки; 3 – поддерживающая сетка; 4 – монтажная скоба;
 5 – стальной уголок; 6 – отверстие сетки простого плетения

3.6. Определение размеров водоочистных вращающихся сеток

Вращающиеся сетки применяют на водозаборах, работающих в средних, тяжелых и очень тяжелых условиях забора воды, а также при производительности водозабора более $1 \text{ м}^3/\text{с}$.

По способу подвода к сеткам загрязненной воды и отвода от них чистой конструкции вращающихся сеток делятся на три основных типа: с лобовым подводом (по нормали к полотну сетки); с внутренним подводом (внутрь полости, огражденной сеткой) и с внешним подводом (во внешней части сеточной камеры). В последние годы широко применяются сетки с лобово-внешним подводом воды.

Конструктивно вращающиеся ленточные сетки независимо от способа подвода воды к ним разделяют на каркасные и бескаркасные, т. е. состоящие из отдельных вертикальных секций, движущихся по направляющему каркасу или свободно подвешенных на грузовых звездочках, приводимых во вращение электродвигателем (рис. 3.4). Загрязнения с полотен сеток удаляют специальными промывными устройствами различной конструкции и по желобам и трубам отводят за пределы водозабора.

Необходимую площадь в м^2 погруженной в воду части вращающейся сетки, через которую процеживается вода при минимальном ее уровне, определяют по формуле

$$\Omega_{\text{бр.с}} = \frac{q_p \cdot K_{\text{ст}}}{V_{\text{вт}} \cdot \eta_1 \cdot \eta_2}, \quad (3.31)$$

где η_1 – коэффициент, учитывающий засорение отверстий сетки; при непрерывной промывке вращающихся сеток $\eta_2 = 0,7 \dots 0,8$;

η_2 – коэффициент стеснения живого сечения сетки рамками и межрамочными уплотнениями. А.С. Москвитин рекомендует принимать $\eta_2 = 0,75$ для всех типов вращающихся сеток;

q_p – расчетный расход одной секции, $\text{м}^3/\text{с}$;

$K_{\text{ст}}$ – коэффициент, учитывающий стеснение отверстий проволокой сетки, определяется по формуле (3.28).

Для вращающихся сеток при определении коэффициента стеснения значение $a_{\text{ст}}$ принимают в пределах от 0,03 до 0,8 см, $c_{\text{ст}} = 0,02 \dots 0,2 \text{ см}$; $V_{\text{ст}} = 0,65 \dots 1,2 \text{ м/с}$.

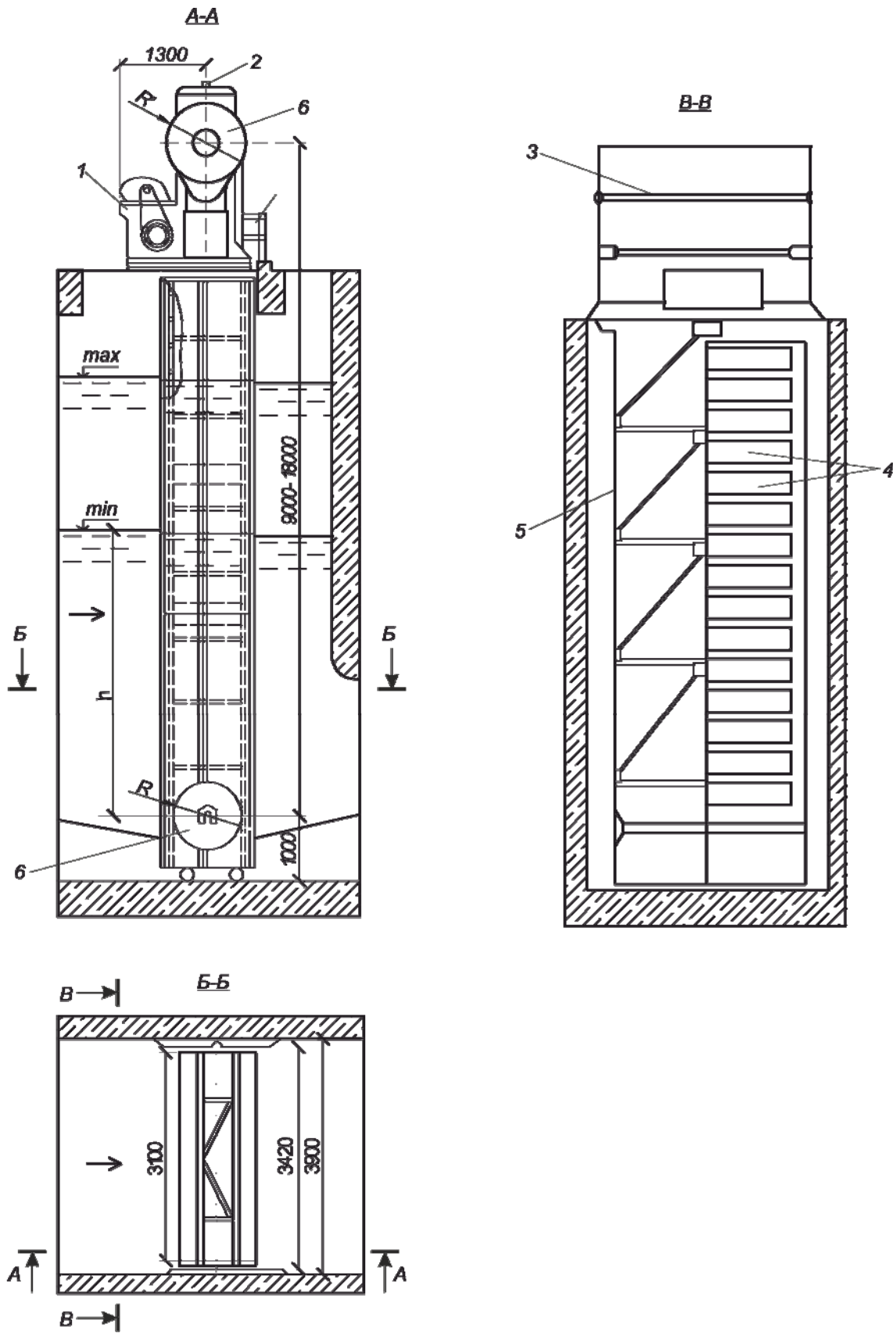


Рис. 3.4. Вращающаяся ленточная сетка:
 1 – электродвигатель; 2 – натяжное устройство; 3 – грузовой вал;
 4 – секции сетки; 5 – каркас; 6 – барабан

При использовании сеток как рыбозащитных средств скорость в отверстиях сеток допускается не более 0,25 м/с, а при наличии специальных рыбозащитных устройств скорость воды на входе в водоприемное отверстие с сеткой составляет не более 1 м/с. Сироткин В.П. рекомендует принимать величину $V_{вт}$ в пределах от 0,15 до 0,8 м/с.

Глубину погружения h оси нижней звездочки под расчетный уровень воды определяют по формулам:

а) для сетки с лобовым подводом воды

$$h = \frac{\Omega_{бр.с}}{B} - \frac{\pi \cdot R}{2}; \quad (3.32)$$

б) для сеток с внутренним и лобово-внешним подводами воды

$$h = 0,5 \left(\frac{\Omega_{бр.с}}{B} - \pi \cdot R \right), \quad (3.33)$$

где R – радиус нижнего закругления сетки;

B – ширина сетки.

Определив по формуле необходимую площадь вращающейся сетки, подбирают по табл.3.5 и прил. Е сетку и ее размеры R и B .

Затем находят глубину погружения h в зависимости от типа сетки.

При известных значениях $\Omega_{бр.с}^{факт}$, q_p , $K_{ст}$, η_1 , η_2 находят фактическую скорость движения воды:

$$V_{бр.с}^{факт} = \frac{q_p \cdot K_{ст}}{\Omega_{бр.с}^{факт} \cdot \eta_1 \cdot \eta_2}, \quad (3.34)$$

где $\Omega_{бр.с}^{факт}$ – фактическая площадь полотна вращающейся сетки,

$$\Omega_{бр.с}^{факт} = 2B \cdot \left(H + \frac{\pi R}{2} + \frac{\pi R'}{2} \right); \quad (3.35)$$

здесь B – ширина сетки, м;

H – расстояние между центрами звездочек, м;

R – радиус нижнего закругления сетки, м;

R' – радиус верхнего закругления сетки, м.

Таблица 3.5

Технические характеристики вращающихся каркасных сеток с внешним подводом воды
(камский завод «Гидростальконструкция»)

Марка сетки	Производительность, м ³ /с	Размеры сеток в мм						Электродвигатель			Общий вес, кг	
		<i>H</i>	<i>B</i>	<i>b</i>	<i>h</i>	<i>h</i> ₁	<i>h</i> ₂	<i>R</i>	тип	мощность, кВт		число оборотов, мин
ТН-1500	1,5...3	8250	1500	1680	1150	1200	2695	730	АОС-51-6	2,8	870	9185
ТН-2000	1,5...4,7	11000	2000	2180	1200	1150	3100	730	АОС-51-6	2,8	870	12130
ТН-2500	2,8...6	8650	2500	2680	1700	1280	2775	1075	АОС-52-6	4,5	870	11465
ТН-3000	8	11000	3000	3180	1900	1300	2800	1425	АОС-52-6	4,5	870	15870

Примечания. 1. Производительность сеток указана ориентировочно и может быть уточнена расчетом в зависимости от различных погружений сетки под расчетный уровень.

2. Вес сеток приведен в соответствии с конкретными расстояниями между центрами звездочек (РМЦ), указанными в таблице.

3. В данных конструкциях сеток в зависимости от местных условий расстояние между центрами звездочек может изменяться в пределах 5000...18500 мм.

4. Скорость движения сетки 4 м/мин.

5. Материал полотна сетки – нержавеющая сталь 1Х18Н9Т.

6. Расход промывной воды 15...25 л/с при напоре 15...20 м.

Отметки осей верхнего и нижнего барабанов вращающейся сетки определяются по формулам

$$Z_{61} = Z_{и}^{\max} + c + \delta + A; \quad (3.36)$$

$$Z_{62} = Z_{и}^{\min} - H - 0,5D_2, \quad (3.37)$$

где c – превышение перекрытия водозабора над максимальным расчетным уровнем воды в источнике, принимаемое равным 1,0; 0,8 и 0,5 м для водозаборов I, II, III категорий надежности забора воды;

δ – толщина перекрытия водозабора, принимаемая равной 0,2...0,3 м;

A – высота расположения оси верхнего барабана (звездочки) сетки над верхней плоскостью перекрытия (над полом сеточного помещения) в зависимости от типа устанавливаемой сетки она может быть равна 0,8...1,2 м;

H – высота рабочей части сетки (расстояние между центрами звездочек), м (см. прил. Е);

D_2 – диаметр нижнего барабана сетки, м, $D_2 = 2R$;

$Z_{и}^{\max}$ – максимальный уровень воды в источнике, м;

$Z_{и}^{\min}$ – минимальный уровень воды в источнике, м.

Длина ленты, м, сеточного полотна вращающейся установки вычисляется по формуле

$$L_c = 2 \cdot (Z_{61} - Z_{62}) + 0,5\pi \cdot (D_1 + D_2), \quad (3.38)$$

где D_1 – диаметр верхнего барабана сетки, м.

3.7. Определение расхода воды на промывку сеток

Важнейшим условием эксплуатации водоочистных сеток (вращающихся и плоских) является их своевременная и качественная промывка. Масса извлекаемых из воды сетками взвешенных веществ, кг/сут, в наиболее напряженные дни (форсированный режим, паводок и т.д.) определяется по формуле

$$m_{взв} = \frac{C_{взв} \cdot \rho_{взв} \cdot Q_{в}}{100}, \quad (3.39)$$

где $C_{взв}$ – концентрация наиболее крупных фракций взвесей, задерживаемых сетками, %, $C_{взв} = 40...60$ %;

$\rho_{взв}$ – плотность взвесей, кг/м³;

$Q_{в}$ – производительность водозаборного сооружения, м³/сут.

При очистке плоских сеток их поднимают с помощью специальных механизмов, устанавливают в ванну и промывают вручную струей

воды из брандспойта или, реже, через перфорированные трубы. Перед подъемом рабочей сетки на промыв должна устанавливаться запасная сетка. Плоские сетки в целях рыбозащиты могут быть заменены на решетки в водоприемных отверстиях водозаборов. В этом случае они работают при наличии расположенного за ними промывного устройства, представляющего собой движущуюся в вертикальной плоскости по направляющим перфорированную трубу, в которую под напором подается вода.

Диаметр перфорированной трубы подбирают по скорости течения воды при промывке, равной 1...1,5 м/с, но принимают не менее 50 мм. Отверстия диаметром $d_n=3...6$ мм располагают в один или два ряда, обычно через $l_n=10$ см друг от друга в шахматном порядке (рис. 3.5).

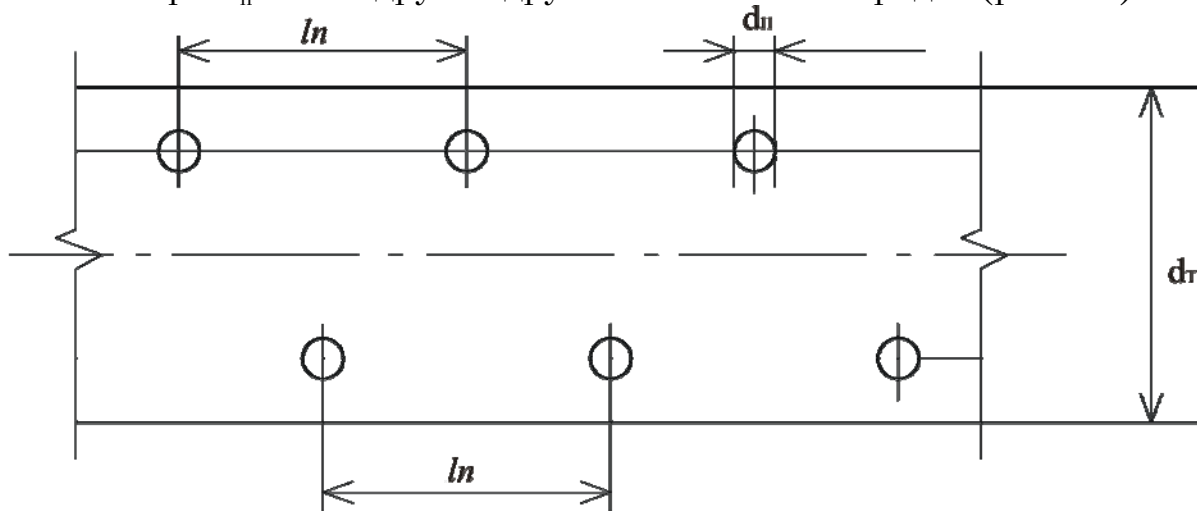


Рис.3.5. Схема к определению коэффициента перфорации трубы для промывки сеток

Потери напора, м, в перфорированной трубе следует определять исходя из максимальной скорости движения воды в ней по формуле

$$h_{\pi} = \xi \cdot \frac{V^2}{2g}, \quad (3.40)$$

где ξ – коэффициент гидравлического сопротивления, рассчитываемый для прямолинейной распределительной трубы с круглыми отверстиями по формуле

$$\xi = \frac{2,2}{K_{\pi}^2} + 1; \quad (3.41)$$

здесь K_{π} – коэффициент перфорации – отношение суммарной площади отверстий к площади поперечного сечения прямолинейной трубы, $0,15 \leq K_{\pi} \leq 2$,

$$K_{\pi} = n \cdot \frac{d_n^2}{d_T^2}, \quad (3.42)$$

где n – число отверстий в трубе;

d_n – диаметр отверстий, мм;

d_T – диаметр трубы, мм.

При расчете расхода воды на промывку из брандспойта диаметр пожарного рукава длиной 125 м принимается равным 66 мм или 50 мм с диаметром sprыска $d_c=19$ мм. Потери напора, м, в рукаве определяются по формуле

$$h_p = K \cdot Q_{\text{пр}}, \quad (3.43)$$

где h_p – потери напора на 1 м длины рукава, м;

K – коэффициент, равный 0,012 при диаметре рукава 50 мм и 0,00385 – при диаметре 66 мм;

$Q_{\text{пр}}$ – промывной расход, м³/с.

Потери напора при промывке необходимо учитывать для расчета напора основного насоса.

При гидравлическом способе промывки плоских сеток расход воды, м³/с, на одну промывку вычисляется по формулам:

$$Q_{\text{пр1}} = n_{\text{п}} \cdot \mu \cdot \omega_o \cdot \sqrt{2gH}, \quad (3.44)$$

где H – напор воды в промывном устройстве, м, равен напору, развиваемому основными насосными агрегатами насосной станции первого подъема (подразд. 7.1);

g – ускорение свободного падения, $g=9,81$ м/с²;

$n_{\text{п}}$ – число одновременно работающих промывных устройств: при промывке из брандспойта в одной секции водозабора $n_{\text{п}}=1$, при промывке из перфорированной трубы n равно числу отверстий в трубе;

ω_o – площадь отверстий, через которые происходит истечение промывной воды, м²: при промывке из брандспойта $\omega_o = \frac{\pi \cdot d_c^2}{4}$,

при промывке из перфорированной трубы $\omega_o = \frac{\pi \cdot d_{\text{п}}^2}{4}$;

μ – коэффициент расхода; при истечении воды из малого круглого отверстия $\mu=0,62$.

Количество загрязнений, извлекаемое при каждой промывке сетки, кг/сут, определяется по формуле (3.40).

Промывка и удаление загрязнений во вращающихся ленточных сетках механизированы, а включение их на промыв автоматизировано. Предусматривается сначала подача воды на промыв и лишь затем по сигналу от датчика давления на промывной трубе сетка приводится в

движение. Струями воды из промывного устройства смывают с сеточного полотна сор, который вместе с промывной водой попадает в грязевой желоб. Вращающиеся круглые щетки позволяют повысить эффективность промыва сетчатого полотна от сора.

Общий расход воды на промывку вращающихся сеток определяется по формуле, м³/сут:

$$Q_{\text{пр}} = Q_1 \cdot n \cdot n_{\text{пр}}, \quad (3.45)$$

где Q_1 – расход воды на промывку одной вращающейся сетки, м³/сут;

n – количество вращающихся сеток;

$n_{\text{пр}}$ – необходимое число промывок в сутки, $n_{\text{пр}} = 1-2$.

Расход воды для промывки зависит от степени загрязненности сетки, скорости ее вращения, размеров ячеек полотна, вида загрязнений. Расход воды на промывку подают под давлением 0,3...0,4 МПа. Расход воды составляет 15...30 л/с при напоре 15...40 м. Очистка сеток производится при достижении перепада напора на сетке в 5–10 см. Скорость движения сетки принимается в зависимости от засоренности воды и составляет 4...10 м/мин. При использовании на водозаборных сооружениях с учетом требований рыбозащиты конусных сеток с подводным промывом налипающих загрязнений и гидравлическим рыбомусороотводом, струереактивных рыбозаградителей и т.д. в сетках создается сплошной турбулентный поток воды ножевой формы, который, очищая полотно сетки, одновременно отпугивает рыбу.

Суммарный расход воды на промывку сеток водозабора $Q_{\text{пр}}$ обычно не превышает 2 % его расчетной производительности $Q_{\text{в}}$:

$$Q_{\text{пр}} \leq 0,02 \cdot Q_{\text{в}}. \quad (3.46)$$

При расходах воды на промывку, превышающих 5 % расчетной производительности водозабора, гидравлические способы регенерации сеток становятся экономически невыгодными. В таких случаях прибегают к водовоздушному способу промывки сеток, а также к интенсификации процессов отделения от них загрязнений вибрационным способом. При промывке сеток гидроимпульсным способом с импульсной подачей сжатого воздуха из пневмоколонны время промывки не более 1 мин. Если суммарный расход воды на промывку сеток превышает 2 % расчетной производительности водозабора, то устанавливают дополнительно два насоса (один рабочий и один резервный) консольного типа К.

4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ САМОТЕЧНЫХ И СИФОННЫХ ВОДОВОДОВ ДЛЯ ВОДОПРИЕМНЫХ ОГОЛОВКОВ

Среднегодовая мутность рек России весьма различна – от 2...20 г/м³ на северных реках до 12750 г/м³ в отдельных южных горных реках. Содержание взвешенных веществ изменяется по сезонам года и зависит от расхода воды рек.

По самотечным или сифонным водоводам мутная вода из поверхностного источника поступает в приемное отделение берегового колодца. Чтобы предупредить осаждение наносов в трубах, движение воды должно происходить с незаиляющей скоростью.

Сифонные и самотечные водоводы прокладывают, как правило, из стальных труб с весьма усиленной изоляцией при укладке под воду или методом бестраншейной укладки, а если укладывают в осушенном котловане – из железобетонных, чугунных, пластмассовых труб.

Диаметр самотечных или сифонных водоводов 250...1420 мм с толщиной стенок 12...14 мм, длина составляет 50...150 м, но иногда достигает 800 м и более. Укладывают их на глубину до 10 и даже до 25 м в береговой части и не менее 0,5 м в русло. Сифонные водоводы допускается применять в водозаборах II и III категорий и в тяжелых геологических условиях (скальные породы, пльвуны).

Применение сифонных водоводов в водозаборах I категории должно быть обосновано. Строительство самотечных водоводов осуществляется или в открытом котловане, или спуском в траншее под воду, а на участках примыкания к подземной части водоприемных колодцев и насосных станций, выполняемых опускным способом, рекомендуется метод бестраншейной прокладки.

На многих действующих сейчас водозаборных сооружениях самотечные линии уложены секционным способом с муфтовым соединением труб. В последнее время укладку их проводят способом свободного погружения (аналогично дюкерам), что существенно сокращает сроки строительства и объем ручного труда водолазов. Самотечные водоводы укладываются в плане и в вертикальной плоскости без резких поворотов, вызывающих отложение наносов, сора и шуги и затрудняющих промыв и очистку водоводов. Высотное положение водоводов определяется необходимостью их заглубления в пределах русла под дно для защиты от подмыва речным потоком и повреждения якорями судов на судоходных реках в пределах фарватера не менее чем на 0,5 м, а на несудоходных – на 0,5 м до верха трубы (или обсыпкой грунтом с укреплением его от размыва). На сплавных реках, по кото-

рым сплав осуществляется плотами, самотечные трубы должны быть заглублены под уровень дна не менее чем на 1 м.

Достаточно часто самотечные трубы прокладывают с постоянным уклоном не менее 0,005 в сторону береговых сооружений водозабора.

Перед укладкой стальные трубы должны покрываться снаружи надежной антикоррозионной оклеочной изоляцией с защитой ее деревянными рейками, а при необходимости – и с катодной или протекторной защитой. Металлические трубы должны иметь внутри соответствующие покрытия, препятствующие коррозии (цементные или иные покрытия). Если вследствие внутреннего зарастания пропускная способность самотечных водоводов резко снижается, то необходимо использовать пластмассовые трубы.

Высотное положение самотечных водоводов назначают с таким расчетом, чтобы водовод располагался не менее чем на 0,5 м ниже пьезометрической линии. Траншея, в которой уложены самотечные водоводы, сверху укрепляется наброской из камня, укладываемого по стальной сетке с щебеночной или гравийной подготовкой, или же железобетонными плитами, связанными в тюфяк по щебеночному обратному фильтру. На берегу самотечные водоводы укладывают ниже глубины промерзания грунта.

Самотечные водоводы к патрубкам водоприемника присоединяют под водой монтажными сварными муфтами. В береговой колодец самотечные водоводы вводят через сальники с противофильтрационными диафрагмами. Самотечные и сифонные водоводы оборудуют задвижками или дисковыми затворами для отключения берегового сеточного колодца при высоких уровнях воды в реке. Стыкование самотечных труб применяют муфтовое (надвижная муфта) или фланцевое (для труб больших диаметров).

При пересечении самотечными или сифонными водоводами участков с вечномерзлыми грунтами должны предусматриваться мероприятия, исключающие замерзание воды внутри водовода.

Самотечные или сифонные линии водозаборов руслового типа прокладываются в одну нитку для каждой секции сооружения; укладка их в две нитки для каждой секции допускается только при соответствующем обосновании.

$$n_{\text{с.л}} = n_{\text{с}}, \quad (4.1)$$

где $n_{\text{с.л}}$ – число самотечных линий;

$n_{\text{с}}$ – количество секций водозаборного сооружения.

Диаметры самотечных и сифонных водоводов определяют по расчетному расходу при нормальном режиме работы. Кроме того, проверяют их пропускную способность при аварийном режиме.

Экономические скорости движения воды находятся в пределах 0,7...2,0 м/с. Ориентировочные скорости движения воды в самотечных и сифонных водоводах при нормальном режиме работы водозаборных сооружений допускается принимать по табл. 4.1

Т а б л и ц а 4.1

Ориентировочные скорости движения воды, м/с, в самотечных и сифонных водоводах различной категории надежности

Диаметр водовода, мм	Скорости движения воды, м/с, в водозаборах категорий надежности	
	I	II и III
300...500	0,7...1,0	1,0...1,5
500...800	1,0...1,4	1,5...1,9
больше 800	1,5	2,0

П р и м е ч а н и е . При наличии возможности обрастания водоводов дрейсенной, баянусом, мидиями и т.п. расчет потерь в водоводе следует производить при значении коэффициента шероховатости 0,02.

Диаметр самотечных или сифонных водоводов, м, вычисляют по формуле

$$D_{с.л} = \sqrt{\frac{4 \cdot q_p}{\pi \cdot V_{с.л}}} = 1,13 \sqrt{\frac{q_p}{V_{с.л}}}, \quad (4.2)$$

где q_p – расчетный расход одной секции, м³/с;

$V_{с.л}$ – допустимая расчетная скорость в трубопроводе, м/с.

Принимая расчетный внутренний диаметр, соответствующий сортаменту труб (прил. А и Б), находят фактическую скорость:

$$V_{с.л}^{факт} = \frac{q_p}{\pi \cdot \frac{D_{вн}^2}{4}}, \quad (4.3)$$

где $D_{вн}$ – внутренний диаметр трубы, м.

Скорость при аварийном режиме $V_{с.л}^{ав}$, м/с, определяют из выражения

$$V_{с.л}^{ав} = \frac{q_{ав}}{\pi \cdot \frac{D_{вн}^2}{4}}, \quad (4.4)$$

где $q_{ав}$ – расход воды в момент возникновения аварии или ремонта, м³/с.

Экономичные скорости движения воды в самотечных линиях $V_{с.л}^{факт}$ и $V_{с.л}^{ав}$, м/с, должны находиться в пределах от 0,7 до 2,0 м/с при нормальном режиме и от 0,5 до 2,5 м/с – при аварии.

Скорости в самотечных линиях должны быть проверены:

- на незаиляемость транспортируемыми по трубе наносами;
- на подвижность попадающих в трубопровод наносов;

При этом самотечные линии должны быть проверены на устойчивость к всплыванию.

4.1. Определение незаиляющей скорости

Оптимальная скорость движения воды в самотечных линиях водозабора должна быть не меньше незаиляющей скорости

$$V_{с.л}^{факт} \geq V_{нез}$$

Незаиляющую скорость можно определить по формулам С.В. Яковлева, А.С. Образовского, В.П. Сироткина, А.М. Курганова. Если данное неравенство не выполняется, то заново определяют диаметр самотечных линий.

а. Определение незаиляющей скорости, м/с, по формуле С.В. Яковлева

$$V_{нез} = 10,99 \cdot D_{с.л}^{0,2} \cdot \omega, \quad (4.5)$$

где ω – средневзвешенная гидравлическая крупность взвешенных частиц в воде источника, м/с (принимается в зависимости от среднего размера частиц взвеси по табл. 4.2);

$D_{с.л}$ – диаметр самотечных линий, м.

Т а б л и ц а 4.2

Гидравлическая крупность наносов ω , м/с, в зависимости от диаметра частиц d , мм

d , мм	ω , м/с	d , мм	ω , м/с
1	2	3	4
0,01	0,00007	0,85	0,084
0,03	0,00062	0,9	0,0875
0,05	0,00173	0,95	0,0906
0,08	0,00443	1,00	0,0944
0,1	0,00692	1,25	1,150
0,13	0,0116	1,50	1,256
0,15	0,0156	1,75	1,392
0,18	0,0174	2,00	1,529

Окончание табл. 4.2

1	2	3	4
0,2	0,0216	2,25	1,662
0,25	0,027	2,50	1,765
0,3	0,0324	2,75	1,850
0,35	0,0378	3,00	1,925
0,4	0,0432	3,25	2,01
0,45	0,0486	3,50	2,085
0,5	0,054	3,75	2,155
0,55	0,0594	4,00	2,225
0,6	0,0648	4,25	2,295
0,65	0,0702	4,50	2,365
0,7	0,0732	4,75	2,43
0,75	0,077	5,00	2,49
0,8	0,0807		

б. Определение незаиляющей скорости, м/с, по формуле А.М. Курганова

$$V_{\text{нез}} = \omega \cdot \lambda^{2/3} \approx 0,55 \cdot \omega \cdot C^{4/3}, \quad (4.6)$$

где λ – коэффициент гидравлического трения,

$$\lambda = \frac{8 \cdot g}{c^2};$$

C – коэффициент Шези.

В квадратичной области сопротивление коэффициента Шези C , м^{0,5}/с, определяется по формуле Н.Н. Павловского:

$$C = \frac{R_{\text{с.л}}^y}{n}, \quad (4.7)$$

где $R_{\text{с.л}}$ – гидравлический радиус самотечной линии, м;

n – коэффициент шероховатости; для стальных новых труб $n=0,226$, для стальных ненновых труб при $V_{\text{с.л}} < 1,2$ м/с $n=0,3$;

y – показатель степени:

$$y = 1,5\sqrt{n} \quad \text{при } R_{\text{с.л}} < 1 \text{ м};$$

$$y = 1,3\sqrt{n} \quad \text{при } R_{\text{с.л}} > 1 \text{ м}.$$

в. Определение незаиляющей скорости, м/с, по формуле А.С. Образовского

$$V_{\text{нез}} = \sqrt[3]{\frac{c_{\text{в}} \cdot \omega \cdot D_{\text{с.л}}}{0,11 \cdot \left(1 - \frac{\omega}{u}\right)^{4,3}}}, \quad (4.8)$$

где $c_{\text{в}}$ – концентрация взвешенных частиц в воде, кг/м³;
 u – скорость выпадения частиц взвеси в потоке, м/с (динамическая скорость),

$$u = \frac{\sqrt{g}}{C} V_{\text{с.л}}^{\text{факт}} \approx 0,07 \cdot V_{\text{с.л}}^{\text{факт}}, \quad (4.9)$$

где C – коэффициент Шези для потока в самотечной линии, м^{0,5}/с;
 $V_{\text{с.л}}^{\text{факт}}$ – фактическая скорость течения воды в самотечной линии, м/с.

г. Определение незаиляющей скорости, м/с, по формуле В.П. Сироткина

$$V_{\text{нез}} = V_1 + 3,65 \cdot c_{\text{в}}^{\frac{2}{15}} \cdot \omega^{\frac{4}{15}} \cdot q_{\text{р}}^{\frac{1}{5}}, \quad (4.10)$$

где $V_1 = 0,3 \dots 0,2$ м/с при мелких наносах, когда $\omega < 0,0$ м/с;
 $V_1 = 0,3 \dots 0,5$ м/с при средних и крупных наносах, когда $\omega > 0,02$ м/с;
 $c_{\text{в}}$ – концентрация взвешенных частиц в воде, кг/м³;
 ω – гидравлическая крупность наносов, м/с (определяется по табл. 4.2).
 $q_{\text{р}}$ – расчетный расход одной секции, м³/с.

4.2. Проверка влияния скорости движения воды в самотечных линиях на подвижность наносов

Скорость в самотечных линиях должна быть больше скорости подвижности захватываемых в трубу влекомых наносов:

$$V_{\text{с.л}}^{\text{факт}} \geq V_{\text{п}} = A \cdot (D_{\text{с.л}} \cdot d_{\text{н}})^{0,25}, \quad (4.11)$$

где $V_{\text{п}}$ – скорость подвижности в трубе наносов, м;
 $D_{\text{с.л}}$ – диаметр самотечной линии, м;
 $d_{\text{н}}$ – крупность наносов, м;
 A – параметр, имеющий значения при скоростях:
 неразмывающей 1,7;
 начала трогания наносов 2,5;

начала общего движения наносов 5,0;
 начала взвешивания со дна 15.

В курсовом проектировании обычно параметр A принимают в пределах от 7,5 до 10.

Если скорость в самотечных линиях оказывается меньше незаилающей скорости и скорости подвижности наносов, то расчет по определению диаметра самотечных линий повторяют, задаваясь другими значениями диаметров труб.

4.3. Устойчивость самотечных линий на всплытие

При водовоздушной промывке самотечных линий, при опорожнении линий во время их ремонта или профилактического осмотра нарушается статическая устойчивость самотечных линий. Поэтому их проверяют на устойчивость к всплытию по условию

$$\frac{G}{\rho_{\text{в}} \cdot g \cdot \frac{\pi \cdot D_{\text{сл}}^2}{4} l_{\text{тр}}} \geq K_{\text{вспл}},$$

где $\frac{\pi \cdot D_{\text{сл}}^2}{4}$ – площадь поперечного сечения самотечной линии по наружному диаметру, м²;
 $\rho_{\text{в}}$ – плотность воды, кг/м³; $\rho_{\text{в}} = 1000$ кг /м³;
 $K_{\text{вспл}}$ – коэффициент устойчивости самотечных линий к всплытию, $K_{\text{вспл}} = 1,1 \dots 1,3$;
 $l_{\text{тр}}$ – длина трубы, м;
 G – сила тяжести трубы длиной 1 м с учетом гидроизоляции, Н,

$$G = m \cdot g;$$

здесь m – масса трубы длиной 1 м с диаметром и толщиной стенок, определяемым по прил. А и Б.

Если условие не выполняется, то прибегают к пригрузке линии специальной обсыпкой или балластными грузами.

Сила пригрузки, H , линии на длине 1 м определяется по формуле

$$G_{\text{пригр}} \geq K_{\text{вспл}} \cdot \rho_{\text{в}} \cdot g \cdot \frac{\pi \cdot D_{\text{сл}}^2}{4} - G. \quad (4.12)$$

Подводным трубопроводам, имеющим положительную плавучесть, устойчивость придается балластными грузами, а именно:

– чугунами и железобетонными в виде полуколец (прил. Ж), устанавливаемых на деревянную защитную футеровку и стягиваемых друг с другом болтами;

– бетонными и железобетонными (табл. 4.3) в виде седловидных блоков, устанавливаемых сверху трубопровода без крепления;

– разъемными кольцевыми грузами;

– сплошными утяжеляющими покрытиями из армированного бетона.

Сплошные утяжеляющие покрытия имеют ряд преимуществ:

- исключается необходимость устройства деревянной футеровки;
- повышается надежность защиты изоляции трубопровода от воздействия микроорганизмов и разрушения движущимися донными наносами;

- уменьшаются тяговые усилия при протаскивании трубопровода

Минимальная толщина бетонных покрытий, выполняемых в заводских или полевых условиях, составляет 40 мм. В полевых условиях бетонные покрытия наносят торкретированием или обетонированием в опалубке, перед которым трубопровод подвергают гидравлическому испытанию давлением, превышающим рабочее на 25 %.

Т а б л и ц а 4.3

Седловидные железобетонные грузы

Диаметр трубопровода, мм	Размеры груза, мм				Объем груза, м ³	Вес груза, кН		Схема балластного груза серповидной формы
	А	Б	В	Г		в воздухе	в воде	
720	1200	1120	340	1540	1,03	35	24,5	
820	1100	1210	390	1640	1,18	40	28	
1020	900	1430	500	1840	2,47	50	35	

4.4. Промывка самотечных линий

Полностью исключить осаждение взвесей в самотечных водоводах, диаметр которых был подобран с учетом незаилающих скоростей течения воды, как правило, не удастся вследствие вероятности внезапного превышения расчетного количества взвеси в воде, изменения ее крупности, снижения скоростей движения вод в водоводах. Для удаления осадка из самотечных водоводов предусматривают их промыв.

Аналогичное решение приходится принимать и тогда, когда незаилающая скорость оказывается значительно больше рекомендуемой скорости (см. табл. 4.1). В этом случае в двухсекционном водозаборе большую часть года в эксплуатации находятся оба самотечных водовода, а в период половодья или паводка – один. Скорость течения воды в нем при этом увеличивается вдвое; тем самым удастся обеспечить транспорт наносов по водоводам в береговые сооружения водозабора, откуда их удаляют специальным насосом или гидроэлеватором.

Промывную скорость течения воды можно определить по следующей формуле, приняв $A=10$:

$$V_{\text{пром}} \geq V_{\text{н}} = 10 \cdot \sqrt[4]{D_{\text{сл}} \cdot d_{\text{н}}} . \quad (4.13)$$

Промывка может быть прямой, обратной, водовоздушной, а также импульсной.

Профессор Н.Г. Малишевский рекомендует производить промывку самотечных и сифонных труб таким количеством воды, при котором скорость в промываемой трубе достигала бы 2...3 м/с. В.П. Сироткин считает целесообразно определять наименьшую промывную скорость, м/с, по формуле

$$V_{\text{пром}}^{\text{min}} = (1,25 \dots 1,5) \cdot V_{\text{нез}} , \quad (4.14)$$

где $V_{\text{нез}}$ – незаилающая скорость в трубе, м/с.

При промывке самотечного водовода прямым током воды отключают один водовод (в двухсекционном – водозабор) и по второму пропускают весь требуемый расход воды $Q_{\text{в}}$. Осадок из водовода поступает в береговой колодец, который удаляется гидроэлеватором. При необходимости цикл прямой промывки самотечных линий повторяют несколько раз. Промывку этим способом осуществляют при достаточно высоких уровнях водоисточника, и такой же режим требуется в паводок при высокой мутности воды в реке для самотечных линий небольших диаметров (300...350) мм.

Например, при включении одной из двух труб и при захвате того количества воды Q_b , которое транспортировалось до промывки по двум водоводам, скорость в промываемой трубе увеличится в два раза (рис.4.1).

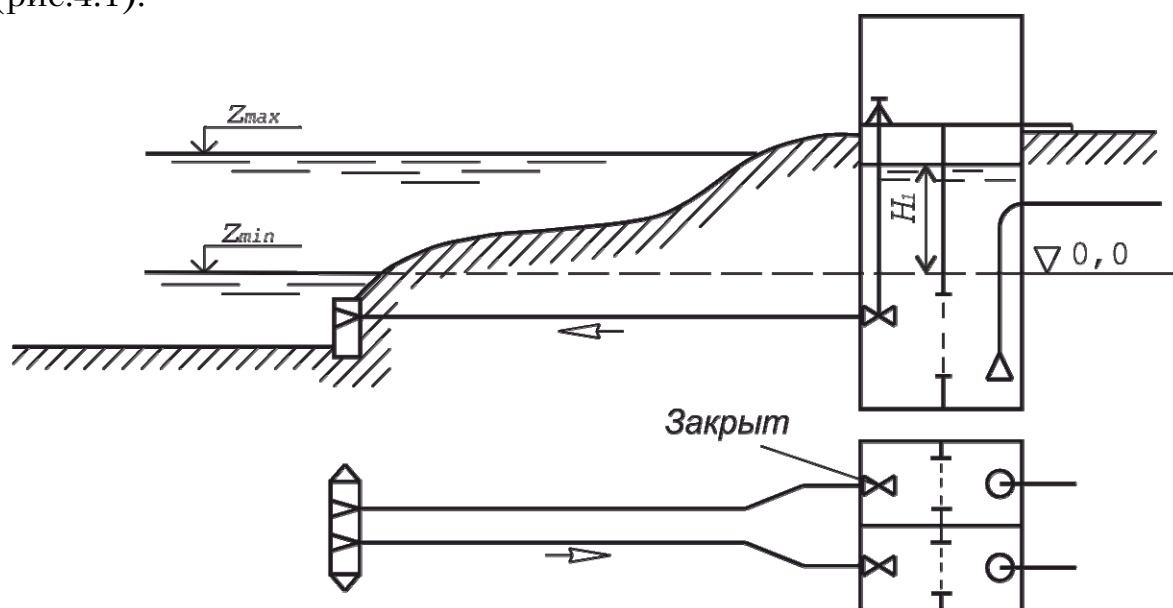


Рис. 4.1. Схема прямой промывки самотечной трубы

При выключении одной из трех самотечных труб скорости в двух промываемых увеличатся в 1,5 раза.

При обратной промывке самотечных линий их соединяют промывными линиями с напорными трубопроводами насосной станции первого подъема. Обратная промывка осуществляется при наличии в потоках воды шуги, а также при необходимости очистки сороудерживающих решеток и фильтрующих кассет.

При обратной промывке вода в промываемой трубе течет из берегового колодца в реку (рис.4.2); при этом в непромываемых трубах вода течет из реки в колодец с увеличенной скоростью. Если в водоприемных сооружениях имеется всего лишь две трубы, то при обратной промывке одной из них будет выполняться прямая промывка другой трубы. Обратную промывку производят, используя объем воды, предварительно накопленной в береговом колодце, или же направляя из напорных водоводов воду, подаваемую насосами первого подъема. Иногда вода для промывки труб направляется из отстойников.

Промывка линий средних (350...600 мм) и больших (более 600 мм) диаметров осуществляется водовоздушным или импульсным способом. Гидропневматическая промывка за счет подачи сжатого воздуха в поток воды эффективна при наличии заиления и коррозионных отложений. Импульсную промывку линий осуществляют обычно в

период низкого уровня воды в источнике. В результате импульсной промывки одновременно очищаются решетки, кассеты и фильтрующие обсыпки водоприемных оголовков сооружений.

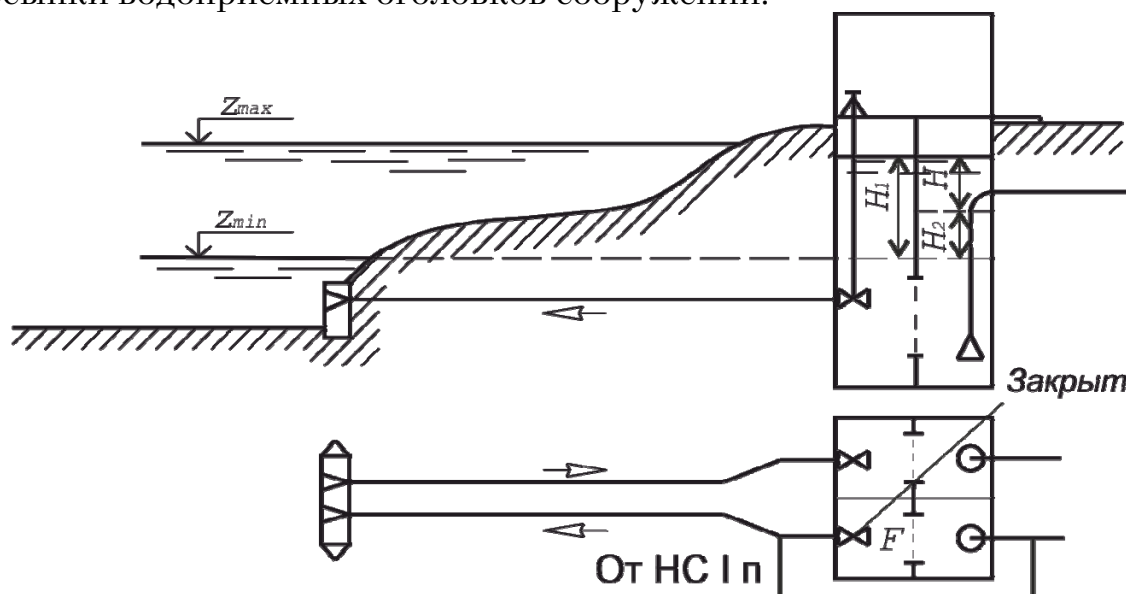


Рис. 4.2. Схема обратной промывки самотечной трубы

В отдельных случаях можно очищать водоводы протаскиванием через них совков и рыхлителей.

Гидравлические расчеты промывки труб от наносов производят для того, чтобы определить:

- напор, необходимый для промывки, H , м;
- продолжительность промывки T , с;
- объем воды, необходимый для промывки W , в течение времени T , м^3 ;
- расход промывной воды $Q_{\text{пр}}$, $\text{м}^3/\text{с}$.

4.4.1. Расчет прямой и обратной промывок при постоянном напоре с равномерным движением промывной воды

В расчете решаются две задачи:

п е р в а я – возможность промывки самотечных линий на данном насосном оборудовании;

в т о р а я – необходимость наличия запаса воды для промывки труб.

Определяется расход промывной воды, $\text{м}^3/\text{с}$, по формуле

$$Q_{\text{пр}} = 0,785 \cdot D_{\text{сл}}^2 \cdot V_{\text{пром}}, \quad (4.15)$$

где $D_{\text{сл}}^2$ – расчетный внутренний диаметр трубы, м;

$V_{\text{пром}}$ – наименьшая промывная скорость в самотечных трубах, м/с.

При промывке одного (из двух) самотечных водоводов по второму водоводу необходимо пропустить расход Q_b , который насосами (первого подъема) будет подаваться в напорный коллектор. Из напорного коллектора расход, равный $0,5Q_b$, отбирается для целей промывки, а оставшийся расход $0,5Q_b$ подается потребителю. Желательна подача на промыв большего (чем $0,5Q_b$) расхода воды, но снижение подачи воды потребителю регламентируется категорией водозабора (см. табл. 1.3), и подача на промыв увеличенных расходов воды за счет одновременного снижения подачи потребителю может быть допущена в исключительных случаях и лишь кратковременно, например на промыв соросдерживающих решеток. Поэтому желательно по второму водоводу забрать из источника повышенный расход воды $1,5Q_b$ (например, за счет включения резервных насосов первого подъема); из этого расхода 70 % подать потребителю, а 80 % – на промывку самотечного водовода.

Насос первого подъема, забирая воду из реки при некотором ее уровне, под этот же уровень будет подавать промывной расход, т.е. практически весь напор насоса H должен быть равен сумме всех гидравлических сопротивлений по пути движения воды при промывке, т.е. $H = \sum h$.

Потери напора в промываемой трубе рассчитываются по формуле

$$\sum h = H = \left(\frac{A \cdot l}{n^2} + \frac{1}{12,1 \cdot D^4} + \sum A_m \right) \cdot Q_{пр}^2, \quad (4.16)$$

где $\frac{1}{12,1 \cdot D^4}$ – коэффициент учета напора на создание скорости движения воды;

$\sum A_m = \frac{\sum \xi}{12,1 \cdot D^4}$ – сумма удельных местных сопротивлений, c^2/m^6 ;

здесь $\sum \xi$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений, определяемых по прил. 3;

A – коэффициент удельного гидравлического сопротивления по длине трубы, c^2/m^6 , определяется в зависимости от материала труб:

для новых стальных труб

$$A = \frac{0,001314}{D^{5,226}} \cdot \left(1 + \frac{0,684}{V_{пром}} \right)^{0,226}; \quad (4.17)$$

для новых чугунных труб

$$A = \frac{0,001190}{D^{5,284}} \cdot \left(1 + \frac{3,36}{V_{\text{пром}}}\right)^{0,284}, \quad (4.18)$$

для новых асбестоцементных труб

$$A = \frac{0,001190}{D^{5,190}} \cdot \left(1 + \frac{3,51}{V_{\text{пром}}}\right)^{0,190} \quad (4.19)$$

для новых железобетонных напорных труб

$$A = \frac{0,001301}{D^{5,190}} \cdot \left(1 + \frac{3,51}{V_{\text{пром}}}\right)^{0,190}; \quad (4.20)$$

для новых пластмассовых труб

$$A = \frac{0,00111}{V_{\text{пром}}^{0,226} \cdot D^{5,226}}; \quad (4.21)$$

D – расчетный внутренний диаметр трубы, м;

$Q_{\text{пр}}$ – расход промывной воды, м³/с;

l – длина самотечной линии, м;

n – количество промываемых линий ($n=1$ – при двух самотечных линиях; $n=2$ – при трех самотечных линиях).

Потери напора по скорости, м, можно вычислить по формуле

$$\sum h = H = \left(\frac{\lambda \cdot l}{D} + 1 + \sum \xi \right) \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}, \quad (4.22)$$

где λ – коэффициент сопротивления по длине труб; промывная скорость обычно больше 1 м/с; поэтому можно принять:

по Н.Н. Павловскому, $\lambda = \frac{0,0211}{D^{0,34}}$ или, по Ф.А. Шевелеву, $\lambda = \frac{0,021}{D^{0,3}}$;

l – длина трубы, м;

D – расчетный внутренний диаметр труб, м;

$\sum \xi$ – сумма коэффициентов местного сопротивления, принимаемых по прил. 3;

V – средняя скорость движения воды при промывке, м/с;

g – ускорение свободного падения, $g = 9,81$ м/с²;

1 – используется для учета скоростного напора.

Находим необходимую продолжительность промывки T , с, при постоянном напоре с равномерным движением воды:

$$T = \frac{\rho_n \cdot W_n}{(c - c_o) \cdot Q_{\text{пр}}}, \quad (4.23)$$

где T – продолжительность промывки, с;
 $\rho_n \approx 1700$ кг/м³ – плотность наносов;
 W_n – объем песка, подлежащий удалению из трубы, м³;
 c – транспортирующая способность потока в трубе при промывной скорости, кг/м³;
 c_o – концентрация наносов в поступающей воде или в воде, подаваемой для промывки, кг/м³; $c_o = M$ (M – мутность наносов);
 $Q_{\text{пр}}$ – промывной расход воды, м³/с.

Объем наносов W_n можно определить по формуле

$$W_n = \alpha \cdot \omega_r \cdot l = 0,785 \cdot \alpha \cdot D^2 \cdot l, \quad (4.24)$$

где D – внутренний диаметр трубы, м;
 l – длина трубы, м;
 $\alpha = \frac{f}{\omega_r}$ – отношение площади, занимаемой наносами, к площади сечения трубы $\omega_r = 0,785D^2$ (рис.4.3).

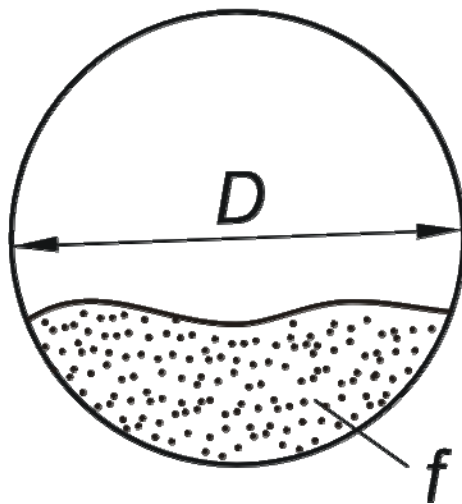


Рис. 4.3. Поперечное сечение трубы с наносами

После подстановки в формулу (4.23) значения W_n из формулы (4.24) и $\rho_n = 1700$ кг/м³ получим:

$$T = \frac{1334,5 \cdot \alpha \cdot D^2 \cdot l}{(c - c_o) \cdot Q_{\text{пр}}}. \quad (4.25)$$

При частном значении $\alpha=0,1$ (которое можно принять для проектируемых водоприемников) необходимая продолжительность промывки

$$T = \frac{1334,5 \cdot D^2 \cdot l}{(c - c_0) \cdot Q_{\text{пр}}} \quad (4.26)$$

Объем воды, необходимый для промывки в течение T секунд:

$$W_{\text{пр}} = Q_{\text{пр}} \cdot T \quad (4.27)$$

4.4.2. Расчет обратной промывки за счет объема воды в береговом колодце

Истечение воды из предварительно наполненного колодца в реку по промываемой трубе происходит под действием переменного напора от H_1 до нуля (см. рис.4.2).

Наибольшая промывная скорость движения воды в трубе при мгновенном открытии затвора на трубе определяется по формуле

$$V_{\text{max}} = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot H_1}{1 + \frac{\lambda \cdot l}{D} + \sum \xi}} \quad (4.28)$$

где H_1 – наибольший напор истечения, м;

λ – коэффициент сопротивления по длине труб;

l – длина самотечной трубы, м;

D – расчетный внутренний диаметр, м;

$\sum \xi$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений.

Наименьшая промывная скорость V_{min} будет при истечении под напором H_2 (см. рис.4.2).

Подставив в формулу (4.22) вместо H и V значения H_2 и V_{min} , получим:

$$H_2 = \left(\frac{\lambda \cdot l}{D} + 1 + \sum \xi \right) \cdot \frac{V_{\text{min}}^2}{2 \cdot g} \quad (4.29)$$

При истечении воды под напором $H < H_2$ скорость в трубе будет меньше наименьшей промывной, и промывка трубы производиться не будет.

Продолжительность истечения воды из колодца зависит в некоторой мере от того, будет ли поступать в колодец во время промывки вода с расходом q_p (см. формулу (4.2)). Продолжительность

истечения при изменении напора от H_1 до H_2 рассмотрим в двух случаях.

Случай I. Продолжительность истечения в секундах при постоянном притоке воды $q_p > 0$.

$$T = \frac{2 \cdot F}{\omega_T \cdot \sqrt{2 \cdot g}} \cdot \sqrt{\frac{\lambda \cdot l}{D} + \sum \xi} \left(\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2} + H \cdot \ln \frac{\sqrt{H_1} - \sqrt{H_0}}{\sqrt{H_2} - \sqrt{H_0}} \right), \quad (4.30)$$

где F – площадь в плане секции колодца, из которой происходит истечение, м^2 ;

ω_T – площадь сечения промываемой трубы, м^2 ;

$$H_0 = \left(\frac{\lambda \cdot l}{D} + \sum \xi \right) \cdot \frac{q^2}{2 \cdot g \cdot \omega_T^2} \quad (4.31)$$

– это напор, под которым вытекает вода с расходом q , $\text{м}^3/\text{с}$.

Отметим, что при $H_0 = H_2$ в знаменателе под логарифмом в формуле (4.30) будет нуль; при этом третье слагаемое, заключенное в скобки, равно ∞ .

Случай II. Продолжительность истечения в секундах, когда $q_p = 0$:

$$T = \frac{2 \cdot F}{\omega_T \cdot \sqrt{2 \cdot g}} \cdot \sqrt{\frac{\lambda \cdot l}{D} + \sum \xi} (\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2}). \quad (4.32)$$

При истечении под переменным напором изменяется скорость течения, а следовательно, и мутность воды в трубе.

Вес наносов $\gamma \cdot W_n$, удаляемых из трубы при однократном опорожнении колодца, можно приблизительно определить, пренебрегая величиной c_0 , по формуле

$$\gamma \cdot W_n = (c \cdot Q)_{\text{cp}} \cdot T, \quad (4.33)$$

где $(c \cdot Q)_{\text{cp}}$ – среднее количество наносов, удаляемых из трубы, $\text{кг}/\text{с}$;

T – продолжительность одного опорожнения в секундах, вычисляемая по формуле (4.31) или (4.32).

Значение $(c \cdot Q)_{\text{cp}}$ можно рассчитать по формуле

$$(c \cdot Q)_{\text{cp}} = \frac{c_1 \cdot Q_1 + c_2 \cdot Q_2 + \dots + c_N \cdot Q_N}{N}, \quad (4.34)$$

c_1, c_2, \dots, c_N – мутности воды соответственно при расходах Q_1, Q_2, \dots, Q_N ;

N – количество произведений $c \cdot Q$ при изменении промывной скорости от V_{max} до V_{min} .

Зная вес наносов $\gamma \cdot W_n$, подлежащих удалению из трубы, и вес наносов $\gamma \cdot W_1$, удаляемых при однократном опорожнении колодца, можно определить необходимое число N_k опорожнений колодца:

$$N_k = \frac{\gamma \cdot W_n}{\gamma \cdot W_1}. \quad (4.35)$$

По значению N_k можно судить в каждом отдельном случае об эффективности обратной промывки и о степени целесообразности ее применения для промывки труб от наносов.

4.5. Расчет сифонных линий

Сифонные линии устраивают вместо самотечных при необходимости уменьшения глубины укладки труб на водозаборах II и III категорий надежности. Для сбора и откачки воздуха из сифонного водовода его прокладывают с постоянным подъемом в сторону насосной станции (уклон не менее 0,001). Подъем воды в сифон выше уровня воды, находящейся в водоеме, происходит под действием давления атмосферного воздуха и вследствие разрежения (вакуума) внутри сифона (рис.4.4). Количество сифонных линий принимают не менее двух.

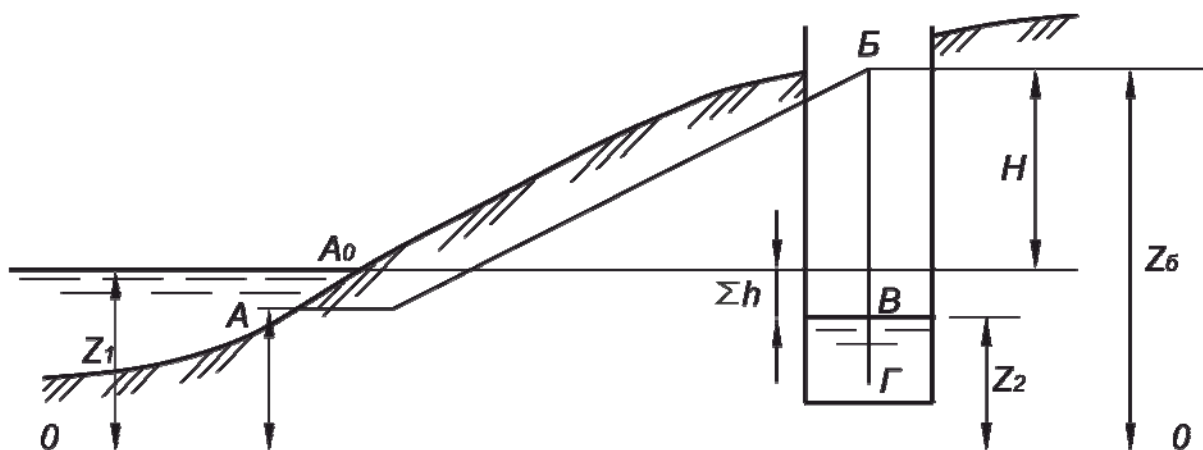


Рис. 4.4. Расчетная схема сифона

Высотное положение сифонных водоводов назначают, исходя из обеспечения их работы при минимальном расчетном уровне воды в водоисточнике и максимальном расходе в водоводе.

Для нормальной работы сифона необходимо выполнение условия

$$\frac{p_{\text{вак}}}{\rho \cdot g} < \frac{p_{\text{ат}}}{\rho \cdot g} - \frac{p_{\text{н.п}}}{\rho \cdot g}, \quad (4.36)$$

где $p_{\text{вак}}$ – вакуумметрическое давление в наивысшем месте водовода;

$p_{\text{ат}}$ – атмосферное давление воздуха, зависящее от высоты расположения местности над уровнем моря (табл. 4.4);

$p_{\text{н.п}}$ – давление насыщенных паров воды при расчетной ее температуре (табл. 4.5);

ρ – плотность воды, $\rho=1000$ кг/м³.

Т а б л и ц а 4.4

Атмосферное давление воздуха в зависимости
от высоты расположения местности

Высота над уровнем моря, м	0	100	200	300	400	500	600	700	800	1000	1500	2000
$p_{\text{ат}}$, кгс/см ²	1,13	1,02	1,01	1,00	0,98	0,97	0,96	0,95	0,94	0,92	0,86	0,84
$p_{\text{ат}}/(\rho \cdot g)$, м в. ст.	11,3	10,2	10,1	10,0	9,8	9,7	9,6	9,5	9,4	9,2	8,6	8,4

Т а б л и ц а 4.5

Давление насыщенных водяных паров в зависимости
от температуры воды

Температура, t , °С	Давление $p_{\text{н.п}}$, кгс/см ²	$p_{\text{н.п}}/(\rho \cdot g)$, м вод.ст.
0	0,006	0,06
5	0,0089	0,089
10	0,0125	0,125
15	0,0174	0,174
20	0,024	0,24
25	0,032	0,32
30	0,043	0,43
40	0,075	0,75
45	0,098	0,98
50	0,126	1,26
55	0,16	1,6
60	0,203	2,03
65	0,255	2,55
70	0,317	3,17
75	0,39	3,9
80	0,48	4,8
85	0,59	5,9
90	0,71	7,1
95	0,86	8,6
100	1,033	10,33

Для сифонных водоводов необходимо, чтобы вакуум в высшей точке сифона создавал высоту поднятия воды не превышающую 6...7 м вод. ст., при температуре до 25 °С.

Допустимая высота сифона (в точке Б, см. рис 4.4) под расчетным уровнем в источнике при форсированном режиме определяется по формуле, м:

$$H = Z_B - Z_1 = \left(\frac{p_{\text{вак}}}{\rho \cdot g} - \frac{p_{\text{н.п}}}{\rho \cdot g} \right) \cdot \eta - \sum h_{\text{сиф}}, \quad (4.37)$$

где η – коэффициент учета возможности попадания воздуха внутрь сифонного трубопровода через неплотности в соединениях труб и сальниках арматуры; $\eta=0,8...0,9$;

$\sum h_{\text{сиф}}$ – суммарные потери напора во всасывающей трубе сифона от его начала до высшей точки (от А до Б, см. рис. 4.4) по длине на преодоление местных сопротивлений и на создание скорости движения воды в сифоне, м:

$$\sum h_{\text{сиф}} = \left(\frac{\lambda \cdot l}{D} + 1 + \sum \xi \right) \cdot \frac{V_{\text{сиф}}^2}{2 \cdot g} = (1 + \xi_n) \cdot \frac{V_{\text{сиф}}^2}{2 \cdot g}; \quad (4.38)$$

здесь λ – коэффициент сопротивления по длине трубы, определяемый по табл. 4.6;

ξ_n – коэффициент сопротивления в сифоне от точки А до точки Б;

l – длина трубы от точки А до точки Б, м;

D – расчетный внутренний диаметр, назначаемый по скорости движения воды в нём и расходу при нормальном режиме работы водозабора, м;

$\sum \xi$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений на входе, поворотах (коленах) и на выходе из сифона, определяемых по прил. 3,

$$\sum \xi = \xi_{\text{вх}} + \sum \xi_{\text{кол}} + \xi_{\text{вых}}; \quad (4.39)$$

$V_{\text{сиф}}$ – скорость воды в сифонном водоводе при форсированном режиме, м/с.

Таблица 4.6

Значения коэффициентов сопротивления по длине
в зависимости от условного прохода трубы

d_y , мм	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800	900	1000	1200	1400	1500	1600
λ	0,035	0,034	0,031	0,0284	0,028	0,0268	0,0258	0,025	0,024	0,023	0,022	0,0218	0,021	0,0198	0,019	0,0186	0,018

Скорость движения воды в сифоне

$$V_{\text{сиф}} = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot (z_1 - z_2)}{\lambda \cdot l_c / D + \sum \xi + 1}}, \quad (4.40)$$

где z_1 – отметка воды в водоеме, м;

z_2 – отметка воды в приёмном отделении берегового колодца, м
(см. рис. 4.4);

l_c – полная длина сифонной линии, м (от точки А до точки Г).

Величина вакуума в сифоне (точка Б):

$$h_{\text{вак}} = H + \xi_n \frac{V_{\text{сиф}}^2}{2g}. \quad (4.41)$$

Перед пуском сифона в действие из него удаляют воздух и наполняют сифон водой с помощью вакуум-насоса. Такую операцию называют зарядкой сифона.

5. ВОДОПРИЕМНИКИ ВОДОЗАБОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Водоприемники классифицируют по следующим признакам:

- по способу приема воды – открытые поверхностные, глубинные, донные, фильтрующие, инфильтрационные и комбинированные;
- по месту расположения – береговые и русловые;
- по конструктивным особенностям – ряжевые, свайные, трубчатые, бетонные, железобетонные, бетонные в металлическом корпусе, с вихревыми камерами;
- по расположению водоприемника относительно минимального и максимального уровней воды – затопленные, частично затопляемые и незатопленные;
- по расположению водоприемных отверстий и направлению втекания в них воды – с горизонтальными или наклонными отверстиями, с лобовым, боковым, низовым, а также с односторонним, двухсторонним и круговым втеканием воды.

В коммунальном хозяйственно-питьевом водоснабжении наиболее распространены речные водозаборы с русловыми водоприемниками различных типов. Одним из основных элементов русловых водозаборов является оголовок, который защищает от повреждений концы самотечных труб и обеспечивает надежный забор воды.

Наиболее распространенные конструкции затопленных водоприемников (оголовков) приведены в прил. И в зависимости от области применения.

5.1. Определение минимальной глубины воды в источнике при конструировании оголовка

При определении размеров оголовка следует учитывать, что водоприемник должен иметь обтекаемую форму и в наименьшей степени стеснять сечение потока реки, чтобы избежать возможного переформирования русла реки у водозаборных сооружений.

Водоприемники русловые затопленные применяют при пологих берегах, т.е. в тех случаях, когда необходимые для расположения водоприемника под уровнем воды глубины находятся на некотором (иногда значительном) расстоянии от уреза воды при минимальном ее уровне. Минимальная глубина воды в реке для размещения водоприемника (рис.5.1) составит для летнего периода, м, при отсутствии волновых нагрузок:

$$H_{\min}^л = p + h + s + k, \quad (5.1)$$

где p – высота порога водоприемных отверстий, м (расстояние от дна реки до низа водоприемных отверстий);
 h – высота водоприемного отверстия, м;
 s – высота забрала, м (расстояние от верха водоприемника до уровня воды или до ложбины (подошвы) волны при волнении – не менее 0,3 м, или до нижней поверхности льда – не менее 0,2 м). Для равнинных рек $s \geq 0,5$ м;
 k – высота, зависящая от конструкции водоприемника, м (расстояние от верха водоприемного отверстия до верха оголовка), минимальная высота для равнинных рек $k = 0,2 \dots 0,3$ м.

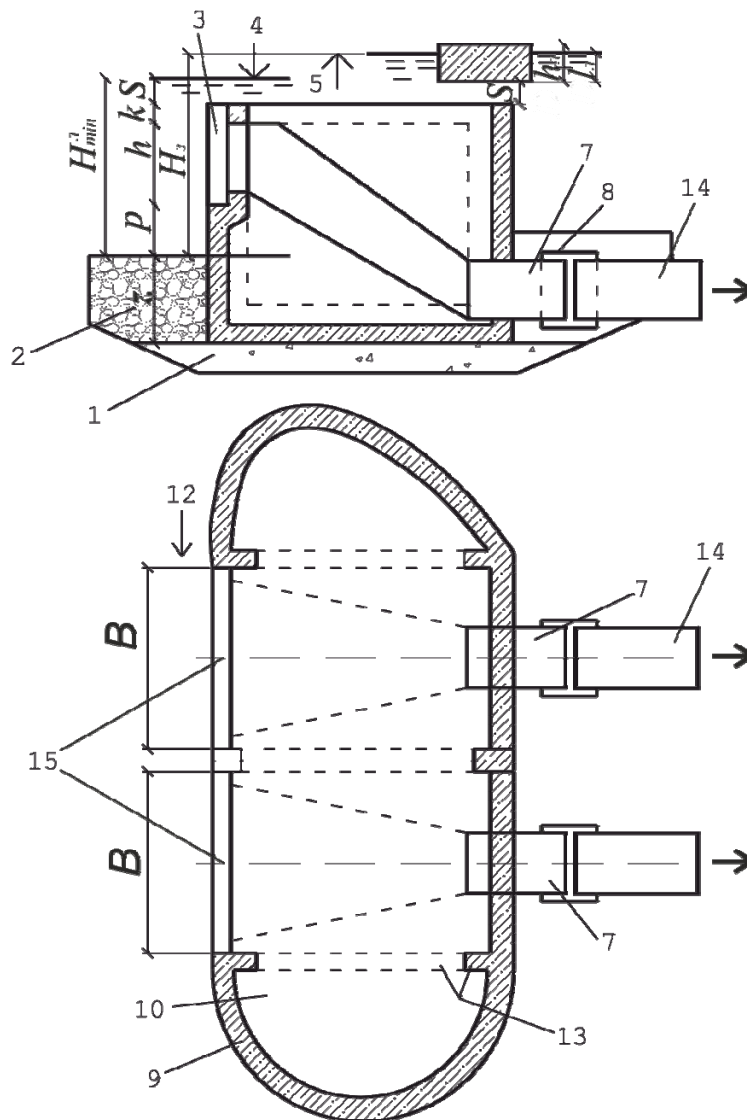


Рис. 5.1. Затопленный водоприемник:

1 – щебеночная подготовка; 2 – заполнение пазух строительного котлована наброской камней; 3 – водоприемное отверстие; 4 и 5 – соответственно летний и зимний минимальные уровни воды; 6 – лед; 7 – патрубок водоприемника; 8 – соединительная муфта; 9 – корпус; 10 – заполнение тощим бетоном; 11 – направляющие швеллера; 12 – направление течения воды в реке; 13 – рама жесткости; 14 – трубопровод; 15 – решетка

В целях борьбы с наносами высота порога p при незначительных глубинах должна быть не меньше 0,5 м, а при значительных глубинах рек, с учетом возможного отложения донных наносов у водоприемника и для уменьшения поступления воды из придонных слоев, имеющих большую мутность, обычно назначают $p=0,7...1,5$ м.

Высоту порога, м, при условии отсутствия подсоса наносов из придонного слоя можно найти по зависимости

$$p = 2 \cdot \sum B \cdot \frac{V_{\text{вт}}}{V_{\text{п}}}, \quad (5.2)$$

где $\sum B$ – суммарная ширина всех водозаборных отверстий, расположенных вверх по течению, включая отверстие, для которого определяется высота порога, м;

$V_{\text{вт}}$ – скорость втекания в водоприемное отверстие, м/с;

$V_{\text{п}}$ – поверхностная скорость течения воды в паводок в месте водозабора, м/с.

Тогда наименьшая требуемая глубина водоисточника, м, в летний период при волновых нагрузках составит (рис.5.2):

$$H_{\text{min}}^{\text{л}} = 0,5 + 0,3 + 0,2 + h + \frac{1}{2}h_{\text{в}} = 1,0 + h + \frac{1}{2}h_{\text{в}}, \quad (5.3)$$

где $h_{\text{в}}$ – высота волны, м.

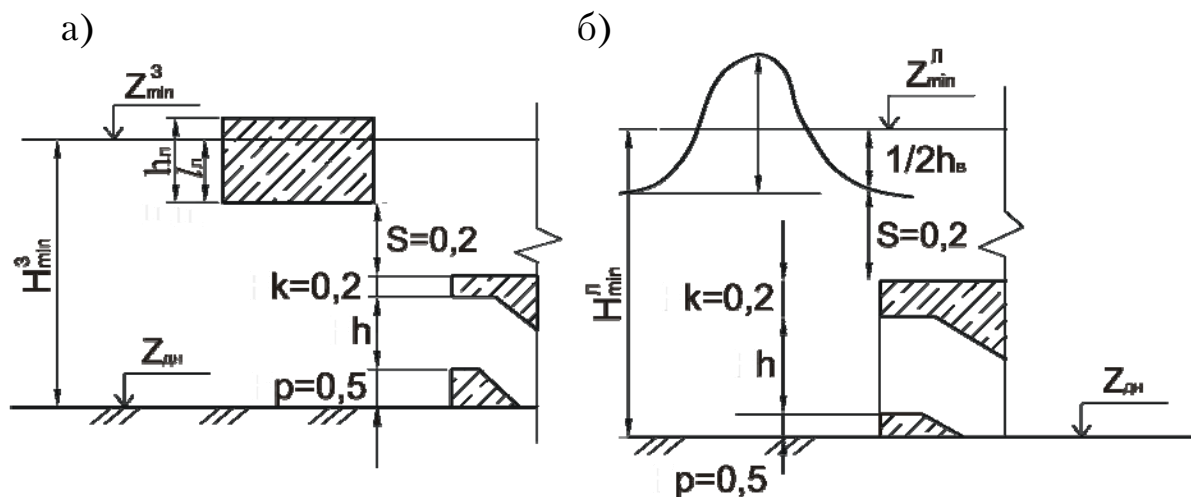


Рис. 5.2. Определение минимальных требуемых глубин у оголовков:
а – в зимний период; б – в летний период

В зимний период наименьшая требуемая глубина в водоисточнике у водоприемных сооружений будет:

$$H_{\min}^3 = p + h + s + k + l_{\text{л}}, \quad (5.4)$$

где $l_{\text{л}}$ – глубина погружения льда под уровень воды, м,

$$l_{\text{л}} = h_{\text{л}} \cdot \frac{\rho_{\text{л}}}{\rho_{\text{в}}} = 0,9 \cdot h_{\text{л}}; \quad (5.5)$$

здесь $h_{\text{л}}$ – толщина льда, м;

$\rho_{\text{л}}$ и $\rho_{\text{в}}$ – плотности льда и воды, равные соответственно 0,9 и 1,0 т/м³.

Тогда наименьшая требуемая глубина водоисточника в зимний период, м, составит (рис. 5.2, а):

$$H_{\min}^3 = 0,5 + 0,2 + 0,2 + h + 0,9 \cdot h_{\text{л}} = 0,9 + h + 0,9 \cdot h_{\text{л}}. \quad (5.6)$$

Значения $h_{\text{в}}$ (полная высота волны) определяются по [2] в зависимости от глубины водоема, скорости ветра на высоте 10 м и длины разгона волны или на основе результатов наблюдений.

Значения $h_{\text{л}}$ (толщина льда) принимаются либо на основе результатов наблюдений, либо по формулам, м:

$$h_{\text{л}} = \alpha_1 \cdot \sqrt{\sum T} \quad \text{или} \quad h_{\text{л}} = \alpha_2 \cdot \sqrt{\sum T'}, \quad (5.7)$$

где α_1 – коэффициент, равный: 11,0 – для рек и 13,3 – для прудов, озер и водохранилищ;

α_2 – коэффициент, равный: 2,0 – для рек и 3,68 – для прудов, озер и водохранилищ;

$\sum T$ – сумма отрицательных среднемесячных температур воздуха с момента поступления ледостава, °С;

$\sum T'$ – сумма отрицательных среднесуточных температур за год, °С;

$\sum T, \sum T'$ – определяются по прил. Г.

Заглубление водоприемника Z (см. рис.5.1) под дно реки должно быть не менее глубины возможного размыва дна. При назначении величины заглубления водоприемника следует учитывать, что верх самотечного водовода должен быть заглублен под дно реки не менее чем на 0,5 м или должно быть предусмотрено крепление дна в этом месте.

Определяется фактическая глубина водоисточника в месте расположения оголовка в зимний и летний периоды, м, по формулам:

$$H_{\min}^{\text{з факт}} = Z_{\min}^{\text{з}} - Z_{\text{дн}}, \quad (5.8)$$

$$H_{\min}^{\text{л факт}} = Z_{\min}^{\text{л}} - Z_{\text{дн}}, \quad (5.9)$$

где $Z_{\min}^{\text{з}}$, $Z_{\min}^{\text{л}}$ – минимальные уровни воды в источнике в зимний и летний периоды, соответственно, м;

$Z_{\text{дн}}$ – отметка дна в месте проектирования оголовка, м.

Если фактическая глубина больше расчетной минимальной глубины, то место расположения оголовка выбрано верно, если нет, то необходимо изменить проектную высоту водоприемных окон водозабора или место расположения оголовка.

5.2. Расчет статической устойчивости оголовков

Затопленные водоприемные оголовки водозаборных сооружений подвергаются воздействию силы тяжести G , сил взвешивающего P и гидростатического F давления воды (рис. 5.3). Они находятся в состоянии статической устойчивости только тогда, когда коэффициенты их устойчивости на сдвиг и опрокидывание не меньше нормируемых, а дно русла водоисточника вокруг оголовка не размывается:

$$\begin{cases} K_{\text{сдв}} = \frac{(G-P) \cdot f}{F} \geq |K_{\text{сдв}}|_{\text{н}}, \\ K_{\text{опр}} = \frac{G \cdot X_G}{F \cdot y_F + P \cdot X_P} \geq |K_{\text{опр}}|_{\text{н}}, \\ V_p \leq V_{\text{доп}}, \end{cases} \quad (5.10)$$

где f – коэффициент трения подошвы оголовка по его основанию, принимается по табл. 5.1;

X_G, y_F, X_P – плечи сил, действующих на оголовок сооружения относительно точки его опрокидывания;

$|K_{\text{сдв}}|_{\text{н}}, |K_{\text{опр}}|_{\text{н}}$ – допустимые коэффициенты статической устойчивости оголовков соответственно на сдвиг и опрокидывание, принимаемые равными 1,1...1,4;

V_p – скорость придонного течения потока в зоне расположения оголовка с учетом стеснения им сечения водоисточника, м/с;

$V_{\text{доп}}$ – допустимая при данном состоянии дна водоисточника скорость неразмывающего потока, определение которой приведено в разд. 7.

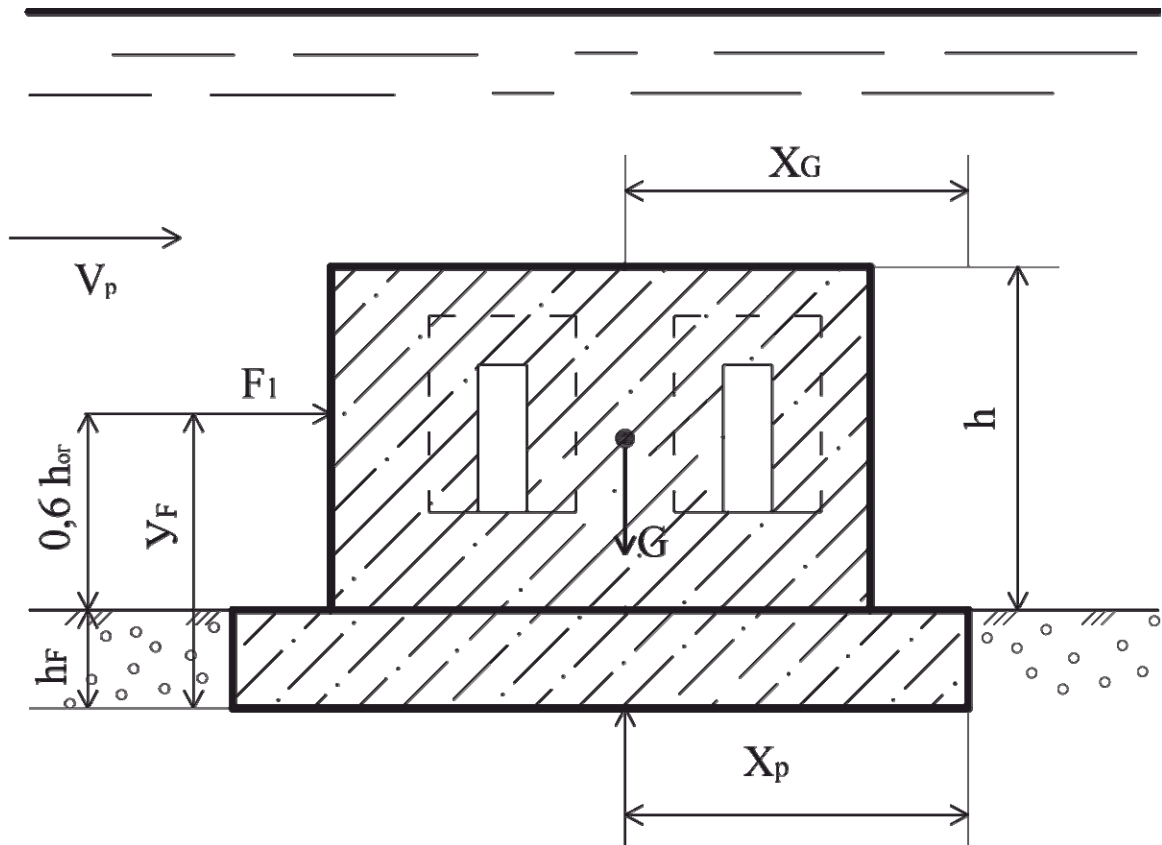


Рис. 5.3. Схема сил, действующих на оголовка руслового типа водозаборных сооружений

Если система уравнений (5.10) удовлетворяет требованиям устойчивости, то статическая устойчивость запроектированного оголовка обеспечена.

Таблица 5.1

Определение коэффициента трения в зависимости от его вида

Вид трения	f
Бетон по бетону	0,5
Бетон по скальному грунту	0,5
Бетон по каменной наброске	0,6
Бетон по песку	0,45
Бетон по супеси	0,35
Бетон по суглинку	0,25
Бетон по глине	0,2
Ряжи по каменной наброске	0,6
Ряжи по песку	0,4

Сила G , H , находится через массу оголовка m по выражению

$$G = m \cdot g = g \cdot \sum \rho_i \cdot V_i, \quad (5.11)$$

где ρ_i – плотность материалов элементов оголовка, кг/м³;

$\rho_{ог} = 2150 \dots 2300 \text{ кг/м}^3$ (для армированного бетона);

$\rho_{ф} = 2000 \dots 2150 \text{ кг/м}^3$ (для бетона);

$\rho_{ог} = 1500 \dots 1700 \text{ кг/м}^3$ (для ряжей);

V_i – объем его отдельных элементов, м^3 .

Сила взвешивания оголовка P , Н, расположенного на хорошо проницаемых грунтах, определяется по формуле

$$G = g \cdot \rho_{в} \cdot V = g \cdot \rho_{в} \cdot \sum V_i, \quad (5.12)$$

где $\rho_{в}$ – плотность воды, кг/м^3 ;

$V = \sum V_i$ – общий объем оголовка, м^3 .

Если основание оголовка расположено на грунтах с ограниченной проницаемостью, то

$$P = K_{взв} \cdot g \cdot \rho_{в} \cdot \Omega \cdot (h_{ог} + h_{ф}), \quad (5.13)$$

где $K_{взв}$ – коэффициент взвешивания, принимаемый по табл. 5.2;

Ω – площадь основания оголовка, м^2 ;

$h_{ог}$ – высота оголовка в потоке над дном реки, м;

$h_{ф}$ – заглубление фундамента оголовка относительно дна реки, м.

Т а б л и ц а 5.2

Определение коэффициента взвешивания
в зависимости от типа грунта

Тип грунта	$K_{взв}$
Мелкие и средние грунты	0,8...0,95
Глины	0,7...0,8
Суглинки и супеси	0,85...0,9
Сильнотрещиноватые скальные породы	0,75...1,0
Неразрушенные скальные породы	0,35

Сила гидродинамического воздействия, H , потока на оголовки вычисляется по формуле

$$F = \psi \cdot g \cdot \rho_{в} \cdot \omega \cdot \frac{V_p^2}{2g}, \quad (5.14)$$

где ψ – коэффициент лобового сопротивления оголовка потоку, принимаемый по табл. 5.3;

ω – площадь поперечного сечения части оголовка, воспринимающего гидродинамическое давление потока, м^2 ;

V_p – расчетная скорость течения воды в источнике.

Т а б л и ц а 5.3

Определение коэффициента лобового сопротивления
в зависимости от профиля оголовка в плане

План профиля оголовка	Ψ
Прямоугольный	0,6
Круговой	0,4
Ромбический	0,3
Каплевидный	0,07

Плечо U_F силы равно $h_F + 0,6 h_{ог}$, исходя из условия неравномерности распределения скоростей потока по вертикали.

Если система уравнений (5.10) удовлетворяет требованиям устойчивости, то статическая устойчивость запроектированного оголовка будет обеспечена.

5.3. Определение высоты наката волны и высоты ветрового нагона

Для определения отметки расположения берегового колодца необходимо определить высоту наката волны и высоту ветрового нагона.

Высоту наката волны, м, по откосу над уровнем спокойной воды (рис. 5.4) определяем по формуле

$$h_{н} = 2 \cdot K_{ш} \cdot h_{в} \cdot \sqrt[3]{\frac{\lambda_{в}}{h_{в}}}, \quad (5.15)$$

где $K_{ш}$ – коэффициент шероховатости, зависящий от типа покрытия откоса:

$K_{ш} = 1$ – для гладких сплошных поверхностей (асфальтовые покрытия);

$K_{ш} = 0,9$ – для бетонного покрытия;

$K_{ш} = 0,7 \dots 0,78$ – для шероховатых, водопроницаемых поверхностей (каменные наброски);

$K_{ш} = 0,5$ – для наброски из массивов (габионы);

$h_{в}$ – высота волны, м;

$\lambda_{в}$ – длина волны, м.

m – коэффициент заложения откоса, равный относительно заложения к высоте $m = \operatorname{tg} \varphi = \frac{l}{h}$. Для откосов земляного полотна

с креплением наброской камня, бетонными плитами или мощением камня $m = 2,25 \dots 3$.

Пологость волны $\frac{h_B}{\lambda_B}$ может быть принята равной 0,125...0,1.

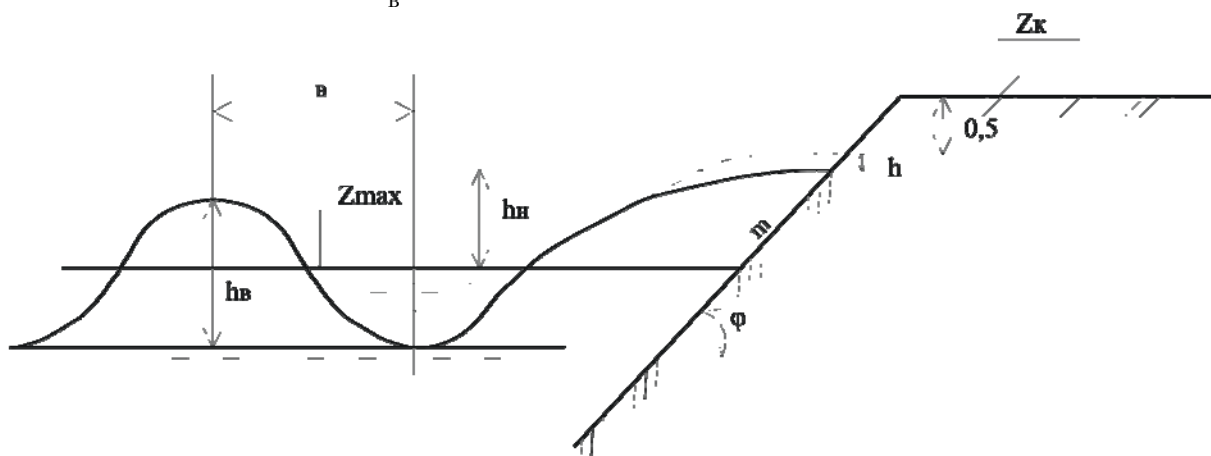


Рис 5.4. Схема к определению отметки расположения берегового колодца

Высоту волны, м, рассчитываем по формуле В.Г. Андриянова:

$$h_B = 0,0208 \cdot V^{\frac{5}{4}} \cdot \lambda_B^{\frac{1}{3}}, \quad (5.16)$$

где V – расчетная скорость ветра, м/с.

Высоту наката волны, м, вычисляем по формуле Н.Н. Джунковского:

$$h_H = 3,2 \cdot K_{ш} \cdot h_B \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (5.17)$$

φ – угол откоса бичевника, определяемый свойством породы и высотой волны.

По данным Е.В. Качугина, при средней высоте волны 0,5...1,0 м угол φ не превышает 13° . Величина угла φ примерно равна: для глин $\varphi=6^\circ$, для песков $\varphi=7...10^\circ$, для гравия и гальки $\varphi=11...13^\circ$.

Высоту ветрового нагона h , м, определяем по формуле

$$h = 2 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{V^2 \cdot \lambda_B}{q \cdot H_{и}} \cdot \cos \alpha_B, \quad (5.18)$$

где V – расчетная скорость ветра, м/с;

λ_B – длина разгона волны, м;

q – ускорение свободного падения, м/с²;

$H_{и}$ – условная расчетная глубина воды в источнике, м;

α_B – угол между продольной осью водоема и направлением господствующих ветров, град.

5.4. Проверка неразмываемости дна реки

Фактическая скорость придонного течения в месте установки оголовка должна быть меньше неразмывающей скорости:

$$V_p \leq V_{\text{доп}}, \quad (5.19)$$

где V_p – скорость придонного течения потока в зоне расположения оголовка с учетом стеснения им сечения водоисточника, м/с;

$V_{\text{н.п}} = V_{\text{доп}}$ – допустимая при данном состоянии дна водоисточника скорость неразмывающего потока, м/с.

Неразмывающую скорость течения воды, м/с, при проверке неразмываемости дна и определении крупности камня для крепления определяют по формуле

$$V_{\text{н.п}} = 4 \cdot (d_o \cdot H)^{0,25}, \quad (5.20)$$

где d_o – средневзвешенный диаметр отложений дна русла или каменного крепления, м;

H – глубина потока, м.

Проверку неразмываемости дна или его каменного крепления вне резких возмущений течения потока рекомендуется производить по формуле Б.И. Студеничкикова:

$$V_{\text{н.п}} = 1,5 \cdot \left(\frac{d_o}{d_{\text{max}}} \right)^{0,25} \cdot \sqrt{1 + 3c^{\frac{2}{3}}} \cdot \sqrt{\frac{1,1}{\alpha}} \times \sqrt{g \cdot d_o} \cdot \left(\frac{H}{d_o} \right)^{0,25}, \quad (5.21)$$

где $V_{\text{н.п}}$ – неразмывающая скорость, м/с;

d_{max} – наибольший диаметр отложений дна, содержащихся в смеси не более 5 %, м;

c – величина мутности от руслоформирующих фракций, кг/м³;

α – корректирующий коэффициент, учитывающий неравномерное распределение скоростей или их пульсацию и равный $\alpha \approx 1,1$;

Критическая мутность русла формирующих фракций, кг/м³, твердого стока в аллювиальном русле определяется по формуле

$$c_{\text{кр}} = 0,2 \cdot \left[\left(\frac{V}{V_{\text{н.п}}} \right)^2 - 1 \right]^{\frac{3}{2}}, \quad (5.22)$$

где V – средняя скорость течения воды в реке;

$V_{\text{н.п}}$ – неразмывающая скорость, м/с.

При мутности воды в реке $c > c_{н.р}$ будет наблюдаться отложение наносов, а при $c < c_{н.р}$ – размывы дна и взмыв взвешенных частиц.

Если фактическая скорость придонного потока V_{ϕ} у сооружения больше величины, найденной по формуле (5.21), вокруг оголовка необходимо устраивать щебеночные отсыпки и каменные отмостки.

Подмыв оголовка рекомендуется предупреждать устройством в его основании каменно-щебенистой постели и креплением дна реки у его контура. Крупность камня крепления можно определить по формуле

$$d_o \geq (2...4) \cdot \frac{V^4}{166 \cdot H}. \quad (5.23)$$

5.4.1. Определение параметра неразмываемости русла

Параметр устойчивости русла дает представление о движении наносов в русле реки, а параметр неразмываемости русла определяет характер дна русла при движении потока:

$$\Pi = \frac{V_{\phi}}{V_{н.р}}, \quad (5.24)$$

где V_{ϕ} – скорость течения реки при максимальных расходах, м/с;

$V_{н.р}$ – неразмывающая скорость, м/с.

При $1,0 < \Pi < 1,1$ считается, что движение происходит по гладкому дну, при $1,1 < \Pi < 2,4$ – движение по грядовому дну.

При движении гряд периодически изменяется донный рельеф с активным перемешиванием наносов в природном слое. Наносы отлагаются у водоприемников, повышается отметка дна реки у водоприемных окон до уровня порога и даже выше. Наносы вовлекаются внутрь водозаборных сооружений: частично или полностью перекрываются водоприемные отверстия. Другим проявлением руслоформирующих процессов может быть размыв русла с подмывом водоприемников и самотечных линий.

6. КОНСТРУИРОВАНИЕ БЕРЕГОВЫХ КОЛОДЦЕВ

Береговые колодцы предназначены для размещения в них водоочистных решеток и сеток. Так как сетки располагают ниже минимального уровня воды, то сеточное здание оказывается заглубленным. Строительство его при нескальных грунтах в большинстве случаев осуществляют методом опускного колодца. В связи с этим и само сеточное здание именуют береговым сеточным колодцем.

Береговые колодцы следует располагать на незатопляемых отметках берега. Для того чтобы сократить протяженность самотечных водоводов на участке с наибольшей глубиной их заложения, береговой колодец можно расположить на пологом берегу в месте, заливаемом в половодье на 1,5...3 м, предусмотрев обсыпку его грунтом до отметки, превышающей высоту наката волны при расчетном максимальном уровне воды не менее чем на 0,5 м.

$$Z_{\text{к}} = h_{\text{п}} + Z_{\text{max}} + h_{\text{н}} + 0,5, \quad (6.1)$$

где $Z_{\text{к}}$ – отметка расположения на берегу сеточного колодца, м;
 $h_{\text{п}} = 1,5...3$ м – превышение над максимальным уровнем воды в реке в половодье;
 Z_{max} – отметка максимального уровня воды в источнике, м;
 $h_{\text{н}}$ – высота наката волны, м.

Если колодец расположен на крутом берегу, то его месторасположение с учетом ветрового и волнового нагона волны, м, определяют по формуле

$$Z_{\text{к}} = Z_{\text{max}} + h_{\text{н}} + 0,5 + \Delta h, \quad (6.2)$$

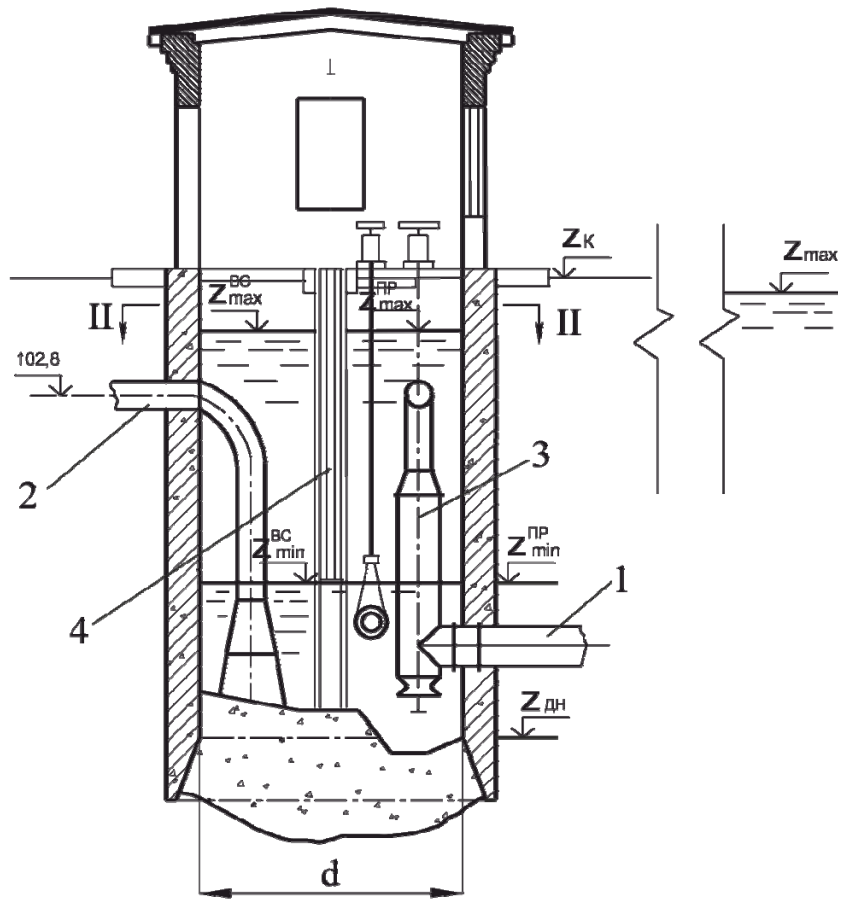
где Δh – высота ветрового нагона волны, м.

В береговых колодцах устанавливают: затворы, сетки, всасывающие трубы, гидроэлеваторы, лестницы.

В павильонах водоприемников монтируют грузоподъемное оборудование, приспособления для дистанционного управления затворами, устройства для промывки сеток, а также для приема и отвода промывной воды.

Береговые сеточные колодцы проектируют из железобетона, чаще всего двухсекционными и круглыми в плане, диаметром от 4 до 8 м. Каждую секцию разделяют на две камеры: водоприемную и всасывающую для размещения всасывающих труб насосов I подъема. Размеры каждой секции колодца зависят от размеров оборудования, и прежде всего от размеров сеток, труб и затворов. Схема берегового колодца показана на рис. 6.1.

Разрез I-I



Разрез II-II

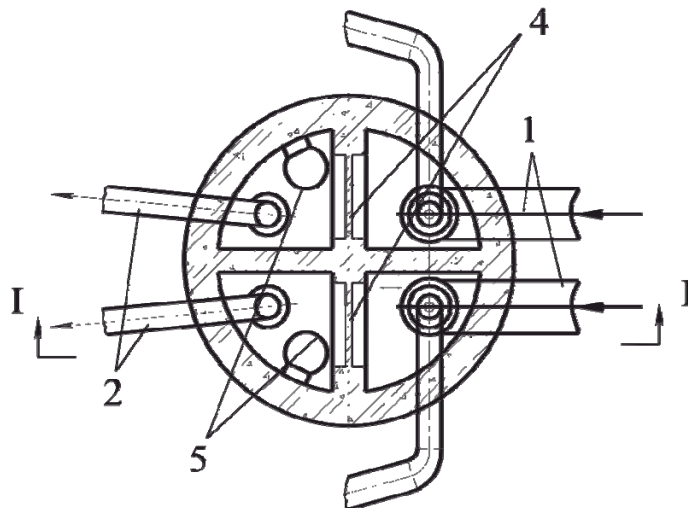


Рис 6.1. Береговой колодец:
 1 — самотечные трубы; 2 — всасывающие трубы; 3 — напорный водовод для обратной промывки самотечных труб; 4 — плоские сетки; 5 — лестницы с ограждением

Размеры берегового колодца зависят от размещения перечисленного оборудования; кроме того, в колодце следует размещать указатели уровней воды, а также лестницы для спуска в колодец. Лестницы-стремянки (с ограждением $D=0,7$ м) располагают перед водоочистными сетками и после них во всех секциях сеточных колодцев.

На самотечных трубах устанавливают либо укороченные задвижки, либо затворы других типов, обязательно электрифицированные. В последнее время возникла потребность в быстрозакрывающихся затворах.

Внутри колодца к самотечным линиям присоединяют трубы для обратной промывки. В колодце также размещается эжектор для удаления осадка. Колодцы должны быть оборудованы приборами для замера перепада воды на решетках и очистных сетках.

Отметка верхнего перекрытия колодца принимается на 0,6...1 м выше уровня высоких вод (выше максимального уровня воды в реке).

Пазы для плоских сеток устраиваются двойными для того, чтобы на время промывки сеток пользоваться запасным их комплектом.

В надземном павильоне размещаются подъемные устройства, приспособления для промыва сеток и колонки для управления задвижками.

Приемные отверстия в водоприемно-сеточном колодце располагают по внешней грани и снабжают необходимыми приспособлениями для опускания и подъема решеток и затворов (пазы, блок, настенная лебедка). Число секций многосекционных водоприемно-сеточных колодцев при установке крупных насосных агрегатов I подъема рекомендуется принимать равным числу насосов.

Для предотвращения сдвига и подмыва колодцев применяют:

- дополнительное заглубление основания берегового водоприемника по дну русла, если на практически достигаемой глубине имеются прочные или плотные грунты;

- шпунтовые коробки, ограждающие основание водоприемного колодца от подмыва и улучшающие условия его работы на сдвиг.

Если тело дамбы, сопрягающей сооружение с берегом, может подвергаться некоторым деформациям, то в целях повышения надежности работы водозабора устраивают галереи для размещения в них всасывающих трубопроводов. Галереям придают необходимую водонепроницаемость, конструктивную жесткость, проходимые габариты. Для спуска в галерею устраивают специальный колодец.

Рекомендуются следующие размеры водоприемной камеры при установке в ней плоских сеток (рис. 6.2).

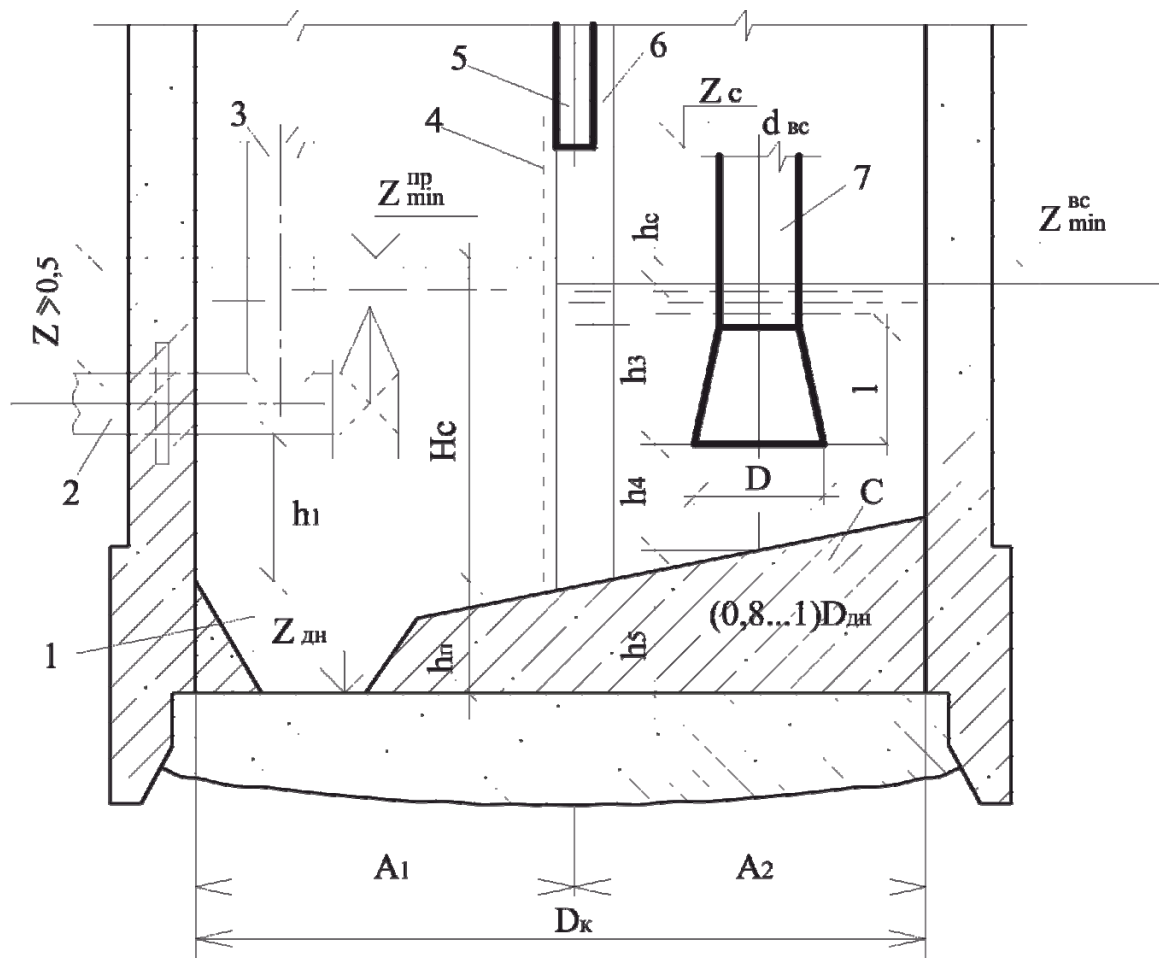


Рис. 6.2. Схема к определению отметки дна берегового колодца:
 1 — приямок для сбора осадка; 2 — самотечный водовод; 3 — вакуум-стояк для импульсного промыва; 4 — плоская сетка; 5 — поперечная перегородка; 6 — направляющие для сеток; 7 — всасывающий трубопровод насосов I подъема

Размеры A_1 от 1,5 м (в малых водоприемниках) до 3 м (в больших водоприемниках).

Размер $B_1 = b + e$, где b — суммарная ширина отверстий, перекрываемых сетками в данной секции, $e = 0,2 \dots 0,4$ м при наличии одного отверстия; с увеличением количества отверстий возрастает и e .

Расстояние h_1 от низа самотечной трубы или нижнего водоприемного отверстия до дна камеры принимается не менее 0,7 м.

Расстояние h_2 от низа сетки до дна целесообразно принять равным h_1 .

Приямки делают в целях более полного удаления эжектором (гидроэлеватором) или песковым насосом наносов, отложившихся в приемной камере. Глубина приямка $h_n = 0,5 \dots 0,7$ м. Расстояние между приямками назначают с учетом радиуса подсосывания наносов эжектором.

При назначении размеров камеры для всасывающих труб учитывают условия течения воды к трубам и опасность засасывания атмосферного воздуха в трубы и насосы.

Для уменьшения скорости входа воды во всасывающий трубопровод конец его оформляется в виде раструба (рис. 6.3) с углом конусности $\gamma = 7...10^\circ$.

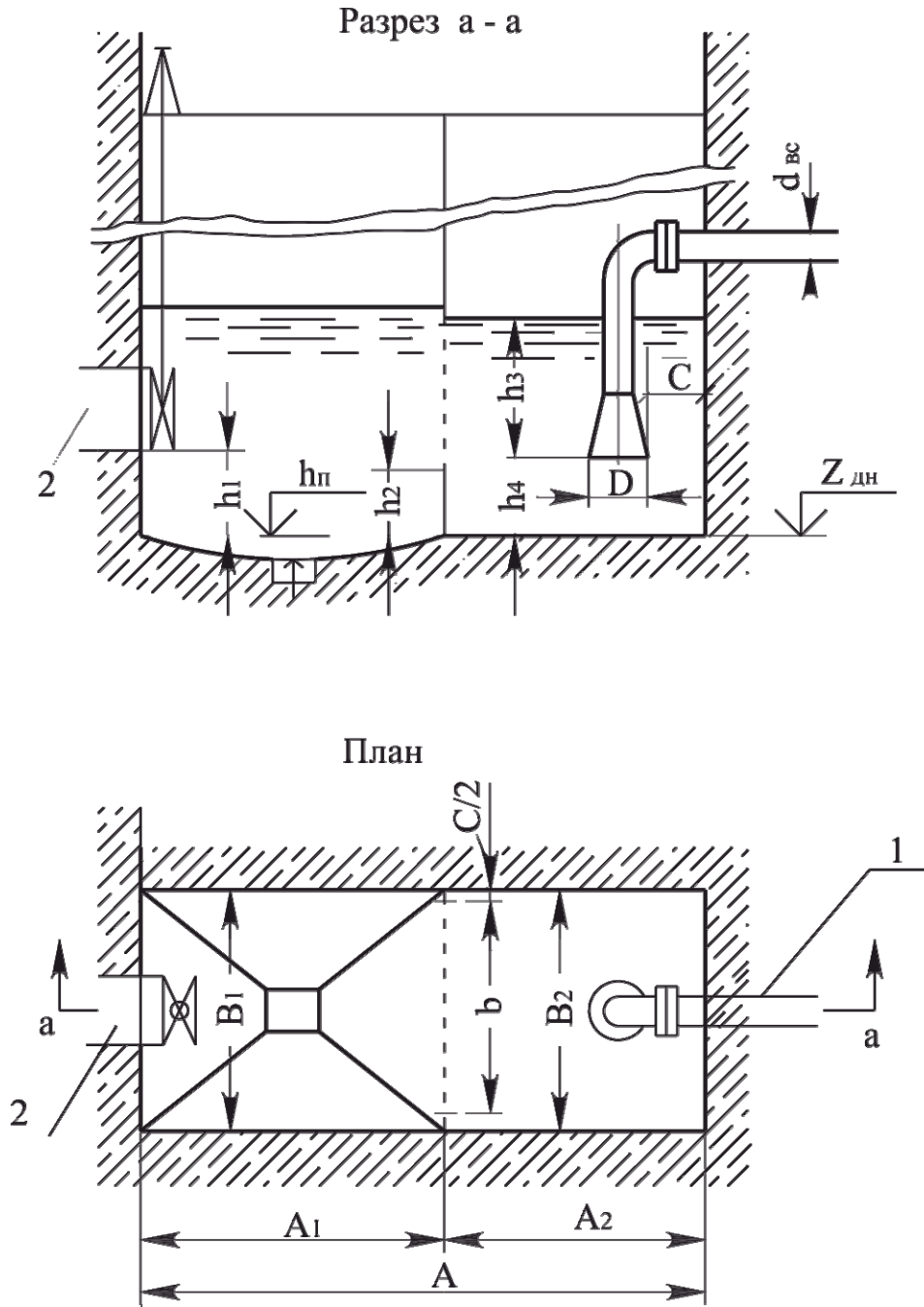


Рис. 6.3. Схема к определению размеров водоприемной камеры: 1 — всасывающий трубопровод; 2 — самотечный водовод

Чтобы обеспечить хорошие условия для течения воды в раструб всасывающей трубы, обычно принимают следующие размеры в камере всасывающей трубы.

Ширина камеры $B_2 \geq 3D$,

где D – диаметр раструба, мм,

$$D = k \cdot d_{\text{вс}}, \quad (6.3)$$

здесь $d_{\text{вс}}$ – диаметр всасывающей трубы, мм;

$k=1,25\dots1,5$ – коэффициент при $\gamma=7^\circ$, $k=1,3\dots2$ при $\gamma>7^\circ$.

При наличии двух и более труб в одной камере расстояние между ними во избежание взаимного влияния должно быть не менее $1,5\dots2D$.

Если секция водоприемника имеет при компоновке вид прямоугольника в плане, то ее ширину выбирают равной большему из двух размеров – B_1 и B_2 .

Длина A_2 камеры для всасывающих труб, определяемая из условия размещения всасывающей трубы, рекомендуется от 1,5 до 4 м и более, соответственно размерам всасывающих труб.

Расстояние от низа всасывающей трубы (воронки) до днища камеры принимают $h_4 \geq 0,8D$, но не меньше 0,5 м.

Расстояние от стен C должны назначать не менее величины $(0,8\dots1)D$.

$$C \geq (0,8\dots1)D. \quad (6.4)$$

В целях предупреждения засасывания воздуха в трубу С.Д. Яковлев рекомендует погружать низ всасывающей трубы на величину h_3 :

$$h_3 \geq \frac{8,5 \cdot Q_{\text{вс}}}{0,785 \cdot D_{\text{к}}^2}, \quad (6.5)$$

где $Q_{\text{вс}}$ – расход воды в трубе, расположенной вблизи стены колодца на расстоянии C (расход во всасывающей трубе), м/с;

$D_{\text{к}}$ – диаметр круглого в плане колодца, м.

В случае расположения трубы в центре колодца величину h_3 нужно увеличить вдвое.

М.М. Флоринский отмечает, что основное значение имеет не форма колодца, а объем воды в нем и достаточное погружение низа трубы под уровень воды в колодце на величину $h_3=2D$.

При расчете величины h_3 следует учесть, что всасывающие трубы диаметром $d_{\text{вс}}$ должны заглубляться под минимальный уровень воды в колодце не менее чем на 0,6...1 м, а трубопроводы малого диаметра – не менее чем на 0,4...0,6 м. Чтобы уменьшить возможность засасывания воздуха в трубу, иногда приваривают фланец в низу раструба (рис. 6.4, б).

Для устранения образования воронок в существующих камерах при увеличении производительности системы водоснабжения на концах труб рекомендуется устанавливать диафрагмы (рис. 6.4, а).

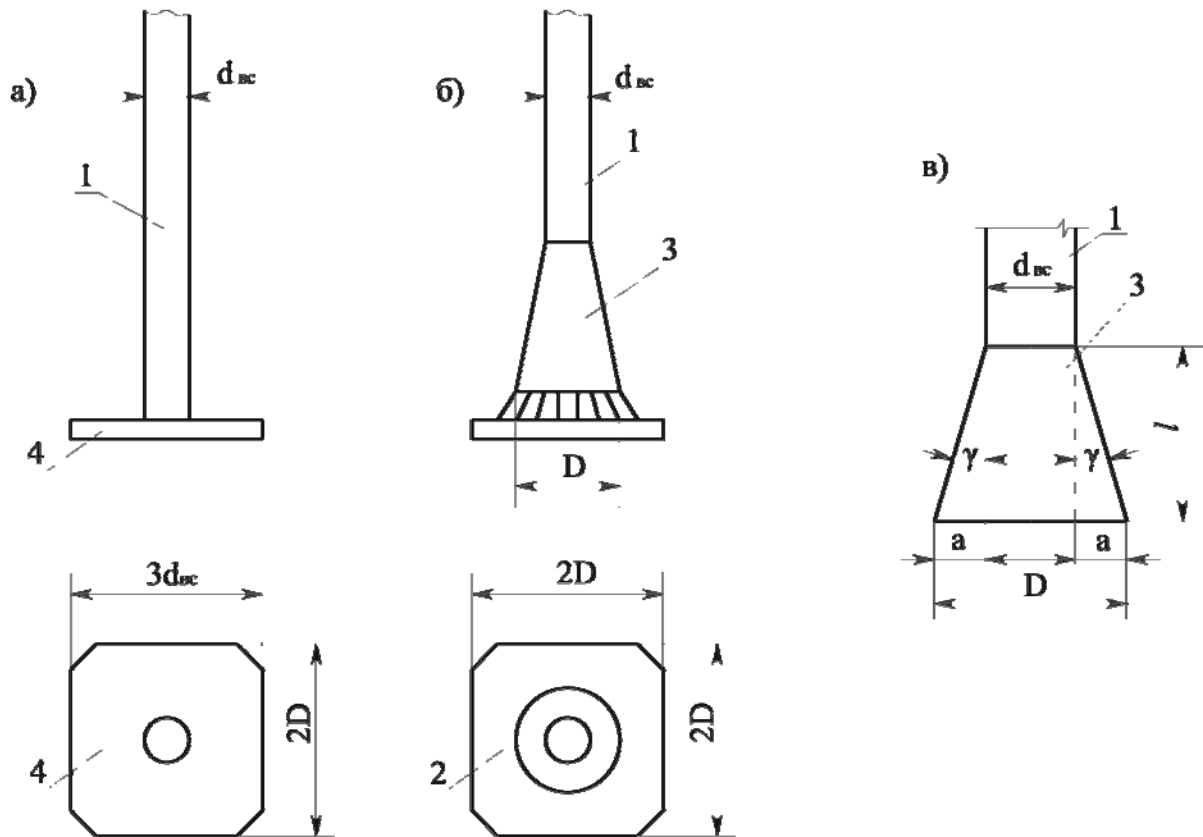


Рис. 6.4. Конструкции низа всасывающей трубы:
 1 – всасывающий трубопровод; 2 – фланец; 3 – раструб; 4 – диафрагма;
 а – с диафрагмой; б – с фланцем на раструбе; в – с открытым раструбом

Длину l раструба всасывающей трубы (рис. 6.6, в) можно определить по формуле

$$l = \frac{(k-1) \cdot d_{\text{вс}}}{2 \cdot \text{tg}\gamma}, \quad (6.6)$$

где γ – угол конусности раструба;

k – коэффициент, зависящий от γ .

При целесообразном отношении

$$\frac{a}{l} = 0,12, \quad (6.7)$$

соответствующем значению угла $\gamma \approx 7^\circ$, при разных k получим различные значения l (табл. 6.1).

Таблица 6.1

k	1,24	1,3	1,4	1,5
l	D	1,25 D	1,7 D	2,1 D
$V_{\text{вс}} : V_1$	1,25	1,7	2	2,25

В табл. 6.1 также даны округленные отношения средних скоростей движения воды: $V_{\text{вс}}$ – во всасывающей трубе и V_1 – в низу раструба на этой трубе при разных значениях k .

Высота слоя бетона h_5 для образования прямка и откосов, обеспечивающих сползание осадка к прямку, зависит от глубины прямка и принятого уклона откоса. Ориентировочно принимают:

$$h_5 = h_{\text{п}} + (0,15 \dots 0,25), \quad (6.8)$$

где $h_{\text{п}}$ – глубина прямка, м.

Верх водоочистных сеток Z_c (см. рис. 6.2) целесообразно располагать в колодце значительно выше минимального уровня воды, например на уровне высокой межени, для того чтобы большую часть года процеживание воды через сетку происходило с меньшими скоростями течения воды в ячейках сетки. Такое решение позволяет не только обеспечить более высокое качество очистки воды на сетках, но и увеличить надежность действия сеток в случае поступления шуги через водоприемник и водоводы в береговой колодец.

6.1. Определение отметок расчетных уровней в береговом сооружении водозабора

Отметки уровней воды в береговом сооружении водозабора определяются при нормальном и аварийном режимах в приемном и всасывающих отделениях.

При нормальном режиме максимальные и минимальные отметки в приемном отделении берегового сооружения можно определять исходя из максимальных и минимальных уровней воды в реке при заданной обеспеченности и потерях напора на входе (рис. 6.5):

$$z_{\text{max}}^{\text{п}} = z_{\text{max}} - \sum h_n, \quad (6.9)$$

$$z_{\text{min}}^{\text{п}} = z_{\text{min}} - \sum h_n,$$

где $z_{\text{max}}^{\text{п}}$ – максимальный уровень воды в реке при расчетной обеспеченности, м;

$z_{\min}^{\text{пр}}$ – минимальный уровень воды в реке при расчетной обеспеченности, м;

$\sum h_n$ – общие потери напора в водоприемных устройствах, м.

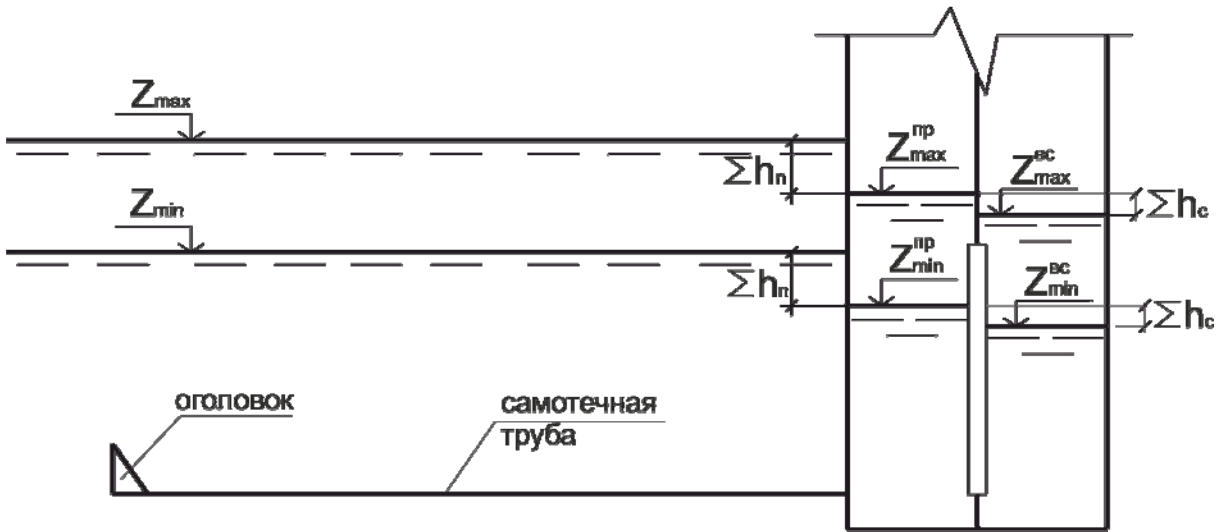


Рис. 6.5. Схема к определению отметок расчетных уровней воды

Для береговых водоприемников общие потери напора $\sum h_n$ равны потерям напора в решетке:

$$\sum h_n = h_p. \quad (6.10)$$

Потери напора во входных решетках принимаются, по практическим данным, равными $h_p = 0,05$ м, а при аварийном режиме $h_p^{\text{ав}} = 0,1$ м.

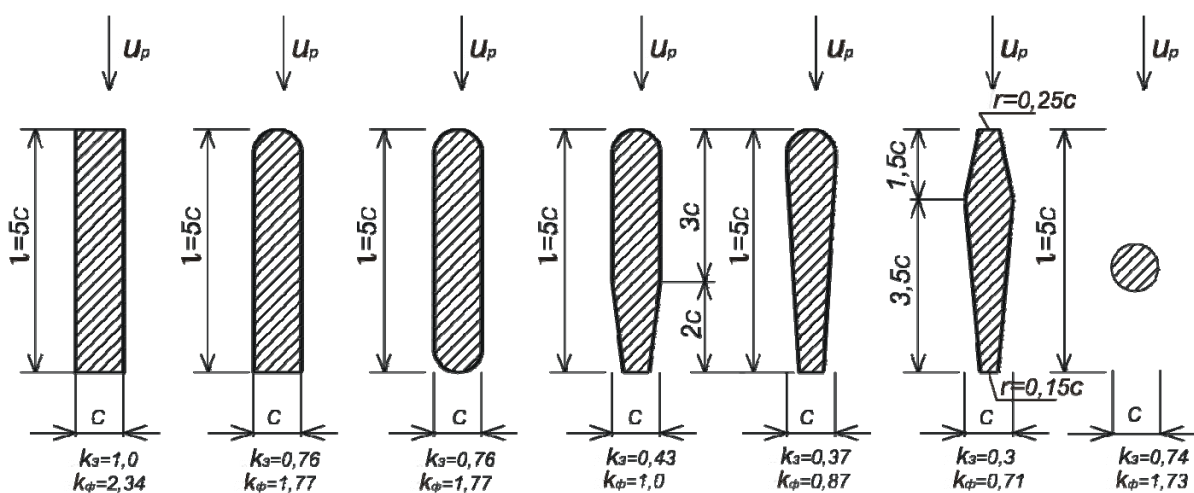


Рис. 6.6. Схема решетки (формы поперечных сечений стержней решетки и соответствующие коэффициенты k_3 и k_ϕ)

Потери напора в решетках можно определить по формуле

$$h_p = \zeta_p \cdot \frac{u_{\text{BT}}^2}{2g}, \quad (6.11)$$

где u_{BT} – фактическая скорость втекания в решетки, м/с;

ζ_p – коэффициент соприкосновения решетки,

$$\zeta_p = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot \xi' \cdot \sin \theta; \quad (6.12)$$

здесь k_1 – коэффициент засорения, принимаемый: $k_1 = 1,1 \dots 1,3$ – при машинной очистке решетки; $k_1 = 1,5 \dots 2$ – при ручной очистке решетки;

k_2 – коэффициент стеснения решетки дополнительным каркасом, $k_2 = k_{cm}$;

k_3 – коэффициент формы поперечного сечения стержней (рис. 6.6);

θ – угол наклона стержней к горизонту;

ξ' – коэффициент, зависящий от отношения полной площади решетки в свету ω_2 к площади живого сечения перед решеткой ω_1 (ω_2/ω_1) и от отношения ширины стержней решетки l_k к гидравлическому диаметру отверстия в решетке d_Γ (l_k/d_Γ) (рис. 6.7); при этом

$$d_\Gamma = 4\omega_2 / u_{\text{BT}}. \quad (6.13)$$

При $a > c$ коэффициент ζ_p можно определить по формуле

$$\zeta_p = k_1 \cdot k_2 \cdot k_\phi (c/a)^{4/3} \cdot \sin \theta, \quad (6.14)$$

где k_ϕ – коэффициент формы поперечного сечения стержней решетки (см. рис. 6.6);

a – ширина просвета между стержнями;

c – толщина стержня.

Для русловых водозаборов $\sum h_n$ вычисляется по формуле

$$\sum h_n = h_p + \sum h_{\text{ог}} + \sum h_{\text{сам}}, \quad (6.15)$$

где h_p – потери напора во входных решетках, м;

$\sum h_{\text{ог}}$ – потери напора (кроме решеток) в элементах оголовка (в щелевых или открытых вихревых камерах, водоприемном фильтре и т.п.), м;

$\sum h_{\text{сам}}$ – потери напора в самотечных линиях, м.

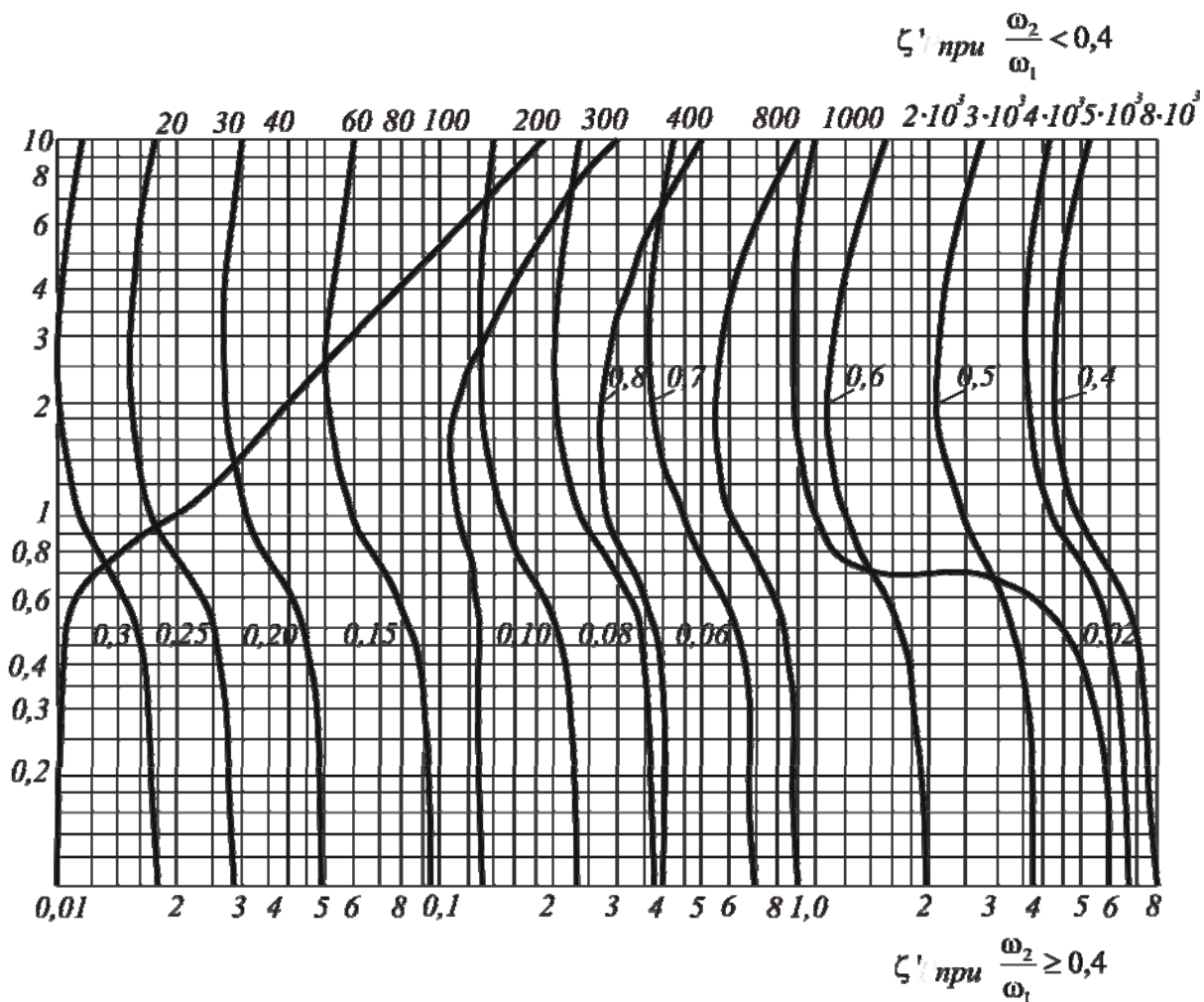


Рис. 6.7. Зависимость коэффициента ζ' от отношения ширины стержней решетки к гидравлическому диаметру отверстия в решетке (l/d_r) при разных отношениях полной площади решетки в свету к площади живого сечения перед решеткой (ω_2/ω_1)

Например, потери напора в вихревых камерах, устанавливаемых в оголовках, можно определить по формуле

$$\sum h_{\text{в.к}} = \zeta_{\text{в.к}} \cdot \frac{V_{\text{в.к}}^2}{2g}, \quad (6.16)$$

где $\zeta_{\text{в.к}}$ – коэффициент сопротивления вихревых камер, $\zeta_{\text{в.к}} = 2,5 \dots 4,2$ (последнее значение только в случае сопряжения камеры с самотечной трубой с помощью вихревого патрубка);

$V_{\text{в.к}}$ – скорость максимальная в конце вихревой камеры, принимается меньше скорости в самотечном водоводе обычно в пределах $0,75 \dots 1$ м/с для вихревых камер со щелевым входом и меньше $0,75$ м/с для открытых камер.

Потери напора в фильтрующих кассетах при коэффициенте загрязнения $k_1 = 1,25$ можно рассчитать по формуле

$$\sum h_{\text{кас}} = k_1 \cdot \xi \cdot \left(\frac{u_{\phi}}{k_{\phi}}\right)^2, \quad (6.17)$$

где k_{ϕ} – коэффициент фильтрации, м/с;

u_{ϕ} – скорость фильтрации, м/с.

При заполнении кассеты щебнем крупностью $d_{\phi} = 40...60$ мм $k_{\phi} = 0,234$ м/с; керамзитом при $d_{\text{ср}} = 25$ мм $k_{\phi} = 0,2$ м/с; при заполнении кассеты из решеток с просветом 23 мм шарами из пластмассы $k_{\phi} = 0,195$ м/с; для пакетно-речного заполнения $d_{\text{ср}} = 37$ мм $k_{\phi} = 0,19$ м/с.

При отсутствии данных о коэффициенте фильтрации загрузки кассет его можно принять по формуле

$$k_{\phi} = 1,8 \cdot p \cdot \sqrt{d_{\text{ср}}}, \quad (6.18)$$

где p – пористость загрузки;

d_{ϕ} – средний размер частиц, м.

Нормальная работа фильтрующих кассет обеспечивается при соотношении $u_{\phi} / k_{\phi} = 1,4...0,83$.

Потери напора в самотечных линиях определяются по формуле как сумма потерь напора по длине самотечных (сифонных) линий и на местные сопротивления в них, м:

$$\sum h_{\text{сам}} = h_{\text{д}} + h_{\text{м}} = i \cdot l + \sum \xi_{\text{м}} \cdot \frac{u_{\text{сам}}^2}{2g}, \quad (6.19)$$

где i – гидравлический уклон, который находят по таблицам А.Ф. Шевелева в зависимости от расхода воды и диаметра самотечной линии;

l – длина самотечной (сифонной) линии, м;

$\sum \xi_{\text{м}}$ – сумма потерь напора на местные сопротивления в самотечных или сифонных водоводах на участке от входа воды в водовод до выхода в колодец (коэффициенты $\sum \xi_{\text{м}}$ находим по прил. 3).

Отметки уровней воды во всасывающем отделении берегового сооружения водозабора будут меньше, чем в приемном, на величину потерь напора в сетке (см. рис. 6.5):

$$z_{\max}^{\text{вс}} = z_{\max}^{\text{пр}} - h_c, \quad (6.20)$$

$$z_{\min}^{\text{вс}} = z_{\min}^{\text{пр}} - h_c, \quad (6.21)$$

где h_c – потери напора в сетке (при нормальном режиме работы в плоских сетках $h_c = 0,1 \dots 0,15$ м, во вращающихся сетках $h_c = 0,15 \dots 0,3$ м).

Потери напора в сетке h_c можно рассчитать по формуле

$$h_c = \xi_c \cdot \frac{u_{\text{вт}}^2}{2g}, \quad (6.22)$$

где ξ_c – коэффициент сопротивления сетки в зависимости от номера сетки (табл. 6.2);

$u_{\text{вт}}$ – фактическая скорость втекания в сетки, м/с .

Т а б л и ц а 6.2

Коэффициенты сопротивлений сеток

Номер сетки, мм	Коэффициент сопротивления сетки ξ_c
0,20	5,12
0,28	3,12
0,40	2,16
0,63	2,06
0,70	1,77
1,00	1,20
2,00	0,86
2,50	0,75
3,20	0,67
4,00	0,65
6,00	0,49
10,00	0,33

Отметки уровней воды, м, при аварийном режиме эксплуатации в приемном и всасывающем отделениях берегового сооружения водозабора определяют по формуле:

$$z_{\max}^{\text{пр}} = z_{\max} - \sum h_n^{\text{ав}},$$

$$z_{\min}^{\text{пр}} = z_{\min} - \sum h_n^{\text{ав}}, \quad (6.23)$$

$$z_{\max}^{\text{вс}} \text{ аб} = z_{\max}^{\text{пр}} \text{ аб} - \sum h_c^{\text{аб}},$$

$$z_{\min}^{\text{вс}} \text{ аб} = z_{\min}^{\text{пр}} \text{ аб} - \sum h_c^{\text{аб}},$$

где $\sum h_n^{\text{аб}}$ – сумма потерь напора при аварийном режиме эксплуатации в водоприемных устройствах, м;

$\sum h_c^{\text{аб}}$ – потери напора в сетях при аварийном режиме работы, м (в плоских сетях $\sum h_c^{\text{аб}} = 0,15 \dots 0,25$ м, во вращающихся $\sum h_c^{\text{аб}} = 0,2 \dots 0,4$ м).

При аварийном режиме в русловых водозаборах рассмотренные выше параметры $\sum h_n$, h_p , $\sum h_{\text{ог}}$, $\sum h_{\text{сам}}$ определяют с учетом расчетных скоростей движения воды при аварийном режиме, когда при аварии на одной из самотечных линий (или при включении её на промывку) вторая линия пропускает полный расход.

6.2. Определение отметок днища берегового колодца

Отметку днища берегового колодца $Z_{\text{дн}}$, м, определяют из условия расположения под минимальным расчетным уровнем воды в колодце водоочистных сеток необходимой площади по формулам (рис. 6.8):

$$Z_{\text{дн}} = Z_{\min}^{\text{пр}} - H_c - h_{\text{п}}; \quad (6.24)$$

или

$$Z_{\text{дн}} = Z_{\min}^{\text{вс}} - h_3 - h_4 - h_5, \quad (6.25)$$

где $Z_{\min}^{\text{пр}}$ – минимальный уровень воды в приемном отделении колодца (перед сеткой), м;

$Z_{\min}^{\text{вс}}$ – минимальный уровень воды во всасывающем отделении колодца (после сетки), м;

H_c – высота сетки (по расчету) ниже минимального уровня воды, м;

$h_{\text{п}}$ – глубина приемка для сбора осадка, м;

h_3 – допускаемое заглубление отверстия всасывающего водовода диаметром $d_{\text{вс}}$, м;

h_4 – расстояние от низа воронки всасывающего трубопровода до дна, м;

h_5 – высота слоя бетона для образования приемка и откосов, обеспечивающих сползание осадка к приемку, м.

Из двух полученных расчетом отметок днища принимают наименьшую.

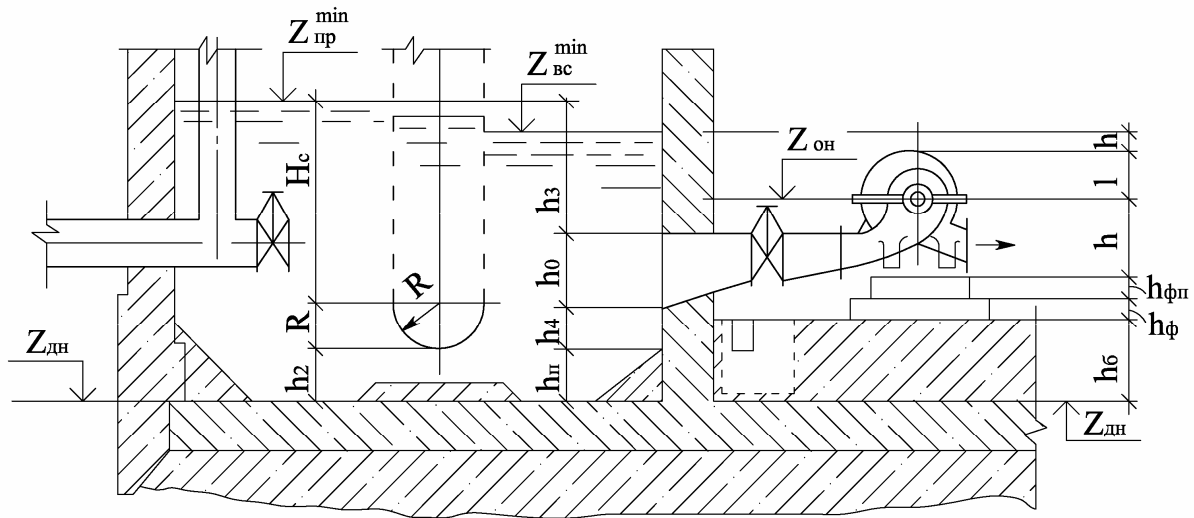


Рис. 6.8. Схема к определению днища берегового колодца:
 1 – вращающаяся сетка ; 2 – самотечный трубопровод;
 3 – всасывающий трубопровод; 4 – насос

Если сеточное отделение насосной станции оборудуют вращающейся водоочистой сеткой (см. рис. 6.8), то отметку днища $Z_{\text{дн}}$, м, определяют по формулам:

$$Z_{\text{дн}} = Z_{\text{пр}}^{\text{пр}} - h_2 - R - H_c; \quad (6.26)$$

или

$$Z_{\text{дн}} = Z_{\text{вс}}^{\text{вс}} - h_4 - h_{\text{п}} - h_0 - h_3, \quad (6.27)$$

где h_2 – расстояние от низа вращающейся сетки до днища сооружения, зависящее от типа и конструкции сетки, м; ориентировочно $h_2 = 0,4 \dots 0,8$ м;

R – радиус нижнего барабана вращающейся сетки (нижнего закругления направляющих), м;

$$R \approx 0,75 \text{ м или } 1 \text{ м};$$

h_0 – вертикальный размер отверстия всасывающей трубы к насосам, м.

Из двух расчетных отметок днища сооружения принимают наименьшую.

6.3. Определение потерь напора в водоприемниках с вихревыми камерами

Для водозаборов производительностью 1...1,5 м³/с и более применяют водоприемники с вихревыми камерами (рис. 6.9). Введение вихревой камеры в конструктивную схему обеспечивает равномерность втекания воды и подвода её к отверстию при его промыве обратным током воды по всем водоприемным отверстиям.

Потери напора в вихревых камерах, м, можно рассчитать по формуле (6.16).

Основные размеры вихревых камер, зависящие от скорости течения в самотечной трубе и её входных отверстиях, площади входной щели в трубчатой вихревой камере и вихревом патрубке, м², определяют по формуле

$$W_{\text{ц}} = l \cdot V_{\text{ц}} = \frac{q}{V_{\text{с.л}}}, \quad (6.28)$$

где q – расчетный расход одной секции, м³/с;

$V_{\text{с.л}}$ – скорость в самотечной линии при нормальном режиме работы, м/с.

Наибольший диаметр, м, в конце трубчатой вихревой камеры устанавливают по формуле

$$D_{\text{max}} = \sqrt{1,27 \cdot \frac{q}{V_{\text{в.к}}}}. \quad (6.29)$$

Диаметр торцевого сечения $D_{\text{T}} = 0,6 \cdot D_{\text{max}}$, длина камеры

$$l = (6...10)D_{\text{max}}. \quad (6.30).$$

Скорость в вихревой камере при аварийном режиме работы, м/с, меньше скорости в самотечной трубе при этом режиме и определяется по формуле

$$V_{\text{в.к}}^{\text{ав}} = \frac{1,27 \cdot q_{\text{ав}}}{D_{\text{max}}^2}, \quad (6.31)$$

где $q_{\text{ав}}$ – аварийный расход, м³/с;

D_{max} – принятый максимальный диаметр трубчатой вихревой камеры, м.

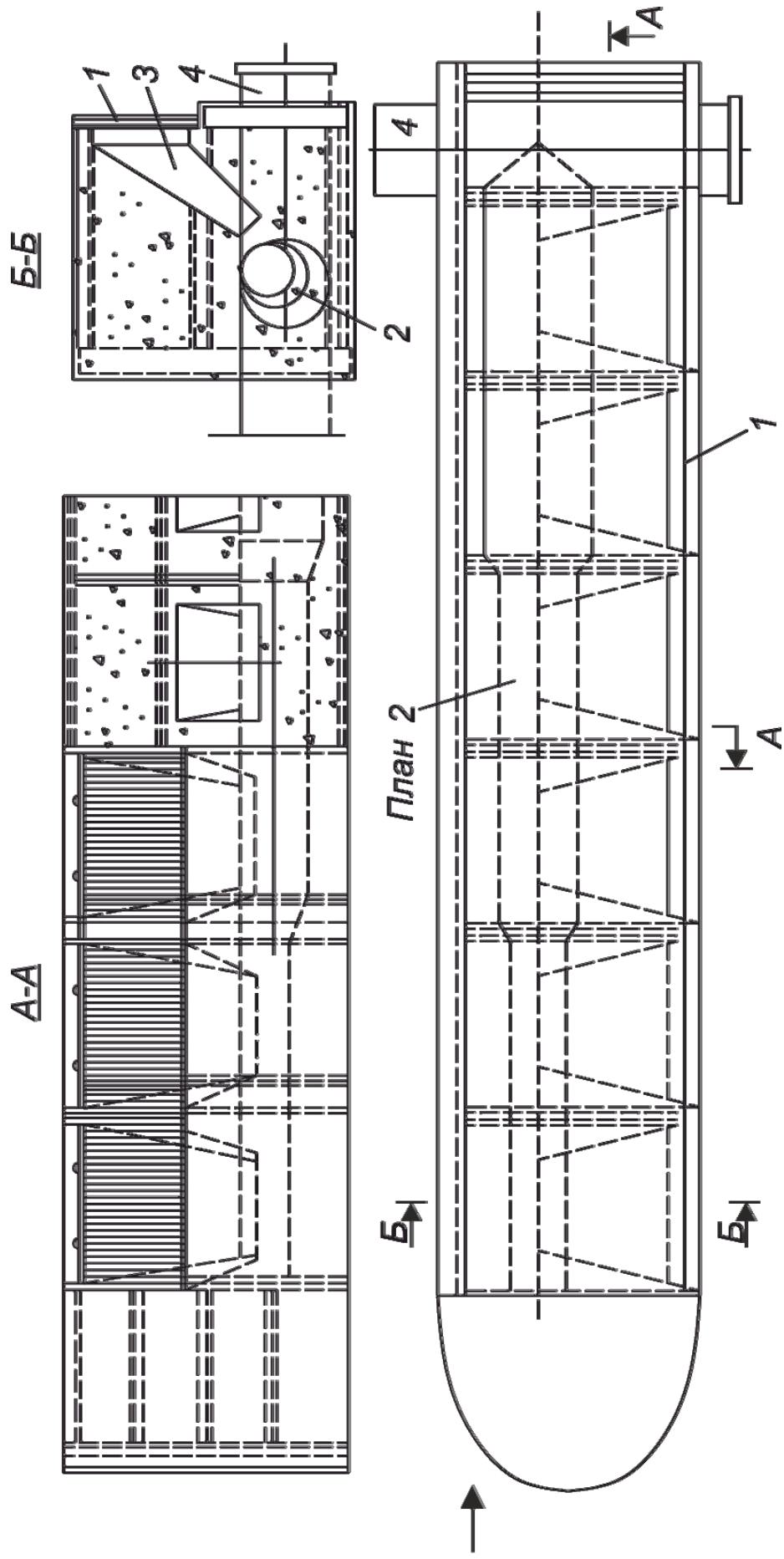


Рис. 6.9 Водоприемник с вихревой камерой:
 1 – отверстие; 2 – вихревая камера; 3 – бункерная камера; 4 – патрубок водоприемника

Тогда потери напора при аварийном режиме в вихревой камере, м, находим по формуле

$$h_{\text{в.к}}^{\text{ав}} = \xi_{\text{в.к}} \cdot \frac{V_{\text{в.к}}^{\text{ав}}}{2g}, \quad (6.32)$$

где $\xi_{\text{в.к}}$ – коэффициент местных сопротивлений для вихревой камеры (см. прил. 3).

6.4. Расчет статической устойчивости берегового колодца

Если днище берегового колодца расположено ниже максимального уровня воды в источнике, то при опорожнении колодец может всплыть. При открытом способе строительства незатопленного водозаборного сооружения расчета статической устойчивости не требуется, а при сооружении опускным способом устойчивость к всплытию определяют на начало монтажных работ, не учитывая нагрузку от оборудования и полагая, что насосное отделение водозабора всегда свободно от воды.

Береговой колодец считается устойчивым к всплытию, если выполняется условие

$$G_c + G_o + F_w \geq P_v, \quad (6.33)$$

где G_c – сила тяжести строительных конструкций берегового колодца, Н;

G_o – сила тяжести оборудования водозабора, Н;

F_w – сила трения колодца о грунт при его всплытии, Н;

P_v – подъемная сила, Н.

Сила тяжести строительных конструкций, Н, определяется по формуле

$$G_c = m_c \cdot g, \quad (6.34)$$

где m_c – общая масса строительных конструкций, кг,

$$m_c = \sum \rho_i \cdot V_i; \quad (6.35)$$

здесь ρ_i – плотность отдельных i -х элементов колодца, кг/м³;

V_i – объем отдельных i -х элементов колодца (подземной и надземной части), м³.

Сила тяжести оборудования рассчитывается с учетом всего оборудования, расположенного в береговом колодце, Н:

$$G_o = m_o \cdot g, \quad (6.36)$$

где m_o – общая масса оборудования, кг,

$$m_o = \sum m_i. \quad (6.37)$$

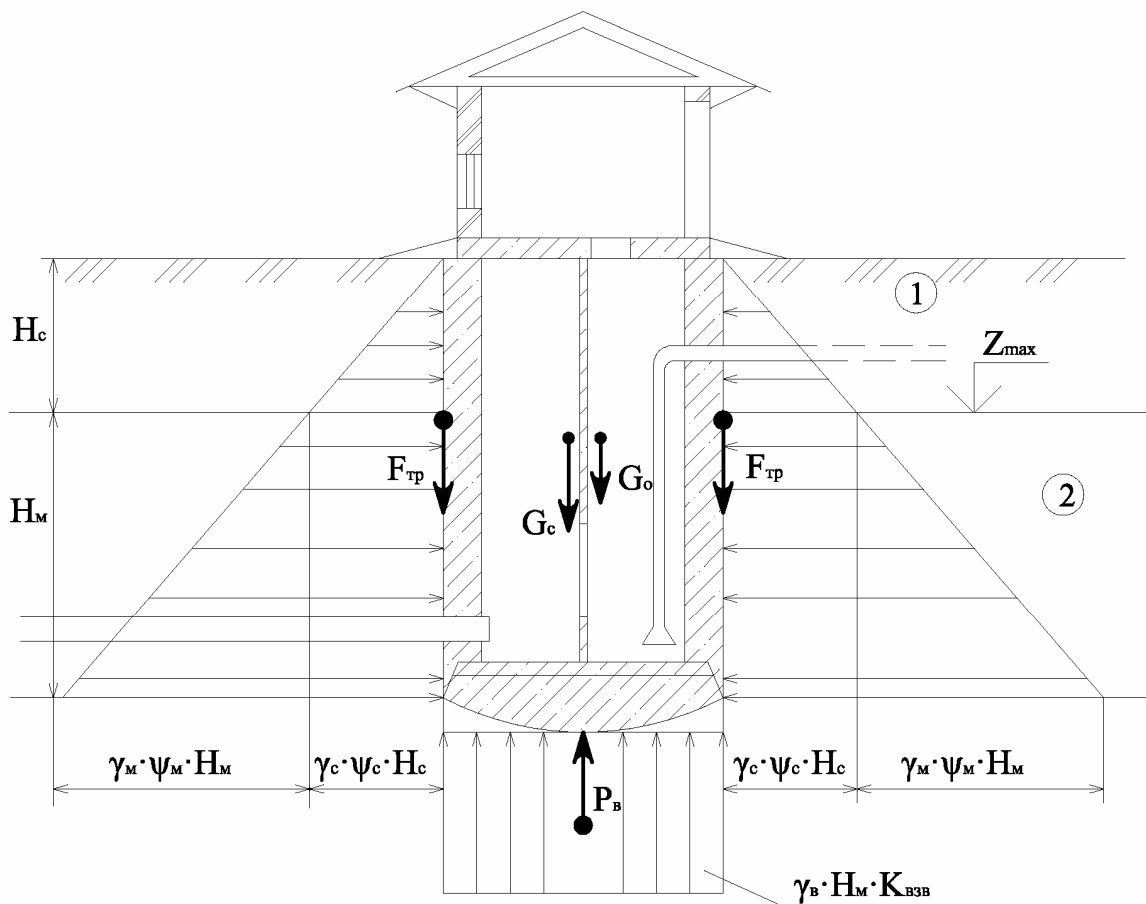


Рис. 6.10 Схема действия сил на опорожненный береговой колодец:
1 – мокрые грунты; 2 – сухие грунты

Силу трения колодца о грунт находят в зависимости от вида грунтов (сухих и мокрых), H , по формуле

$$F_{\text{тр}} = \frac{1}{2} \cdot H_c^2 \cdot \gamma_c \cdot \psi_c \cdot \Omega_c \cdot f_c + H_c \cdot H_m \cdot \gamma_c \cdot \psi_m \cdot \Omega_m \cdot f_m + \frac{1}{2} \cdot H_m^2 \cdot \gamma_m \cdot \psi_m \cdot \Omega_m \cdot f_m,$$

где H_c , H_m – соответственно, высота слоя сухих и мокрых грунтов, воздействующих на стенки водозабора, м;

γ_c , γ_m – удельный вес, соответственно, сухих и мокрых грунтов, $\text{H}/\text{м}^3$, определяется по прил. К;

ψ_c , ψ_m – коэффициенты, учитывающие способность сухих и мокрых грунтов передавать давление на ограничивающие их стенки, $\psi = \text{tg}^2(45^\circ - 0,5\varphi)$, где φ – угол внутреннего трения грунта, $\varphi = 26 \dots 32^\circ$;

Ω_c , Ω_m – площадь внешних поверхностей подземной части водозабора, находящихся соответственно в зоне сухих и мокрых грунтов, м^2 ;

f_c, f_m – коэффициенты трения о них сооружения (определяются по табл. 5.1).

Подъемная сила P_B рассчитывается в зависимости от вида проницаемости грунтов:

$$P_B = \gamma_B \cdot V_B \cdot k_{взв}, \quad (6.38)$$

где γ_B – удельный вес воды ($\gamma_B = 9810 \text{ Н/м}^3$);

V_B – объем затопляемой части сооружения, находящейся ниже расчетного максимального уровня в источнике, м^3 ;

$k_{взв}$ – коэффициент взвешивания, принимаемый по табл. 5.2.

Если дно колодца находится на хорошо проницаемых грунтах, то $k_{взв} = 1$.

Если фактический коэффициент запаса устойчивости к всплытию больше нормативного, то колодец водозабора устойчив к всплытию:

$$k_{вспл}^{\phi} \geq k_{вспл},$$

где $k_{вспл}^{\phi}$ – фактический коэффициент запаса устойчивости к всплытию,

$$k_{вспл}^{\phi} = \frac{G_{тр} + G_0 + F_{тр}}{P_B}, \quad (6.39)$$

$k_{вспл}$ – нормируемый коэффициент запаса устойчивости к всплытию,
 $k_{вспл} = 1,1 \dots 1,4$.

7. НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ ПЕРВОГО ПОДЪЕМА

Насосные станции I подъема (НС I п) должны быть расположены за пределами возможного нарушения грунта при производстве работ по устройству водоприемника. Обычно НС I п устраивают заглубленными. Размеры станции определяются габаритами и условиями монтажа оборудования и двигателей. Количество устанавливаемых насосов зависит от категории надежности станции (табл. 7.1).

Пролеты зданий обычно 9 или 12 м, высота – от 3,6 до 6 м (изменяется через 0,6 м).

Т а б л и ц а 7.1

Количество рабочих агрегатов одной группы	Количество резервных агрегатов в насосных станциях для категорий		
	I	II	III
До 6	2	1	1
Свыше 6 до 9	2	1	-
Более 9	2	2	-

Количество резервных насосов следует принимать по табл. 7.1.

Подземную часть здания возводят из железобетона и тщательно изолируют от подземных вод. В плане здание НС I п может иметь круглую или прямоугольную форму.

Кроме основного помещения насосной станции – машинного зала, где размещаются основное оборудование, трубопроводы и арматура, в здании насосной станции предусматривают вспомогательные и бытовые помещения.

В насосных станциях I подъема рекомендуется устанавливать артезианские насосы типа ЭЦВ, центробежные насосы типа К или Д в количестве минимум два рабочих и соответствующее число резервных агрегатов со всасывающими линиями для каждого насоса.

Между насосом и напорной задвижкой следует размещать контрольно-измерительные приборы (водомеры, манометры), а на всасывающей линии до насоса – вакуумметр.

В случае расположения осей насосов выше низкого расчетного уровня воды в источнике необходимо установить вакуум-насосы (не менее двух).

Заливка производственно-хозяйственных насосов должна производиться не более 5 мин, противопожарных – 3 мин.

Обратные и предохранительные клапаны, задвижки для отключения насосной станции от водоводов и выпуски для опорожнения

водоводов, если они увеличивают габариты подземной части насосной станции, выносятся в отдельную камеру.

При значительной амплитуде колебания уровней воды в реке целесообразно размещать электрораспределительные устройства в подземной части водозабора, которая в этих случаях имеет достаточно большие размеры.

Для предварительной компоновки водозаборного сооружения можно воспользоваться данными, приведенными в табл. 7.2.

Т а б л и ц а 7.2

Зависимость расположения электрораспределительных устройств от глубины подземной части и типа насосов

Тип насоса	Глубина подземной части, м	Расположение электрораспределительных устройств
Горизонтальные	До 6...7	В пристройке: подъемно-транспортное оборудование располагается в надземной части в машинном зале
То же	От 6...7 до 10...11	В надстройке над машинным залом; подъемно-транспортное оборудование размещается под перекрытием в машинном зале
То же	Свыше 10...11	Во втором этаже подземной части насосной станции
Вертикальные	До 11...13	В пристройке
Вертикальные	Свыше 11...13	В надстройке над машинным залом

К монтажному проему в стенах насосной станции должен быть обеспечен подъезд автотранспорта.

Насосные станции преимущественно прямоугольной формы оборудуются тремя или четырьмя насосами, расположенными в один ряд. Ко всем насосам подводятся самостоятельные всасывающие линии, оборудованные задвижками.

На рис. 7.1 показаны принципиальные схемы насосных станций I подъема комплекса водозаборных сооружений из поверхностных источников. В зависимости от взаимного расположения сеточного отделения (колодца) водозаборного сооружения и машинного зала насосные станции бывают отдельного (рис. 7.1, а) и совмещенного (рис. 7.1, б-е) типов. По виду используемого оборудования различают насосные станции с горизонтальными (рис. 7.1, а, б, г, д) и вертикальными (рис. 7.1, в) насосами. Они бывают заглубленными (рис. 7.1, б-г, е) и полузаглубленными (рис. 7.1, а, д).

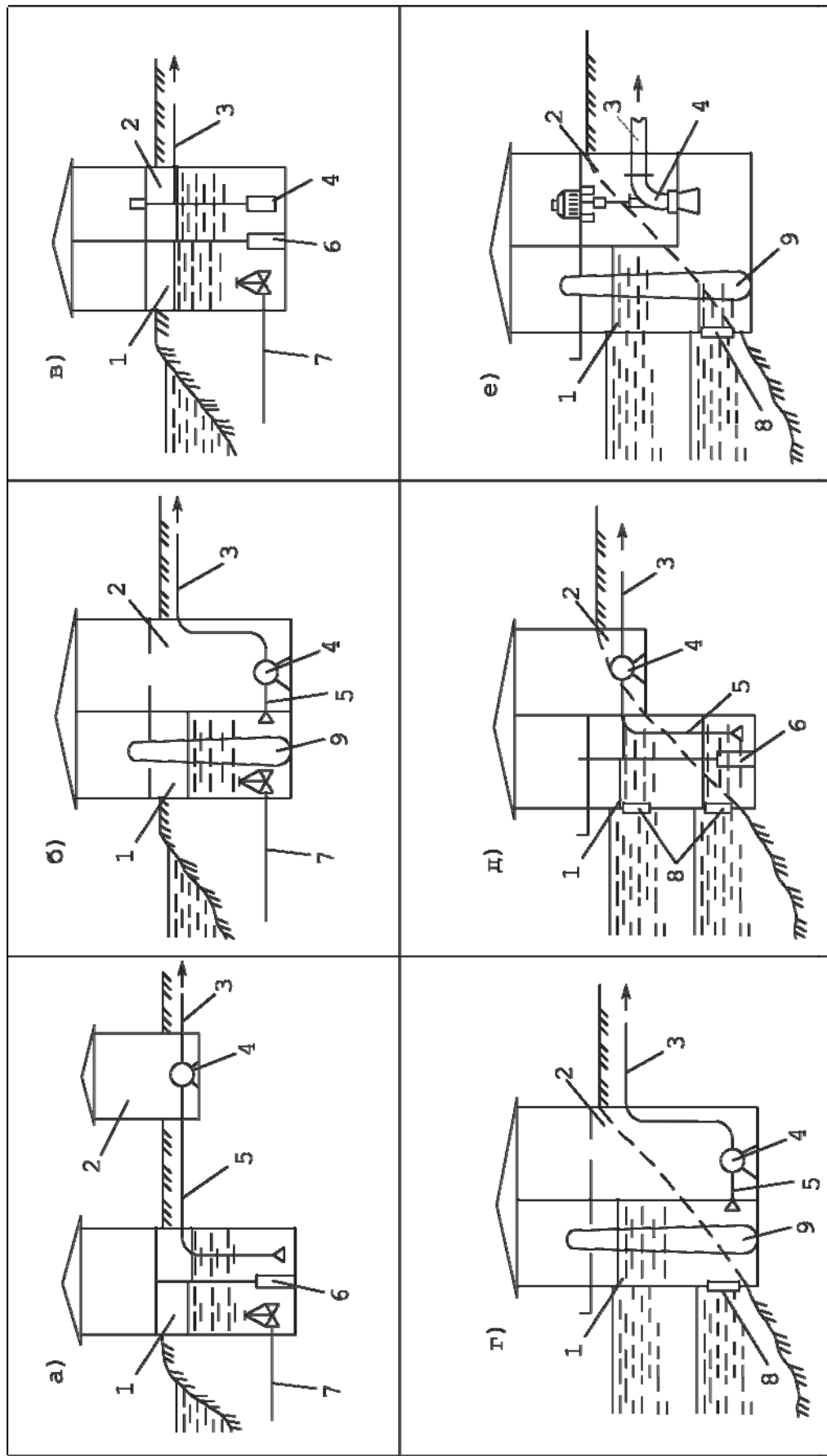


Рис. 7.1. Схемы насосных станций первого подъема раздельного (а) и совмещенного (б...е) типов:
 а, д – полузаглубленные; б, в, г, е – заглубленные; 1 – береговой сеточный колодец; 2 – насосная станция;
 3 – напорный трубопровод; 4 – насос; 5 – всасывающий трубопровод; 6 – плоская сетка;
 7 – самотечный трубопровод; 8 – водоприемные окна; 9 – вращающаяся сетка

7.1. Определение параметров насосов насосных станций первого подъема

Параметры рабочих насосов находят исходя из требуемой надежности подачи воды на очистные сооружения. Режим подачи насосной станции I подъема зависит от режима работы очистных сооружений в течение суток.

При постоянном режиме работы подачу НС I п (м³/с) рассчитывают исходя из среднего часового расхода в сутки с максимальным водопотреблением с учетом расхода воды на собственные нужды очистных сооружений:

$$Q_{\text{НС}} = \frac{\alpha \cdot Q_{\text{max сут}}}{T \cdot 3600}, \quad (7.1)$$

где α – коэффициент, учитывающий расход воды на собственные нужды очистных сооружений ($\alpha=1,03\dots 1,14$); коэффициент α принимаем в зависимости от использования промывной воды на очистной станции:

$\alpha=1,03\dots 1,04$ при повторном использовании промывной воды;

$\alpha=1,1\dots 1,14$ без повторного использования промывной воды;

$Q_{\text{max сут}}$ – максимальный расход за сутки, м³/сут;

T – количество часов работы очистных сооружений, ч (как правило, $T=24$ ч).

Количество рабочих насосных агрегатов равно или кратно числу секций водозабора. При использовании n параллельно работающих насосов требуемую подачу одного насоса $Q_{\text{н}}$, м³/с, определяют по формуле

$$Q_{\text{н}} = \frac{(1+0,05) \cdot Q_{\text{НС}}}{n}, \quad (7.2)$$

где n – число рабочих насосов.

Требуемый напор насосов станции I подъема рассчитывают в соответствии с принятой схемой ее подачи для конкретной схемы размещения насосной станции в системе водоснабжения.

При подаче воды на очистные сооружения (рис. 7.2) требуемый напор, который должны создавать насосы, м, вычисляют по формуле

$$H = H_{\Gamma} + \sum h_{\text{вс}} + \sum h_{\text{н}} + h_{\text{и}}, \quad (7.3)$$

где H_{Γ} – геометрическая высота подъема воды насосами, м,

$$H_{\Gamma} = Z_{\text{см}} - Z_{\text{min}}^{\text{вс}}; \quad (7.4)$$

- здесь $Z_{см}$ – максимальный уровень воды в смесителе на очистных сооружениях (барабанных сетках, микрофилтрах), м;
- $Z_{мин}^{вс}$ – минимальный уровень воды во всасывающем отделении берегового колодца, м;
- $\sum h_{вс}$ – сумма потерь напора во всасывающем водоводе, м;
- $\sum h_{н}$ – сумма потерь напора в напорном трубопроводе НС I п и водоводе, м;
- $h_{н}$ – свободный напор на излив воды в смеситель; $h_{н} = 0,5 \dots 1$ м.

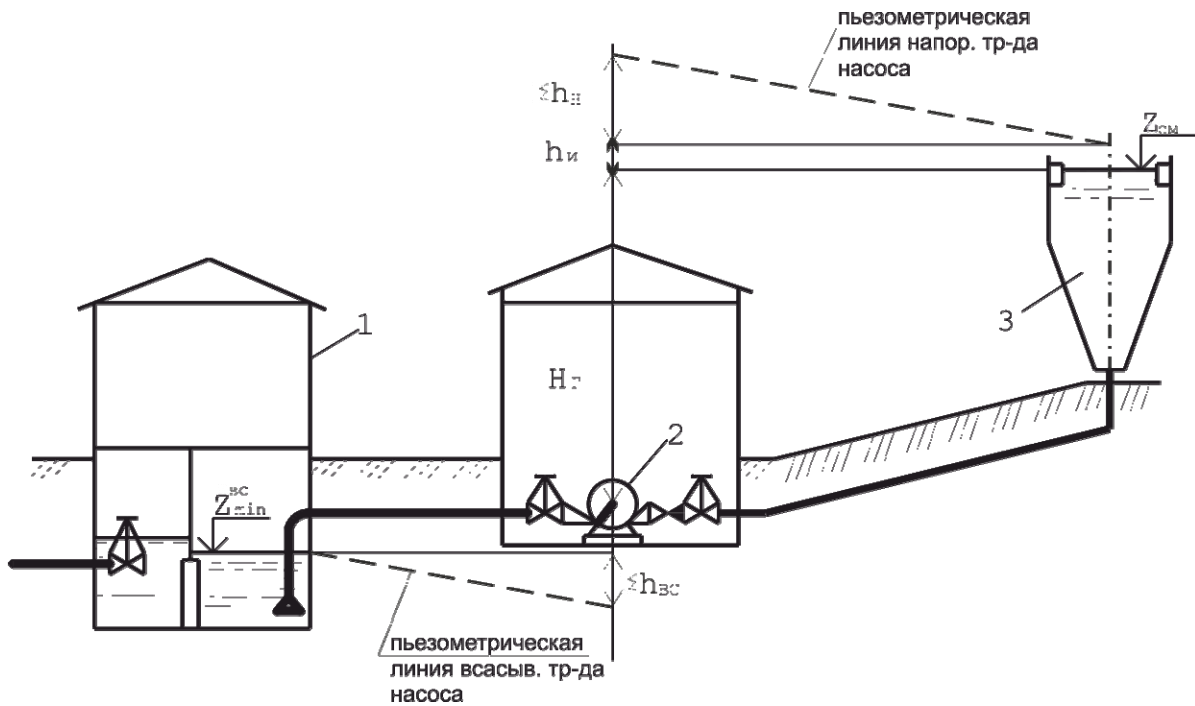


Рис. 7.2. Расчетная схема определения напора насосной станции I подъема:

1 – береговой колодец; 2 – насос I подъема; 3 – смеситель очистной станции

Для предварительных расчетов высоту расположения смесителя можно принять 4...6 м над поверхностью земли, при окончательных расчетах эту высоту устанавливают в соответствии с проектом очистной станции.

При подаче воды непосредственно в водопроводную сеть полную высоту подъема насосами I подъема, м, определяют по формуле

$$H = H_r + \sum h_{вс} + \sum h_{н} + H_{св}, \quad (7.5)$$

где H_r – разность отметок расчетного уровня воды в источнике и геодезической отметки диктующей точки, м;

$H_{св}$ – требуемый свободный напор в точке водопроводной сети, принятой за расчетную.

7.2. Расчет трубопроводов насосных станций и напорных водоводов

Расчет трубопроводов насосных станций (всасывающих и напорных) выполняют применительно к нормальным и аварийным условиям работы. Скорости течения воды в водоводах при нормальных условиях рекомендуется принимать по табл. 7.3.

Т а б л и ц а 7.3

Скорости движения воды в трубопроводах насосных станций, м/с

Диаметр труб, мм	Всасывающие	Напорные
До 250	0,6...1,0	0,8...2,0
250...800	0,8...1,5	1,0...3,0
Больше 800	1,2...2,0	1,5...4,0

Количество всасывающих линий к насосной станции независимо от числа и групп установленных насосов должно быть не менее двух. Желательно иметь для каждого насоса свою всасывающую линию.

При выключении одной линии остальные должны быть рассчитаны на пропуск полного расчетного расхода для насосных станций I и II категорий и 70 % расчетного расхода для III категории.

Устройство одной всасывающей линии допускается для насосных станций III категории. Всасывающий трубопровод должен иметь непрерывный подъем к насосу с уклоном не менее 0,005.

Диаметр всасывающих труб, м, определяют по расчетному расходу при нормальном режиме работы водозабора и допустимой скорости движения воды в трубах по формуле

$$D_{\text{вс}} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{Q_{\text{н}}}{V_{\text{т}}}}, \quad (7.6)$$

где $Q_{\text{н}}$ – расчетный расход одного насоса, м³/с;

$V_{\text{т}}$ – допустимая расчетная скорость в трубопроводе, определяемая по табл. 7.3, м/с.

Трубопроводы в насосных станциях, а также всасывающие линии за пределами машинного зала, как правило, выполняют из стальных труб на сварке с применением фланцев для присоединения к арматуре и насосам.

Подобрав диаметр всасывающих труб, ближайший по сортаменту, находят фактическую скорость, м/с:

при нормальных условиях эксплуатации

$$V^{\text{ф}} = \frac{Q_{\text{н}}}{\frac{\pi D_{\text{вс,т}}^2}{4}}, \quad (7.7)$$

при аварийном режиме

$$V_{ав}^{\Phi} = \frac{Q_{ав}}{\frac{\pi D_{вс,г}^2}{4}}, \quad (7.8)$$

где $D_{вс,г}$ – выбранный диаметр всасывающей линии, м (прил. А, Б);

$Q_{ав}$ – аварийный расход, м³/с, определяемый по формулам:

$$Q_{ав} = \frac{Q_{нс}}{n-1} \quad (\text{для I и II категорий НС I подъема});$$

$$Q_{ав} = 0,7 \cdot \frac{Q_{нс}}{n-1} \quad (\text{для III категории НС II подъема}).$$

Здесь n – количество всасывающих линий;

$Q_{нс}$ – полный расчетный расход насосной станции I подъема, м³/с.

Количество линий напорных водоводов от НС I п (после камеры переключения) надлежит принимать с учетом категории системы водоснабжения и очередности строительства. Количество напорных линий от насосных станций I и II категорий должно быть не менее двух. Для насосных станций III категории допускается устройство одной напорной линии. В случае отключения одного водовода или его участка общую подачу воды объекту на хозяйственно-питьевые нужды допускается снижать не более чем на 30 % расчетного расхода. Для напорных водоводов, как правило, следует применять неметаллические трубы: железобетонные напорные, асбестоцементные напорные, пластмассовые, чугунные. Применение чугунных напорных труб допускается для сетей в пределах населенных пунктов, территорий промышленных, сельскохозяйственных предприятий.

Диаметр напорных труб, м, определяем по расчетному расходу при нормальном режиме водозабора по формуле

$$D_{н} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{Q}{V_{Т}}}, \quad (7.9)$$

где Q – расчетный расход по одной нитке напорного водовода, м³/с,

$$Q = \frac{Q_{нс}}{n};$$

здесь $Q_{нс}$ – производительность насосной станции I подъема, м³/с;

n – количество ниток водовода.

Подобрав диаметр, находим фактическую скорость в напорном водоводе, м/с:

при нормальном режиме эксплуатации

$$V^{\Phi} = \frac{Q}{\frac{\pi D_{\text{н,г}}^2}{4}}, \quad (7.10)$$

при форсированном режиме

$$V_{\text{ав}}^{\Phi} = \frac{Q_{\text{ав}}}{\frac{\pi D_{\text{н,г}}^2}{4}}, \quad (7.11)$$

где $Q_{\text{ав}}$ – аварийный расход при выключении одной из ниток, м³/с,

$$Q_{\text{ав}} = 0,7 \cdot \frac{Q_{\text{нс}}}{n-1};$$

$D_{\text{н,г}}$ – выбранный диаметр напорного водовода, м (прил. В).

Определяем потери напора в водоводах при нормальном и аварийном режимах эксплуатации:

$$\sum h = \sum h_l + \sum h_m, \quad (7.12)$$

$$\sum h^{\text{ав}} = \sum h_l^{\text{ав}} + \sum h_m^{\text{ав}}, \quad (7.13)$$

где $\sum h_l$ – сумма потерь по длине при нормальном режиме, м;

$\sum h_l^{\text{ав}}$ – сумма потерь по длине при аварии, м;

$\sum h_m$ – сумма местных потерь напора при нормальном режиме, м;

$\sum h_m^{\text{ав}}$ – сумма местных потерь напора, м, при форсированном режиме.

Сумма потерь по длине:

при нормальном режиме

$$\sum h_l = \frac{A \cdot l}{n^2} \cdot Q_{\text{нс}}^2; \quad (7.14)$$

при форсированном режиме

$$\sum h_l^{\text{ав}} = \frac{A_{\text{ав}} \cdot l}{(n-1)^2} \cdot Q_{\text{ав}}^2, \quad (7.15)$$

где A – коэффициент удельного гидравлического сопротивления одной нитки водовода, с²/м⁶, определяемый по формулам,

приведенным в подразд. 4.4.1 (где V – фактическая скорость движения в водоводе, м/с), в зависимости от материала труб;

n – число ниток в водоводе;

l – длина водовода, м;

$Q_{\text{нс}}$ – общая расчетная подача воды на НС I подъема, м³/с;

$Q_{\text{ав}}$ – аварийный расход при выключении одной из ниток, м³/с;

$A_{\text{ав}}$ – коэффициент удельного гидравлического сопротивления одной нитки водовода, пропускающей аварийный расход, с²/м².

Сумма местных потерь:
при нормальном режиме

$$\sum h_{\text{м}} = \sum \xi \cdot \frac{V^2}{2g}, \quad (7.16)$$

при форсированном режиме

$$\sum h_{\text{м}}^{\text{ав}} = \sum \xi \cdot \frac{V_{\text{ав}}^2}{2g}, \quad (7.17)$$

где V , $V_{\text{ав}}$ – фактическая скорость воды соответственно при нормальном и аварийном режимах, м/с;

ξ – сумма коэффициентов местных сопротивлений; значения коэффициентов ξ приведены в прил. 3.

Потери напора по длине $\sum h_l$, $\sum h_l^{\text{ав}}$ могут быть рассчитаны с использованием таблиц Ф.А. Шевелева, по которым определяются диаметры всасывающих и напорных труб, соблюдая нормируемые скорости движения воды при заданных значениях экономического фактора и вычисленных значениях расхода воды. Значения местных сопротивлений в напорных водоводах можно принять в размере 5...10 % от потерь по длине, т.е.

$$\sum h_{\text{м}} = (0,05...0,1) \cdot \sum h_l \quad \text{и} \quad \sum h_{\text{м}}^{\text{ав}} = (0,05...0,1) \cdot \sum h_l^{\text{ав}}.$$

Потери напора внутри насосной станции ориентировочно могут быть приняты: на всасывающих трубопроводах – 1...1,5 м, на напорных – 2...2,5 м.

7.3. Построение графика совместной работы насосов насосной станции I подъема и водоводов

Выбор насоса производится по заданному значению расчетного расхода Q и величине требуемого напора H на основании технических характеристик насосов, представленных в [16, 17].

Для подобранной марки насоса строятся характеристики $Q - H$, $Q - N$ и $Q - \eta$ (рис. 7.3). Эти характеристики приведены в [16, 17].

Для построения кривых, изображенных на рис. 7.3, можно принимать следующие масштабы:

Q	–	в 1 см	20...50 м ³ /ч
H	–	в 1 см	2...5 м
N	–	в 1 см	1...5 кВт
η	–	в 1 см	5...10 %

Затем производится анализ совместной работы насоса выбранной марки с трубопроводом.

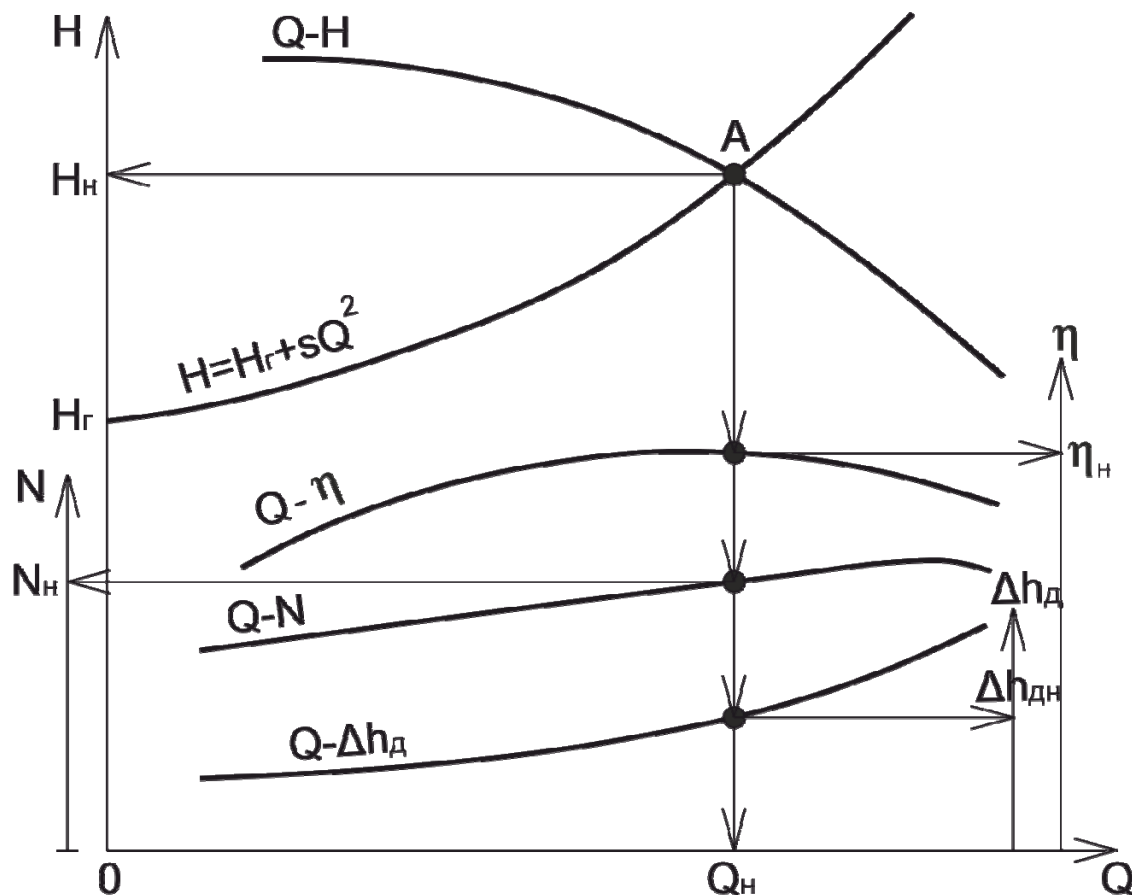


Рис. 7.3. График совместной работы насосов и водоводов. Определение Q_n, H_n, N_n, η_n

Для построения суммарной характеристики трубопроводов используется следующая зависимость:

$$H = H_r + \sum h, \quad (7.18)$$

где H – полный напор, м;
 H_r – геометрическая высота подъема, м;
 $\sum h = \sum h_{\text{вс}} + \sum h_{\text{н}}$ – сумма потерь напора во всасывающем трубопроводе НС I п и напорном водоводе, м.

Для построения суммарной характеристики трубопроводов (см. рис. 7.3) нужно задаться 6..8 произвольными значениями расхода Q и подсчитать соответствующие величины требуемого напора H по формулам (7.14) и (7.18). Наибольшее значение расхода Q принимается с таким расчетом, чтобы суммарная характеристика водоводов пересекла характеристику насоса $Q - H$. Точка пересечения суммарной характеристики трубопровода с характеристикой насоса $Q - H$ (точка А на рис. 7.3) является рабочей точкой насосной установки.

При подборе насоса необходимо стремиться, во-первых, к тому, чтобы точка А лежала в области устойчивых режимов работы насоса, во-вторых, к тому, чтобы точка А находилась в области максимальных значений КПД насоса, и, в-третьих, к тому, чтобы расход и напор, соответствующие точке А, были близки к величинам расчетного расхода Q и требуемого напора H (но не меньше их).

В том случае, когда указанные условия не соблюдаются, необходимо выбрать другую марку насоса и произвести повторный анализ.

Полученная рабочая точка А (см. рис. 7.3) позволяет определить производительность $Q_{\text{н}}$, напор $H_{\text{н}}$, потребляемую мощность $N_{\text{н}}$ и полный КПД насоса $\eta_{\text{н}}$, соответствующие режиму работы выбранного насоса на трубопровод при открытой задвижке на напорном водоводе. Из каталога выписывается число оборотов вала насоса n .

Рекомендуется также подсчитать потребляемую мощность, кВт, по формуле

$$N'_H = \frac{\rho \cdot g \cdot Q_{\text{н}} \cdot H_{\text{н}}}{1000 \cdot \eta_{\text{н}}}, \quad (7.19)$$

где ρ – плотность воды, кг/м³;
 g – ускорение свободного падения, м/с²;
 $Q_{\text{н}}$ – производительность насоса, м³/с;
 $H_{\text{н}}$ – напор насоса, м;
 $\eta_{\text{н}}$ – КПД насоса, %.

Полученное по формуле (7.19) значение N'_H следует сравнить с величиной, найденной по графику. Разница не должна превышать 10..15 %.

7.4. Определение отметки расположения оси насоса

На водопроводных насосных станциях первого подъема I категории надежности, как правило, насосы устанавливают «под залив», т.е. ниже минимального уровня воды в водоисточнике. В водопроводных насосных станциях II и III категорий допускается установка насосов выше максимального уровня воды в источнике. При этом должна быть предусмотрена система для заливки насосов перед их пуском.

В насосных станциях I подъема I категории (рис. 7.3, а, в) отметку оси насоса определяют из условия установки корпуса насоса под минимальным уровнем воды в береговом колодце после сеток, м:

$$Z_{\text{OH}} = Z_{\text{min}}^{\text{BC}} - a, \quad (7.20)$$

где $Z_{\text{min}}^{\text{BC}}$ – отметка минимального уровня воды в береговом колодце или во всасывающем отделении насосной станции I подъема после сеток, м;

a – расстояние от оси до верха корпуса насоса, м, определяемое по справочным данным [16, 17].

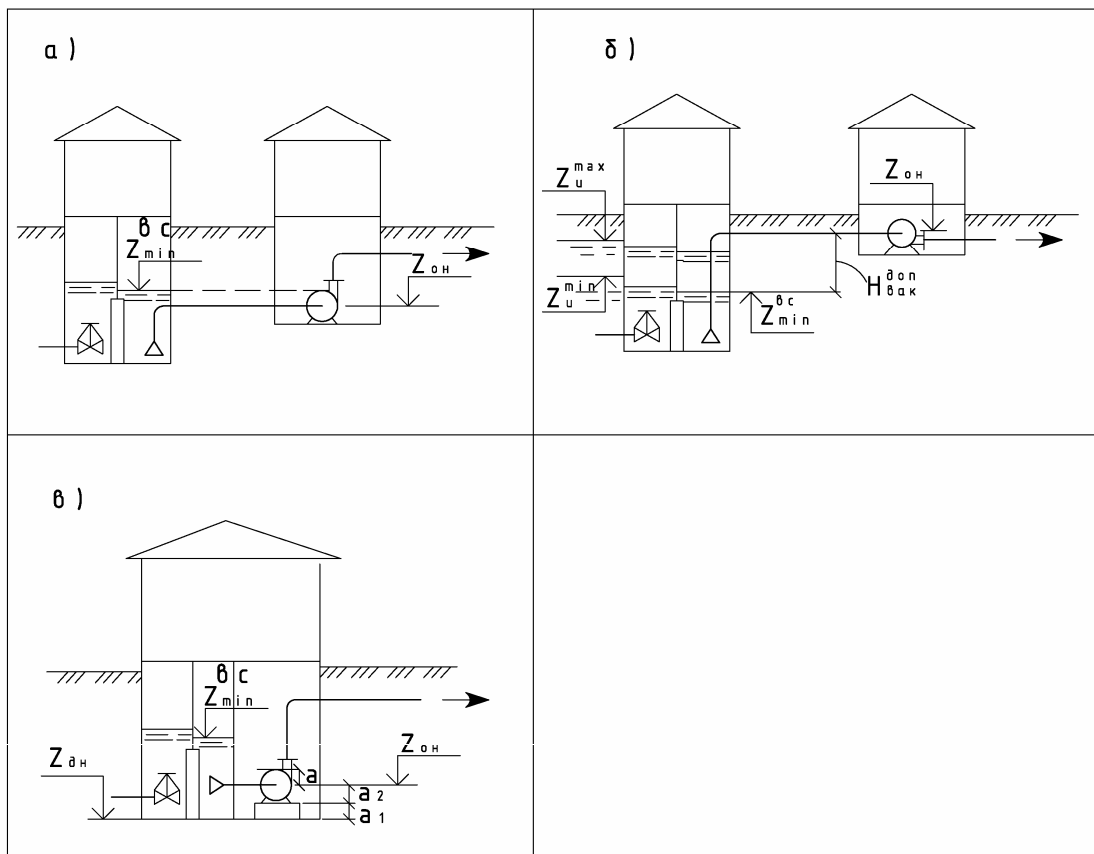


Рис. 7.4. Схемы к определению отметки расположения оси насосов насосной станции первого подъема

В совмещенных насосных станциях первого подъема I категории надежности часто пол машинного зала и днище сеточного отделения

насосной станции по конструктивным соображениям располагают на одном уровне (см. рис. 7.4, в). В таком случае отметка оси насоса определяется отметкой пола машинного зала $Z_{\text{дн}}$, высотой фундамента a_1 и расстоянием от низа лап насоса до его оси a_2 , м:

$$Z_{\text{он}} = Z_{\text{мин}}^{\text{вс}} + a_1 + a_2. \quad (7.21)$$

Для водопроводных насосных станций II и III категорий, где допускается установка насосов выше уровня воды в источнике (см. рис. 7.4, б), отметку расположения оси насоса определяют непосредственно из условий обеспечения допустимой геометрической высоты всасывания при минимальном уровне воды во всасывающем отделении колодца, м:

$$Z_{\text{он}} = Z_{\text{мин}}^{\text{вс}} + H_{\text{вак}}^{\text{доп}} - \nu, \quad (7.22)$$

где $\nu=0,5...1,0$ – конструктивный запас;

$H_{\text{вак}}^{\text{доп}}$ – допустимая вакуумметрическая высота всасывания насоса, принимаемая по его рабочей характеристике в зависимости от расчетной подачи воды, м.

Наивысшая допустимая отметка оси насоса при расположении насосов выше минимального уровня воды в водоисточнике определяется по формуле, м:

$$Z_{\text{он}}^{\text{max}} = Z_{\text{мин}}^{\text{вс.ав}} + H_{\text{вак}}^{\text{доп}} - \sum h_{\text{вс}}^{\text{ав}}, \quad (7.23)$$

где $Z_{\text{мин}}^{\text{вс.ав}}$ – минимальная отметка во всасывающем отделении водозаборного сооружения при аварии, м;

$H_{\text{вак}}^{\text{доп}}$ – допустимая вакуумметрическая высота всасывания насоса, м;

$\sum h_{\text{вс}}^{\text{ав}} = \sum h_{\text{м}}^{\text{ав}} + \sum h_{\text{т}}^{\text{ав}}$ – сумма потерь напора во всасывающем трубопроводе при форсированном режиме, м.

При расположении оси насосов ниже минимального уровня воды во всасывающем отделении берегового колодца максимальную допустимую отметку оси насоса находим по формуле

$$Z_{\text{он}}^{\text{max}} = Z_{\text{мин}}^{\text{вс.ав}} + \frac{p_{\text{ат}}}{\rho \cdot g} - \left(\Delta h_{\text{кав}} + \sum h_{\text{вс}}^{\text{ав}} + h_{\text{т}} \right), \quad (7.24)$$

где $\frac{p_{\text{ат}}}{\rho \cdot g} = H_{\text{ат}}$ – атмосферное давление в местности, где устанавливается насос, м вод.ст., определяется по табл. 7.1;

$\Delta h_{\text{кав}}$ – величина кавитационного запаса, м, вычисляемая по формуле С.С. Руднева:

$$\Delta h_{\text{кав}} = 10 \cdot \left(n \frac{\sqrt{Q}}{C} \right)^{4/3}; \quad (7.25)$$

здесь n – число оборотов в 1 мин рабочего колеса насоса;

- Q – производительность насоса, м³/с;
 C – коэффициент, зависящий от конструктивных особенностей насоса, $C=900...1000$;
 $\sum h_{\text{вс}}^{\text{аб}}$ – сумма потерь напора во всасывающем отделении водозабора, м;
 h_t – упругость насыщенных паров воды при температуре t °С, м вод.ст.

Если выбранная отметка оси насоса меньше или равна максимальной, то расположение оси насоса выбрано верно

$$Z_{\text{он}} \leq Z_{\text{он}}^{\text{max}}.$$

Определение отметки оси насоса, расположенного в насосной станции, совмещенной с сетчатым колодцем

Отметка оси насоса $Z_{\text{он}}$, м (при его расположении «под заливом») определяется по формуле

$$Z_{\text{он}} = Z_{\text{вс}}^{\text{min}} - h - l; \quad (7.26)$$

где $Z_{\text{вс}}^{\text{min}}$ – отметка уровня воды во всасывающем отделении сетчатого или водоприемно-сетчатого колодца при нормальных условиях эксплуатации (при расходе q_p в одной секции водозабора), м;

h – высота слоя воды над верхом корпуса насоса, м; $h=0,2...0,3$ м;

l – расстояние от оси насоса до его верхней части, определяемое по справочным данным [16, 17], м.

Высоту слоя бетона h_6 , м, над железобетонным днищем находят по формуле

$$h_6 = Z_{\text{он}} - Z_{\text{дн}} - h_{\text{л}} - h_{\text{фп}} - h_{\text{ф}}; \quad (7.27)$$

где $Z_{\text{он}}$ – отметка оси насоса м;

$Z_{\text{дн}}$ – отметка днища совмещенного водозаборного сооружения, м;

$h_{\text{л}}$ – расстояние от оси насоса до лапок, определяемое по справочным данным [16, 17], м;

$h_{\text{фп}}$ – высота фундаментной плиты (по справочным данным) или высота сварной рамы, м:

$$h_{\text{фп}} = 0,2...0,25 \text{ м}.$$

$h_{\text{ф}}$ – высота фундамента, м:

$$h_{\text{ф}} = 0,15...0,2 \text{ м}.$$

8. ОСНОВНОЕ И ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ВОДОЗАБОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

К основному оборудованию водозаборов из поверхностных источников относятся:

- решетки, защищающие приемные отверстия от попадания в них мусора;
- рыбозащитные устройства;
- сетки для процеживания воды;
- насосы;
- затворы (щиты, дроссели, задвижки и т.п.) для управления коммуникациями и оборудованием водозабора.

К вспомогательному оборудованию водозаборов из поверхностных источников относятся:

- насосы или эжекторы для очистки береговых колодцев от насосов;
- гидроэлеваторы для откачки наносов из водоприемных камер;
- вакуумные насосы;
- дренажные насосы;
- вентиляторы для создания искусственной циркуляции воздуха;
- грузоподъемные и транспортные устройства и приспособления для монтажа и демонтажа оборудования и коммуникаций;
- водомеры;
- электрооборудование, обычно работающее от двух независимых вводов электроэнергии;
- телемеханические устройства и приспособления для полного или частичного автоматического управления работой водозабора;
- обратные клапаны для поддержания напора в водоводах при внезапной остановке одного из насосов;
- предохранительные клапаны для защиты водоводов и коммуникаций от гидравлических ударов;
- компрессоры;
- устройства для промыва решеток, сеток, самотечных линий;
- шугозащитные устройства;
- реагентное хозяйство с хлораторными установками;
- устройства для электрообогрева и паробогрева.

8.1. Расчет гидроэлеватора

Предварительное удаление взвешенных веществ из исходной воды на водозаборных сооружениях позволяет не только увеличить производительность и эффективность станций водоочистки, но и

сократить эксплуатационные затраты. Часть взвеси выпадает в осадок в береговых колодцах. Масса выпадающих в водоприемном отделении взвесей, кг/сут, вычисляется по формуле

$$m_{\text{взв}} = (0,06 - 0,12) \cdot Q_{\text{в}} \cdot c_{\text{взв}} \cdot \rho_{\text{взв}}, \quad (8.1)$$

где $Q_{\text{в}}$ – производительность водозабора, м³/сут;

$\rho_{\text{взв}}$ – плотность взвесей, кг/м³, определяемая по мутности воды в водоисточнике;

$c_{\text{взв}}$ – относительная концентрация взвесей в воде.

При удалении осадка из водоприемной камеры и всасывающего отделения эффективность очистки воды от взвесей составляет 10...12 %, а при удалении осадка только из приемного отделения – 6...8 %.

Для откачки осадка из водоприемных камер на водозаборных сооружениях устанавливают гидроэлеваторы (рис. 8.1). Гидроэлеваторы проектируются как в приемном отделении, так и во всасывающем отделении водозаборного сооружения.

Технические характеристики стационарных гидроэлеваторов определяются по их расчетной производительности $Q_{\text{э}}$ и напору $H_{\text{э}}$.

Производительность гидроэлеватора, кг/ч:

$$Q_{\text{э}} = \frac{m_{\text{взв}}}{T_{\text{от}}}, \quad (8.2)$$

где $T_{\text{от}}$ – продолжительность работы гидроэлеватора в сутки, ч;

$T_{\text{от}} = 8$ ч – при односменной работе;

$T_{\text{от}} = 16$ ч – при двухсменной работе (при значительной мутности воды).

Если на водозаборе устанавливается более 2-х гидроэлеваторов (по одному в каждой секции водозабора), время откачки отложившихся наносов сокращается вдвое и составляет $T_{\text{от}} = 4$ ч.

Принцип действия насосно-гидроэлеваторной установки заключается в следующем. Под минимальным уровнем воды в приемном или всасывающем отделении колодца устанавливается гидроэлеватор, подающий откачиваемую жидкость с расходом $Q_{\text{см}} = Q_{\text{р}} + Q_{\text{э}}$ до отметки, с которой ее может всасывать центробежный насос. Последний имеет подачу $Q_{\text{р}} + Q_{\text{э}} = Q_{\text{см}}$. Осадок отводят и сливают в отстойные пруды, располагаемые близко к станции. Осветленную воду сбрасывают в нижний бьеф насосной станции по лоткам или трубам. Пол в приемном отделении делают с уклоном в сторону всасывающей трубы

грязевого насоса, а в месте расположения последней устраивают приямок. Гидроэлеваторы питаются водой от системы технического водоснабжения.

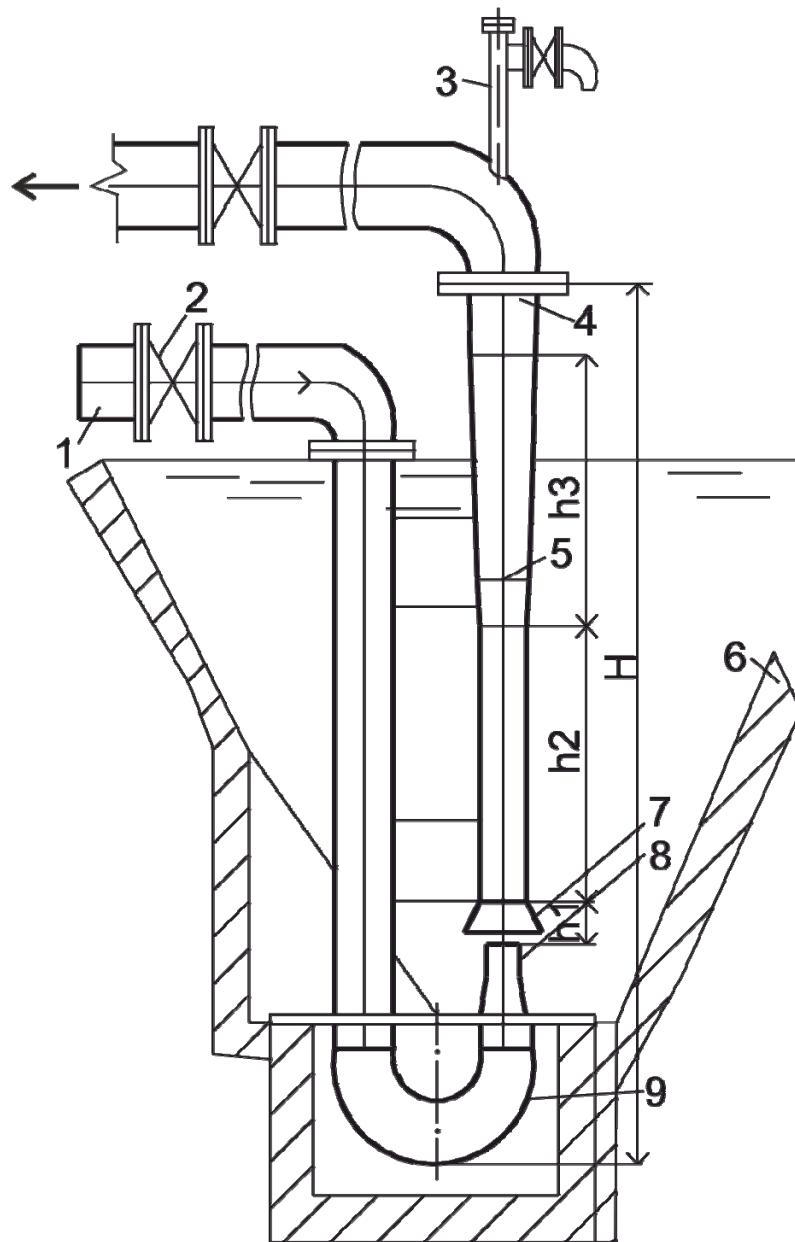


Рис. 8.1. Гидроэлеватор стационарный стальной:
 1 – напорный водовод; 2 – задвижка; 3 – патрубок для прочистки;
 4 – отводной патрубок; 5 – диффузор; 6 – водоприемная камера;
 7 – смесительная камера; 8 – сопло напорного патрубка;
 9 – напорный патрубок

Расход воды рабочего потока на входе в гидроэлеватор, м³/ч:

$$Q_p = I \cdot Q_3, \quad (8.3)$$

где $I = 0,3 \dots 0,6$ – коэффициент эжекции.

Расходы воды рабочего потока гидроэлеватора и общего потока в системе откачки взвесей на выходе гидроэлеватора равны:

$$Q_{\text{см}} = I \cdot Q_{\text{э}} + Q_{\text{э}} = (1 + I) \cdot Q_{\text{э}}. \quad (8.4)$$

Напор установки, м, для удаления осадка определяют как разность между максимальной точкой расположения выходного отверстия сливной трубы и минимальным уровнем воды в приемной камере с учетом гидравлических сопротивлений в системе по удалению осадка:

$$H_{\text{э}} = H_{\text{гэ}} + \sum h_{\text{э}}, \quad (8.5)$$

где $H_{\text{гэ}}$ – геометрическая высота подъема взвесей, м;

$h_{\text{э}}$ – сумма потерь напора при транспортировании взвесей от места отложения до очистных сооружений, м.

$$H_{\text{гэ}} = Z_{\text{ос}}^{\text{ск}} - Z_{\text{дн}}, \quad (8.6)$$

где $Z_{\text{ос}}^{\text{ск}}$ – отметка взвесей на очистных сооружениях (отстойных или на прудах), м;

$Z_{\text{дн}}$ – отметка дна приемки всасывающего (или приемного) отделения водозаборного сооружения (в зависимости от места установки гидроэлеватора), м.

$$\sum h_{\text{э}} = \sum h_{l_{\text{э}}} + \sum h_{\text{мэ}} + h_{\text{о}}, \quad (8.7)$$

где $\sum h_{l_{\text{э}}} = i \cdot l = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{V^2}{2g}$ – потери по длине l пульпопровода, уложенного с уклоном i , м;

λ – коэффициент трения, зависящий от влажности осадка, определяется по формуле

$\lambda = 0,214 \cdot W_{\text{ос}} - 0,191$ для диаметра пульпопровода $d = 0,2 \dots 0,4$ м;

$\lambda = 0,214 \cdot W_{\text{ос}} - 0,181$ для диаметра $d = 0,15$ м;

$\sum h_{\text{мэ}}$ – местные потери напора, м;

$h_{\text{о}}$ – начальный напор, м, обусловленный вязкопластичными свойствами осадка,

$$h_{\text{о}} = 1360 \cdot (1 - W_{\text{ос}})^2 \cdot \frac{L}{d^{2,25}}. \quad (8.8)$$

При расчете пульпопровода следует учитывать критические и минимальные скорости движения осадка (табл. 8.1).

Т а б л и ц а 8.1

Критические скорости для пульпопровода из новых стальных труб
 $d = 100...400$ мм и минимальные расчетные скорости, м/с,

движения осадков

Влажность осадка, $W_{ос}$, %	$V_{кр}$, м/с	V_{min} для диаметров пульпопровода, м/с	
		150...200	250...400
90	2,5	1,4	1,5
91	2,4	1,3	1,4
92	1,8	1,4	1,5
93	1,5	1,3	1,4
94	1,35	1,2	1,3
95	1,22	1,1	1,2
96	1,18	1	1,1
97	1,1	0,9	1
98	-	0,8	0,9

Требуемый напор рабочего потока в гидроэлеваторе, м:

$$H_p = \frac{H_э}{\eta_э \cdot \left(\frac{2}{S} + \frac{S-2}{S(S-1)^2} - \frac{(1+I)^2}{S^2} \right)}, \quad (8.9)$$

$H_э$ – расчетный теоретический напор гидроэлеватора, м;

$\eta_э$ – КПД гидроэлеватора;

I – коэффициент эжекции;

$S = \frac{\omega_k}{\omega_p}$ – отношение площади поперечного сечения камеры смешения гидроэлеватора ω_k к площади выходного сечения сопла (струи рабочего потока) ω_p .

Оптимальные значения S в зависимости от коэффициента эжекции I приведены в табл. 8.2.

Т а б л и ц а 8.2

Зависимость S от коэффициента эжекции

I	0	1	2	3	4	5	6	10
S	1,11	3,8	7,25	11,6	16,9	23,2	30,3	66,4

Рекомендуемые отношения площадей ω_k и ω_p

$$\left(\frac{\omega_k}{\omega_p} \right) = 0,88 \cdot \frac{H_p}{h_d}. \quad (8.10)$$

Для удобства расчетов приближенное соотношение площадей этих сечений при коэффициенте эжекции $I=1...4$ принимается $S=3,9$.

Определив Q_3 , H_3 , Q_p , H_p , подбирают гидроэлеватор и насосное оборудование по табл. 8.3, 8.4.

Т а б л и ц а 8.3

Размеры и масса гидроэлеваторов чугунных

№ гидроэлеватора	Производительность, л/с	Масса, кг	H, м
1	0,4	0,8	до 3 м
2	0,6	1,2	до 3 м
3	0,5	2	до 10 м
4	1,0	3,2	до 10 м

Для работы насосно-гидроэлеваторной установки необходимо выполнение двух условий.

Условие 1.

$$Q_{см} \leq Q_{сн}^B - Q_{пр}, \quad (8.11)$$

где $Q_{сн}^B = K_{сн} \cdot Q_{max}^{сут}$ – расход воды на собственные нужды водозаборного сооружения, $м^3/ч$;

$K_{сн}$ – коэффициент, характеризующий затраты воды на собственные нужды водозаборного сооружения; $K_{сн} = 0,03...0,08$ (подразд. 3.1);

$Q_{max}^{сут}$ – максимальный суточный расход воды, подаваемый потребителям, $м^3/сут$;

$Q_{пр}$ – расход воды на промывку, $м^3/ч$ (сеток, самотечных или сифонных линий);

$Q_{см}$ – расход воды на откачку насосов, $м^3/ч$.

Условие 2.

$$H_p \leq H_{нс}, \quad (8.12)$$

где H_p – требуемый напор рабочего потока, м;

$H_{нс}$ – напор основных насосов насосной станции первого подъема.

Таблица 8.4

Техническая характеристика стационарных гидроэлеваторов

Типразмер гидроэлеватора	Диаметр сопла D_c и горловины D_r , мм		Напор на выходе после диффузора, мм		Расход рабочей воды Q_p , л/с		Напор рабочей воды H_p , м		Количество, л/с		Размеры, мм				КПД	Масса, кг
	D_c	D_r							Перекачиваемой пульпы	Перекачиваемого осадка	H	h_1	h_2	h_3		
I	$D_c=30$ $D_r=55$	10	15	20	23	22	62	62	1500	1570	55	330	670	0,23	65	
																52
																70
II	$D_c=30$ $D_r=55$	5	10	15	31	36	34	15	1575	1575	80	480	500	0,24	67	
																47
																55

8.2. Выбор типа и параметров грузоподъемного оборудования

Подъемно-транспортное оборудование используется для монтажа оборудования, трубопроводов, а также при ремонтных работах. Тип и параметры грузоподъемного оборудования зависят от его назначения и требуемой грузоподъемности.

При массе поднимаемого груза до 5 т предусматривают ручные тали, перемещающиеся с помощью «кошки» по монорельсу, или подвесные однобалочные краны; при массе груза более 5 т – мостовые ручные краны, электрические тали грузоподъемностью до 10 т. Электрическое крановое оборудование применяют при подъеме груза на высоту более 6 м при длине кранового пути более 18 м. В помещениях с крановым оборудованием предусматривают монтажные площадки, на которые оборудование доставляют такелажными средствами или только на монорельсе.

Для обслуживания плоских решеток и сеток обычно используют лебедки, кошки или тали. Грузоподъемность кошек или талей, кг, определяют исходя из необходимости преодоления силы тяжести решетки или сетки и силы трения в пазах по формуле

$$R = \left[m + f \cdot \left(h + \psi \cdot \frac{u^2}{2g} \right) \cdot \rho_{\text{в}} \cdot \Omega_{\text{бр}} \right] \cdot k, \quad (8.13)$$

где m – масса решетки или сетки, кг;

f – коэффициент трения рамки решетки или сетки в пазах, определяемый по табл. 8.5;

h – перепад уровней воды на сетке или решетке, м;

для сетки $h = Z_{\text{вс}}^{\text{max}} - Z_{\text{вс}}^{\text{min ав}}$, м;

для решетки $h = Z_{\text{пр}}^{\text{max}} - Z_{\text{пр}}^{\text{min ав}}$, м;

ψ – коэффициент обтекания стержней или проволок решетки или сетки, принимаемый по табл. 8.6;

u – скорость потока на подходе к решетке или сетке, м/с:

• для сетки: $u = u_{\text{вт}}^{\text{факт}}$ – скорость втекания в сетки, м/с;

• для решетки: $u = u_{\text{вт}}^{\text{факт}}$ – скорость втекания в решетки, м/с;

• для фильтрующих кассет: $u = u_{\text{ф}}^{\text{факт}}$ – скорость фильтрации в кассеты, м/с;

$\rho_{\text{в}} = 1000 \text{ кг/м}^3$ – плотность воды;

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения;

$\Omega_{\text{бр}}$ – площадь решетки или сетки, м^2 , $\Omega_{\text{бр}} = \Omega_{\text{бр}}^{\text{факт}}$;

$k = 1,5$ – коэффициент запаса.

Т а б л и ц а 8.5

Определение коэффициента трения в зависимости от его вида

Вид трения	f
Сталь по стали	0,3
Сталь по бетону	0,5
Сталь по швеллеру с одной стороны и железобетону с другой стороны	0,45

Т а б л и ц а 8.6

Определение коэффициента обтекания в зависимости от профиля стержней или проволок

План профиля стержней проволок или профиля проволок	Ψ
Круглый	0,4
Квадратный	0,6
Прямоугольный	0,6
Ромбический	0,3
Эллипсовидный	0,07

По формуле (8.13) можно определить необходимую грузоподъемную силу устройства для подъема затворов или щитов водозаборных сооружений.

Тали выпускают подвесные с червячным или шестеренным механизмом подъема, передвижные ручные (без механизма и с механизмом передвижения) и электрические (с ручным и электрическим механизмом передвижения). Изготавливают ручные тали грузоподъемностью до 12,5 т при высоте подъема 3...12 м и электрические тали грузоподъемностью до 10 т при высоте подъема 6...36 м.

Из подвесных талей предпочтение следует отдавать червячным талям, так как они имеют более простую и надежную конструкцию, а также дешевле шестеренных.

Электрические тали представляют собой самоходную тележку, передвигающуюся по подвесному монорельсу из двутавра, который располагают, как правило, вдоль здания над осью установки насосных агрегатов. Специальные тележки обычно выполняются с электроприводом и называются тельферами, грузоподъемность которых составляет 0,25...5 т.

К тележке снизу крепится канатный барабан с редуктором, электродвигателем и тормозным устройством. Управляют талью с пола подвесным переключателем. Высота подъема талей составляет разность отметок наивысшего положения крюка и пола сооружения. В грузоподъемность тали входят масса груза и масса устройств для строповки.

Кошки предназначены для подвешивания тали и перемещения груза по подвесному пути (монорельсу) из двутавра. Кошка грузоподъемностью 1 т движется по двутаврам № 16, 18 и 20 (при радиусе закругления пути не менее 1,5 м); расстояние от низа двутавра до грузовой траверсы составляет 80 мм. Масса подъемного механизма, подвешиваемого к кошке, в ее грузоподъемность не входит.

Для монтажа и демонтажа негромоздкого насосного оборудования, задвижек, обратных клапанов, затворов дисковых, предохранительных клапанов применяют как тали, так и кран-балки.

Краны подвесные однобалочные наиболее употребительны в водопроводных сооружениях, так как для них не требуются подкрановые пути, что упрощает строительную часть сооружений. Кран подвесной однобалочный представляет собой отрезок двутавра, подвешенный к двум кареткам, каждая из которых передвигается по подвесному крановому пути из двутавра (подвешенному к балкам перекрытия). По балке (двутавру), на которой находятся каретки и механизм перемещения крана, движется ручная или электрическая таль для подъема груза.

Краны подвесные ручные выпускают грузоподъемностью 0,5...5 т, длиной 3...12 м, высотой подъема груза 3...12 м; электрические – грузоподъемностью 1...5 т, длиной 3,6...18 м, высотой подъема груза 6...36 м, при скорости его подъема 0,13 м/с, скорости передвижения тали 0,33 м/с и передвижения крана 0,5 м/с.

Подкрановые балки подвешивают или к балкам перекрытия, или к специально уложенным балкам. Если на водозаборных сооружениях установлено большое число насосных агрегатов (четыре и больше) или агрегаты имеют значительную массу и габариты, то рациональнее вместо неподвижных балок установить один мостовой кран (ручной или с электроприводом). Такой кран позволяет поднимать груз и перемещать его в горизонтальной плоскости в нужную точку машинного зала.

Краны мостовые (ручные и электрические) в зависимости от грузоподъемности и пролета изготавливают однобалочными грузоподъемностью 0,5...10 т и пролетами 5...11 м и двухбалочными при грузоподъемности 5...20 т и пролетах 8...17 м (рис. 8.2).

Подкрановые пути укладывают на консоли колонн или пилястры стен. Грузоподъемность кранов мостовых ручных 3,2; 5 и 8 т, пролеты 4,5; 7,5; 10,5; 13,5; 16,5 м (допускается изготовление кранов с увеличенными на 0,5 м пролетами для подъема грузов на высоту до 12 м). Выпускают краны электрические однокрюковые грузоподъемностью 5 и 10 т, пролетами 11...32 м, краны с двумя крюками.

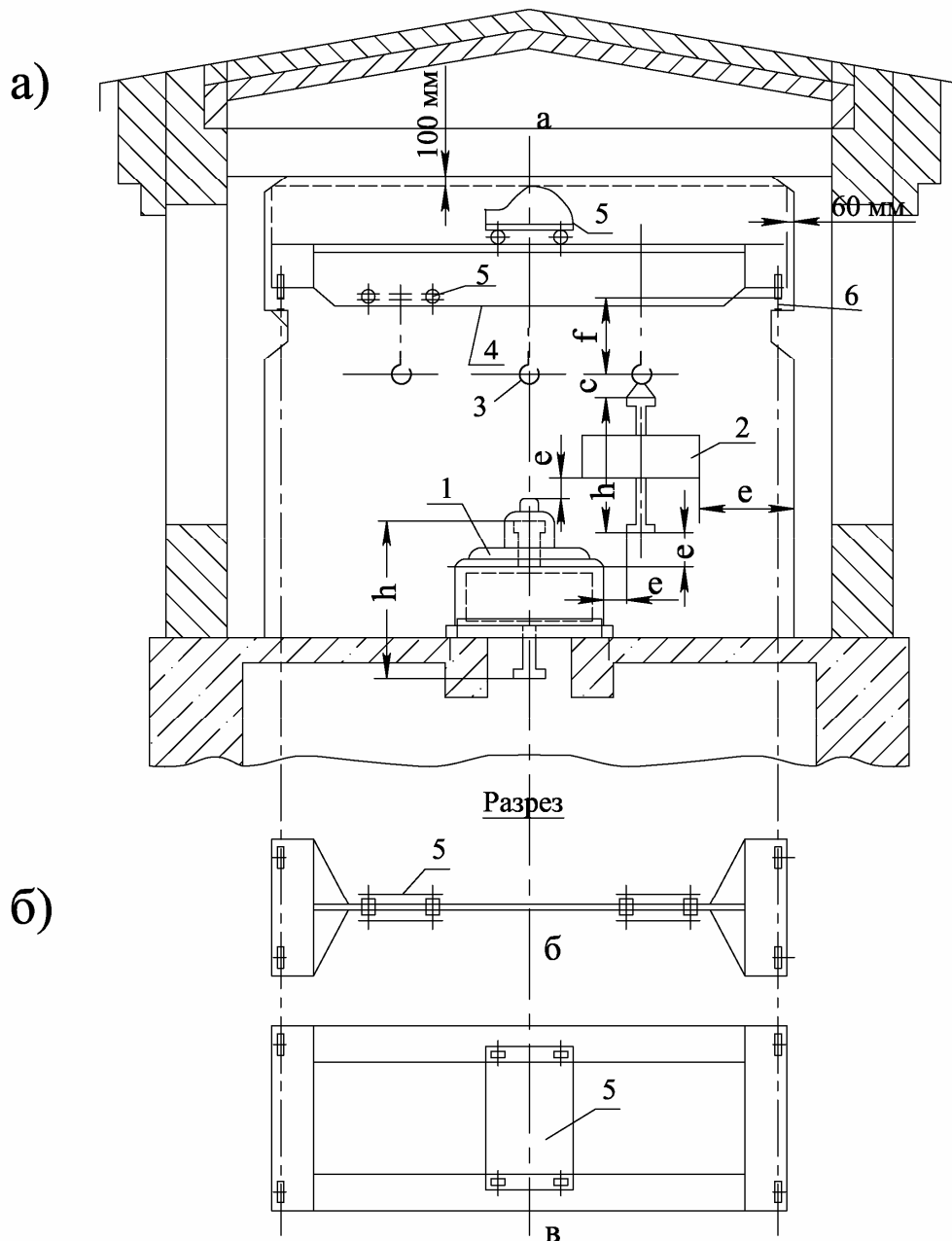


Рис.8.2. Установка мостового крана в машинном зале насосной станции I подъема:

а – разрез машинного зала; б – однобалочный кран (тележка 5 перемещается по нижнему поясу балки); в – двухбалочный кран (тележка 5 перемещается по верхнему поясу балки); 1 – электродвигатель; 2 – ротор; 3 – верхнее положение крюка; 4 – мостовой кран; 5 – тележка; 6 – подкрановый рельс; h – высота ротора; e – габарит приближения ротора при его перемещении к оборудованию и конструкциям, равный 0,5 м; c – стропы длиной 0,8...1,0 м; f – расстояние до крюка от головки подкранового рельса (по ГОСТ)

При грузоподъемности от 5 до 50 т и пролетах от 11 до 32 м можно применять электрические мостовые краны общего назначения.

Краны мостовые радиальные (поворачивающиеся вокруг центральной опоры) предназначены для установки их в насосных станциях круглой формы в плане.

Краны мостовые радиальные грузоподъемностью 5 и 8 т с ручным приводом состоят из двутавровой балки, по которой передвигается таль. Балка с одной стороны заканчивается цапфой с радиально-сферическим подшипником, воспринимающим вертикальную нагрузку от груза и крана и передающим ее на центральную опору; с другой стороны несущая балка соединена с торцовой балкой (изогнутой в плане), которая оборудована колесами (приводным и холостым), передвигающимися по круговому рельсу. Торцовая балка с несущей соединена подкосами. На одном подкосе расположен приводной механизм (ручной) передвижения крана. Вращение приводного колеса осуществляется тяговой цепью через звездочку, трансмиссию и пару шестерен, одна из которых выполнена вместе с ходовым колесом. Кран грузоподъемностью 10 т с электроприводом и талью марки ТЭ-10 имеет аналогичную конструкцию. Радиальные краны изготавливают по индивидуальному заказу, а тали кранов выпускают серийно.

Для насосных станций открытого типа либо применяют краны козлового типа, которые перемещаются по рельсовым путям, уложенным по подземной части станции, либо указанные выше грузоподъемные устройства монтируются на специальных металлических или железобетонных каркасах, устанавливаемых также на надземной части.

Грузоподъемность кранов, кран-балки определяют по массе наибольшей монтажной единицы.

Расчетной подъемной силой при выборе грузоподъемных устройств считается масса наиболее тяжелой детали монтируемых насосных агрегатов: ротора двигателя или насоса, статора двигателя или корпуса насоса. Когда таких данных нет, при предварительных расчетах максимальную массу детали принимают в пределах 50...60 % от общей массы машины. При горизонтальных агрегатах иногда за расчетную грузоподъемность принимают полную массу двигателя, чтобы не увеличивать общую длину здания станции, так как при выемке ротора на месте установки агрегата требуется значительное увеличение расстояния между агрегатами. Для облегчения и ускорения выполнения ремонтных работ при массе деталей более 3...5 т рекомендуется грузоподъемное оборудование с электроприводом.

При выборе типа грузоподъемных устройств учитывают возможность их использования при съеме монтажных единиц с транспортного средства и доставки к месту установки. Для этого в перекрытиях водозаборных сооружений проектируют монтажные люки, а в стенах – дверные проемы. А на водозаборах небольшой производительности выводят грузоподъемные устройства за пределы водозабора.

9. ЗОНЫ САНИТАРНОЙ ОХРАНЫ ВОДОЗАБОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ ИЗ ПОВЕРХНОСТНЫХ ИСТОЧНИКОВ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Зоны санитарной охраны предусматриваются на всех действующих, проектируемых и реконструируемых водозаборных сооружениях в целях обеспечения их санитарно-эпидемиологической надежности.

Зона источника водоснабжения в месте расположения водозаборных сооружений должна состоять из трех поясов: первого – строгого режима, второго и третьего – режимов ограничения хозяйственной деятельности.

Зона водопроводных сооружений должна состоять из границ первого пояса и санитарно-защитной полосы вокруг него (при расположении водопроводных сооружений за пределами второго пояса зоны источника водоснабжения).

Зона санитарной охраны должна включать водозаборные сооружения, водохранилища, водоподводящие каналы, а также полосу прокладки водоводов.

Проект зон санитарной охраны водопровода согласовывается с органами санитарно-эпидемиологической службы, геологии, а также с другими заинтересованными министерствами и ведомствами и утверждается в установленном порядке. Контроль за содержанием зон санитарной охраны должен осуществляться органами Государственного санитарного надзора. Границы первого пояса устанавливаются на расстояниях от водозабора:

- для рек и каналов:

вверх по течению — не менее 200 м;

вниз по течению — не менее 100 м;

по прилегающему к водозабору берегу — не менее 100 м от уреза воды при летне-осенней межени;

в направлении к противоположному берегу при ширине водотока менее 100 м — вся акватория и противоположный берег шириной 50 м от уреза воды при летне-осенней межени, а при ширине водотока более 100 м — полоса акватории шириной не менее 100 м;

на водозаборах ковшового типа вся акватория ковша и территория вокруг него — не менее 100 м;

- для водохранилищ и озер:

по акватории во всех направлениях — не менее 100 м;

по прилегающему к водозабору берегу — не менее 100 м от уреза воды при нормальном подпорном уровне в водохранилище и летне-осенней межени в озере.

Территория первого пояса зоны поверхностного источника должна быть спланирована, ограждена и озеленена.

Акватория первого пояса санитарной охраны поверхностного источника водоснабжения обозначается наземными столбами-указателями и бакенами. В несудоходных водоемах бакены с освещением устанавливаются над оголовками водозаборов, а в судоходной части — вне судового хода.

На территории первого пояса зоны:

- запрещаются все виды строительства, кроме основных водопроводных сооружений и их реконструкции, размещение жилых и общественных зданий любого назначения; прокладка трубопроводов различного назначения, кроме обслуживающих водопроводные сооружения; выпуск сточных вод, купание, водопой и выпас скота, стирка белья, рыбная ловля, применение ядохимикатов для растений и удобрений;

- все здания должны быть канализованы в ближайшую систему водоотведения с расположением очистных сооружений сточных вод за пределами первого пояса; при отсутствии канализации должны быть построены водонепроницаемые выгребы с учетом санитарных требований вывоза нечистот; должно быть исключено загрязнение территории нечистотами;

- должно быть обеспечено отведение поверхностного стока за пределы первого пояса;

- допускаются санитарные рубки леса и уход за ним.

Границы второго пояса устанавливаются:

вверх по течению (включая притоки) — исходя из усредненной по ширине и длине водотока скорости течения воды и времени ее протекания от границы пояса до водозабора при среднемесечном расходе воды летне-осенней межени 95 % обеспеченности: не менее 5 суток — для I (А, Б, В, Г) климатического района и II (А) климатического подрайона и не менее 3 суток — для остальных климатических районов; вниз по течению — не менее 250 м;

боковые границы — на расстоянии от уреза воды летне-осенней межени: при равнинном рельефе — 500 м, при гористом — до вершины первого склона, обращенного в сторону водотока, но не более 750 м при пологом склоне и 1000 м при крутом.

Границы второго пояса в водохранилище и озере от водозабора по акватории во всех направлениях на расстоянии 3 км — при количестве ветров до 10 % в сторону водозабора и 5 км — при количестве ветров более 10 % ; боковые границы аналогичны указанным расстояниям для водотоков.

На территории второго пояса источника водоснабжения запрещается:

а) загрязнение территории нечистотами, мусором, навозом, промышленными отходами и др.;

б) размещение складов ядохимикатов и минеральных удобрений, горючесмазочных материалов, накопителей, шламохранилищ и прочих объектов, способствующих загрязнению водоемов;

в) размещение скотомогильников, кладбищ, полей ассенизации и фильтрации, навозохранилищ, силосных траншей, земледельческих полей орошения, животноводческих и птицеводческих объектов и другой хозяйственной деятельности, способствующей микробному загрязнению водоемов;

г) применение удобрений и ядохимикатов;

д) добыча песка и гравия, а также дноуглубительные работы;

е) расположение пастбищ в прибрежной полосе шириной 300 м.

На территории второго пояса источника водоснабжения надлежит:

а) осуществлять регулирование отведения территорий для населенных пунктов и других хозяйственно-бытовых и оздоровительных учреждений производственных и сельскохозяйственных объектов, а также изменение технологий промышленных предприятия, представляющих опасность загрязнения водоемов;

б) благоустраивать населенные пункты, промышленные и сельскохозяйственные объекты, предусматривать организованное водоснабжение и канализование их, организовывать отвод загрязненных поверхностных сточных вод и др.;

в) принимать степень очистки различных сточных вод, отвечающих требованиям «Правил охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами»;

г) производить санитарные рубки леса и уход за ним;

д) устанавливать места переправ, мостов и пристаней;

е) при наличии судоходства оборудовать суда устройствами для сбора бытовых и подсланевых вод и твердых отбросов, на пристанях предусматривать сливные станции и приемники для сбора твердых отбросов,

Допускается птицеразведение, стирка белья, купание, туризм, водный спорт, устройство пляжей, рыбная ловля в специальных местах и по режиму, согласованному с местными органами санитарно-эпидемиологической службы.

На судоходных реках и каналах в границы второго пояса зоны включают акваторию, прилегающую к водозабору в пределах фарватера. В зависимости от местных условий в отдельных случаях боковые

границы второго пояса могут быть расширены по согласованию с санитарными органами.

Границы третьего пояса зоны санитарной охраны поверхностных источников водоснабжения вверх по течению или во все стороны по акватории водоема должны быть такими же, как и границы второго пояса, боковые границы – по водоразделу, но не более 3...5 км от водотока или водоема.

На территории третьего пояса зон санитарной охраны надлежит выполнять мероприятия, предусмотренные в пп. «а», «б», «в» второго пояса. В лесных массивах разрешается проведение порубок леса главного и промежуточного пользования, а также лесосечного фонда долгосрочного пользования.

ГЛОССАРИЙ

Акватория (от лат. aqua – вода, по обр. territorium – территория) – участок водной поверхности в установленных границах района моря или порта: обычно водная часть морского порта – гавань.

Берегоукрепительные сооружения – сооружения для защиты берегов водоемов (рек, морей, водохранилищ, каналов и др.) – от разрушающего воздействия волн, течений, напора воды и льда и других природных факторов.

Водозаборные сооружения (или сокращенно – водозабор) – комплекс гидротехнических сооружений, служащих для забора воды из источника водоснабжения, ее предварительной очистки (обычно процеживанием воды через сетки) и подачи под необходимым напором в водоводы (к потребителю или на очистные сооружения системы водоснабжения).

Водоприемник – сооружение, предназначенное для приема воды и непосредственно взаимодействующее с речным потоком.

Выправительные работы – гидротехнические работы на склонах речных долин и в руслах рек, связанные с регулированием действия речных потоков, для обеспечения нормальных условий судоходства и лесосплава, защиты берегов и сооружений от местных подмывов или отложений наносов (см. Регуляционные сооружения).

Габион (франц. Gabion, от итал. gabbione – большая клетка) – конструкция в виде заполненного камнем или галькой ящика из металлической оцинкованной сетки на каркасе, предназначенная для защиты русла реки от размывов, для устройства регуляционных и берегоукрепительных сооружений.

Дамба (от голл. Dam) – гидротехническое сооружение, аналогичное по устройству земляной плотине.

Забереги – кромки льда вдоль берегов; появляются перед сплошным ледяным покровом в местах с малыми скоростями течения воды.

Зажор – скопление всплывшего донного льда и шуги подо льдом, вызывающее подъем воды в реке или другом водотоке.

Запруда – гидротехническое регуляционное сооружение, предназначенное для частичного или полного перекрытия второстепенных рукавов реки в целях увеличения расхода воды в основном русле.

Затор – нагромождение льдин в русле потока во время ледохода; образуется в местах резкого уменьшения ширины или глубины потока, а также в местах крутых изгибов русла. Уровень воды выше затора быстро повышается, ниже затора – понижается.

Земляная плотина – плотина, возводимая из грунтовых материалов (песчаных, суглинистых, глинистых и др.) и имеющая в поперечном сечении трапецеидальную или близкую к ней форму.

Мол (итал. molo, от лат. moles – масса, насыпь) – оградительное сооружение, защищающее портовую акваторию от волнения и примыкающее одним концом к берегу; одновременно мол может служить для размещения причалов и перегрузочных устройств.

Навалы – нагромождения льдин на берегах; часто образуются вблизи заторов (выше их).

Наледь – лед, образующийся вследствие замерзания воды, вытекающей под напором из-под поверхностного льда и разливающейся по нему. Наледи образуются в случае промерзания реки до дна, а также при большом уменьшении живого сечения потока подо льдом. Наледи наблюдаются на сибирских реках, особенно на реках, протекающих в районах вечной мерзлоты.

Оградительные сооружения – гидротехническое сооружение для защиты акваторий портов и аванпортов от воздействия волн и, в некоторых случаях, льда и наносов.

Ограждающий вал – оградительный вал, защитная дамба, гидротехническое регуляционное сооружение (обычно в виде земляной плотины небольшой высоты), предназначенное для защиты прибрежных территорий от затопления во время паводочных или паводковых разливов рек.

Подпорная стенка – конструкция, удерживающая от обрушения находящийся за ней массив грунта.

Полузапруда, буна, поперечная дамба – гидротехническое сооружение, предназначенное для регулирования режима водного потока и защиты морского или речного берега от размыва.

Пятры – ледяные острова, нижней частью примерзшие ко дну; образуются на участках рек с быстрым течением воды, где скапливается донный лед и шуга.

Регуляционные сооружения – выправительные сооружения, гидротехнические сооружения, предназначенные для регулирования русел рек.

Сало – скопление несмерзшихся ледяных пластинок и игл. Сало появляется перед ледоставом на поверхности непроточных водоемов, а также на поверхности проточных водоемов с небольшой скоростью течения воды.

Снежура – снег, попавший в воду и находящийся в ней в виде мягкой слабой массы.

Торосы – нагромождения льда вследствие надвигания его кусков на ледяной покров.

Фашина (нем. Faschine, от лат. Fascis- связка прутьев, пучок) – пучок хвороста, перевязанный скрученными прутьями (вицами) или проволокой.

Шуга – лед, состоящий из смешанных и спаянных между собою зерен и потому имеющий губчатую структуру.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислите основные показатели состава и свойств воды из поверхностных источников для хозяйственно-питьевого водоснабжения.
2. Охарактеризуйте легкие условия забора воды из поверхностных источников.
3. Охарактеризуйте средние условия забора воды из поверхностных источников.
4. Охарактеризуйте тяжелые условия забора воды из поверхностных источников.
5. Характеристика очень тяжелых условий забора воды из поверхностных источников.
6. При каких водоотборах из рек равнинного типа можно применять обычные береговые или русловые водозаборы?
7. Назовите и охарактеризуйте основные категории надежности водозаборных сооружений.
8. От чего зависит выбор месторасположения водозаборных сооружений?
9. Как следует располагать водозаборные сооружения в системах хозяйственно-питьевого водоснабжения?
10. Основные технологические схемы водозаборных сооружений
11. Как определить отметку площадки для строительства берегового водоприемника или колодца $z_{пл}$?
12. Перечислите область и условия применения водозаборных сооружений с русловым водоприемником
13. Перечислите область и условия применения водозаборных сооружений с береговым водоприемником
14. По какой формуле определяется производительность водозаборного сооружения Q_v ?
15. По какой формуле определяется расчетный расход одной секции водозаборного сооружения q_p ?
16. По какой формуле определяется аварийный расход в работающих секциях водозабора $q_{ав}$?
17. По какой формуле определяется площадь водоприемного отверстия (брутто) одной секции водозаборного сооружения $\Omega_{бр}$?
18. Какая должна быть скорость втекания в водоприемные отверстия водозаборных сооружений без учета требований рыбозащиты?
19. Какая должна быть скорость втекания в водоприемные отверстия водозаборных сооружений с учетом требований рыбозащиты?
20. При каких условиях применяют плоские сетки на водозаборах?
21. При каких условиях применяют вращающиеся сетки на водозаборных сооружениях?

22. Какие бывают вращающиеся сетки по способу подвода воды к ним?
23. Какие бывают вращающиеся сетки по конструктивным параметрам?
24. По какой формуле можно определить площадь отверстий (брутто) для сеток водозаборных сооружений $\Omega_{\text{брс}}$?
25. По какой формуле можно определить площадь отверстия (брутто) для вращающихся сеток водозаборных сооружений $\Omega_{\text{брс}}$?
26. Чему равна допустимая скорость втекания в плоские сетки водозаборных сооружений?
27. Чему равна допустимая скорость втекания во вращающиеся сетки водозаборных сооружений?
28. Какой должна быть экономичная скорость движения воды в самотечных и сифонных водоводах для I категории надежности?
29. Какой должна быть экономичная скорость движения воды в самотечных и сифонных водоводах для II и III категорий надежности?
30. По какой формуле можно определить диаметр самотечных или сифонных водоводов $D_{\text{сл}}$?
31. Назовите три основные проверки правильности выбора диаметра самотечных линий с учетом экономичной скорости движения воды в них.
32. По какой формуле можно определить незаиляющую скорость движения воды в самотечных линиях водозабора?
33. Чему равен нормативный коэффициент устойчивости самотечных линий к всплытию $k_{\text{вспл}}$?
34. Какие бывают виды промывок самотечных линий?
35. В каких случаях устраиваются сифонные линии вместо самотечных?
36. Классификация водоприемников водозаборных сооружений по способу приема воды
37. Классификация водоприемников водозаборных сооружений по месту расположения
38. Классификация водоприемников водозаборных сооружений по конструктивным особенностям
39. Классификация водоприемников водозаборных сооружений по расположению водоприемника
40. Классификация водоприемников водозаборных сооружений по расположению водоприемных отверстий и направлению втекания в них.
41. По какой формуле можно определить минимальную глубину воды в реке для размещения водоприемника для летнего периода?
42. По какой формуле можно определить минимальную глубину воды в реке для размещения водоприемника для зимнего периода?
43. Чему равны нормативные коэффициенты статической устойчивости оголовка соответственно на сдвиг $k_{\text{сдв}}$ и опрокидывание $k_{\text{опр}}$?

44. От чего зависит выбор количества резервных агрегатов в насосных станциях I подъема?

45. По какой формуле определяется производительность насосной станции I подъема?

46. Как определить подачу одного насоса в насосной станции I подъема?

47. По какой формуле можно определить полную высоту подъема насосами насосной станции I подъема при подаче воды на очистные сооружения?

48. По какой формуле можно определить максимальную отметку оси насосов?

49. По какой формуле можно определить полную высоту подъема насосами насосной станции I подъема при подаче воды непосредственно в водопроводную сеть?

50. По каким основным характеристикам осуществляют выбор насосов насосной станции I подъема?

51. Назовите меры борьбы с льдообразованием на решетках водоприемных отверстий

52. Для чего служит подъемно-транспортное оборудование?

53. Какие типы и виды грузоподъемного оборудования вы знаете?

54. Что относится к основному оборудованию водозаборов из поверхностных источников?

55. Что относится к вспомогательному оборудованию водозаборов из поверхностных источников?

56. Для чего служит гидроэлеватор?

57. По какой формуле можно определить диаметр всасывающих трубопроводов $D_{вс}$?

58. На какой пропуск расхода рассчитываются всасывающие линии насосных станций?

59. На какой пропуск расхода рассчитываются напорные линии насосных станций?

60. По какой формуле можно определить диаметр напорных труб D_n ?

61. Какие вы знаете зоны санитарной охраны водозаборных сооружений из поверхностных источников водоснабжения?

62. Как устанавливаются границы первого пояса зон санитарной охраны?

63. Из чего слагаются водные ресурсы Пензенской области?

64. Какие вы знаете реки, протекающие по территории Пензенской области?

65. Какие вы знаете водохранилища и наиболее крупные озера, расположенные на территории Пензенской области?

66. Назовите основные параметры Сурского водохранилища.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном учебном пособии рассмотрены только основные, наиболее общие вопросы устройства, разработки, расчета и проектирования водозаборных сооружений из поверхностных источников. Наличие большого количества вспомогательного материала в приложениях позволяет студентам самостоятельно решать все необходимые вопросы при проектировании водозаборных сооружений.

Решение же реальных задач по проектированию водозаборных сооружений и водозаборно-очистных комплексов требует дополнительного и более глубокого изучения опыта проведения таких работ в области водоснабжения, а также результатов научных исследований и проектно-конструкторских разработок, что позволит обеспечить рациональное использование воды, исключить загрязнение окружающей природной среды и водных ресурсов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СНиП 2.04.02-84*. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения [Текст]. – М: Госстрой, 1996.
2. СНиП 2.06.04-82*. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов) [Текст]. – М: Госстрой, 1989.
3. СанПиН 2.1.559-96 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованного водоснабжения. Контроль качества.
4. СанПиН 1.1.4.027-95 Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов хозяйственно-питьевого назначения.
5. Гидравлика, водоснабжение и канализация [Текст]/ В.И. Калицун, В.С. Кедров, Ю.М. Лесков. – М: Стройиздат, 2000.
6. Шевелев, Г.А. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб [Текст] / Г.А. Шевелев, А.Ф. Шевелев. – М: Стройиздат, 1986.
7. Справочник снабженца №33. Пластиковые трубы. Стальные трубы. Чугунные трубы. Заводы-изготовители [Текст]. – М: Профиздат, 2002.
8. Журба, М.Г. Водоснабжение [Текст] / М.Г. Журба, Ж.М. Говорова. – В 2 т. – М: Изд-во АСВ, 2008.
9. Усаковский, В.М. Водоснабжение и водоотведение в сельском хозяйстве [Текст] / В.М. Усаковский. – М: Колос, 2002.
10. Фрог, Б.И. Водоподготовка [Текст] / Б.И. Фрог, А.П. Левченко. – М: МГУ, 2003.
11. Николадзе, Г.И. Водоснабжение [Текст] / Г.И. Николадзе, М.А. Сомов. – М: Стройиздат, 1995.
12. Сайриджинов, С.Ш. Гидравлика систем водоснабжения и водоотведения [Текст]: учеб. пособие / С.Ш. Сайриджинов. – М: Изд-во АСВ, 2004.
13. Правдивец, Ю.П. Введение в гидротехнику [Текст]: учеб. пособие / Ю.П. Правдивец. – М: Изд-во АСВ, 2009.
14. Учебное пособие для студентов заочного отделения факультета «Водоснабжение и водоотведение» [Текст]: учеб. пособие. – М: Изд-во АСВ, 2006.
15. Сомов, М.А. Водоснабжение. Т. 1. Системы забора, подачи и распределения воды [Текст]: учебник для вузов / М.А. Сомов, М.Г. Журба. – М: Изд-во АСВ, 2008.
16. Руководство по эксплуатации. Насосы центробежные консольные типа «К» и агрегаты электронасосные на их основе / ОАО «Ливгидромаш».
17. Руководство по эксплуатации. Насосы центробежные двухстороннего входа типа «Д» и агрегаты электронасосные на их основе / ОАО «Ливгидромаш».

18. Порядин, А.Ф. Водозаборы в системах централизованного водоснабжения [Текст] / А.Ф. Порядин. – М: НУМЦ Госкомэкология России, 1999.
19. Журба, М.Г. Водозаборно-очистные сооружения и устройства [Текст]: учеб. пособие для студентов вузов / М.Г. Журба, Ю.И. Вдовин, Ж.М. Говорова, И.А. Лушкин. – М: ООО «Издательство АСТ», 2003.
20. ВНИИ ВОДГЕО. Проектирование сооружений для забора поверхностных вод [Текст]: справочное пособие к СНиП. – М: Стройиздат, 1990.
21. Сироткин, В.П. Водоприемные сооружения [Текст] / В.П. Сироткин. – М: Высшая школа, 1965.
22. Курганов, А.М. Гидравлические расчеты систем водоснабжения и водоотведения [Текст] / А.М. Курганов, И.Ф. Федоров. – Л.: Стройиздат. Ленингр. отд-ние, 1986.
23. Курганов, А.М. Водозаборные сооружения систем коммунального водоснабжения [Текст]: учеб. пособие / А.М. Курганов. – СПб.: ГАСУ, 1998.
24. Брежнев, В.И. Эксплуатация водопроводных сооружений [Текст] / В.И. Брежнев, В.Ф. Воробьев, В.К. Кедровский. – М: Стройиздат, 1983.
25. Эксплуатация систем водоснабжения, канализации и газоснабжения: справочник / под ред. В.Л. Дмитриева, Б.Г. Мишукова. – 3-е изд. – Л.: Стройиздат, 1988.
26. Карюхина, Т.А. Контроль качества воды [Текст] / Т.А. Карюхина, И.Н. Чурбанова. – М: Стройиздат, 1987.
27. Сомов, М.А. Водопроводные системы и сооружения [Текст]: учебник для вузов / М.А. Сомов. – М: Стройиздат, 1988.
28. Москвитин, А.С. Оборудование водопроводных и канализационных сооружений. Справочник монтажника [Текст] / А.С. Москвитин. – М: Стройиздат, 1984.
29. Малеванчик, С.А. Рыбопропускные и рыбозащитные сооружения [Текст] / Малеванчик С.А. [и др.]. – М: Легкая пром., 1984.
30. Старинский, В.П. Водозаборные и очистные сооружения коммунальных водопроводов [Текст] / В.П. Старинский, Л.Г. Михайлик. – М: Высшая школа, 1986.
31. Сматин, В.И. Курсовое и дипломное проектирование по сельскохозяйственному водоснабжению [Текст] / В.И. Сматин, К.А. Небольсина, В.М. Беляков. – М: Агропромиздат, 1990.
32. Николадзе, Г.И. Гидравлика, водоснабжение и канализация сельских населенных пунктов [Текст] / Г.И. Николадзе. – М: Стройиздат, 1982.
33. Репин, Б.Н. Водоснабжение и водоотведение. Наружные сети и сооружения [Текст]: справочник / Б.Н. Репин [и др.]. – М.: Высшая школа, 1995.

Приложение А

Трубы стальные бесшовные (ГОСТ 8732-78)

Наружный диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Масса, кг	Метров в тонне	Наружный диаметр, м	Толщина стенки, мм	Масса, кг	Метров в тонне
1	2	3	4	5	6	7	8
20*	2,5	1,08	925,9	25*	5,5	2,65	377,4
	2,6	1,12	892,9		6	2,81	355,9
	2,8	1,19	840,3		7	3,11	321,5
	3	1,26	793,7		8	3,35	298,5
	3,2	1,33	751,9	26,9	2,5	1,5	666,7
	3,5	1,42	704,2		2,6	1,56	641,0
	4	1,58	632,9		2,8	1,66	602,4
21,3*	2,5	1,16	862,1		3	1,77	565,0
	2,6	1,2	833,3		3,2	1,87	534,8
	2,8	1,22	819,7		3,5	2,02	495,0
	3	1,35	740,7		4	2,26	442,5
	3,2	1,43	699,3	4,5	2,49	401,6	
	3,5	1,54	649,4	5	2,7	370,4	
	4	1,71	584,8	5,5	2,9	344,8	
22*	2,5	1,2	833,3	6	3,09	323,6	
	2,6	1,24	806,5	7	3,43	291,5	
	2,8	1,33	751,9	8	3,83	261,5	
	3	1,41	709,2	28	2,5	1,57	636,9
	3,2	1,48	675,7		2,6	1,63	613,5
	3,5	1,6	625,0		2,8	1,74	574,7
	4	1,78	561,8		3	1,85	540,5
25*	2,5	1,39	719,4		3,2	1,96	510,2
	2,6	1,44	694,4		3,5	2,11	473,9
	2,8	1,53	653,6		4	2,37	421,9
	3	1,63	613,5	4,5	2,62	381,7	
	3,2	1,72	581,4	5	2,84	352,1	
	3,5	1,86	537,6	5,5	3,05	327,9	
	4	2,07	483,1	6	3,26	306,7	
	4,5	2,28	438,6	7	3,63	275,5	
	5	2,47	404,9	8	3,95	253,2	

Примечание. Трубы наружными диаметрами и толщиной стенок, отмеченными звездочкой, применяют в договорно-правовых отношениях по экономическому и научно-техническому сотрудничеству.

Продолжение прил. А

1	2	3	4	5	6	7	8
30	2,5	1,7	588,2	32	4,5	3,05	327,9
	2,6	1,76	568,2		5	3,33	300,3
	2,8	1,88	531,9		5,5	3,59	278,6
	3	2	500,0		6	3,85	259,7
	3,2	2,12	471,7		7	4,32	231,5
	3,5	2,29	436,7		8	4,74	211,0
	4	2,57	389,1	33,7*	2,5	1,92	520,8
	4,5	2,83	353,4		2,6	1,99	502,5
	5	3,08	324,7		2,8	2,13	469,5
	5,5	3,32	301,2		3	2,27	440,5
	6	3,55	281,7		3,2	2,41	414,9
	7	3,97	251,9		3,5	2,61	383,1
	8	4,34	230,4		4	2,93	341,3
31,8	2,5	1,81	552,5	32	4,5	3,24	308,6
	2,6	1,86	537,6		5	3,54	282,5
	2,8	2	500,0		5,5	3,82	261,8
	3	2,13	469,5		6	4,1	243,9
	3,2	2,26	442,5		7	4,61	216,9
	3,5	2,44	409,8		8	5,07	197,2
	4	2,74	365,0	35*	2,5	2	500,0
	4,5	3,03	330,0		2,6	2,08	480,8
	5	3,3	303,0		2,8	2,22	450,5
	5,5	3,57	280,1		3	2,37	421,9
	6	3,82	261,8		3,2	2,51	398,4
	7	4,28	233,6		3,5	2,72	367,6
	8	4,69	213,2		4	3,06	326,8
32	2,5	1,82	549,5	32	4,5	3,39	295,0
	2,6	1,88	531,9		5	3,7	270,3
	2,8	2,02	495,0		5,5	4	250,0
	3	2,15	465,1		6	4,29	233,1
	3,2	2,27	440,5		7	4,83	207,0
	3,5	2,46	406,5		8	5,33	187,6
	4	2,76	362,3		38	2,5	2,19

Продолжение прил. А

1	2	3	4	5	6	7	8
38	2,6	2,27	440,5	42	4,5	4,16	240,4
	2,8	2,43	411,5		5	4,56	219,3
	3	2,59	386,1		5,5	4,95	202,0
	3,2	2,75	363,6		6	5,33	187,6
	3,5	2,98	335,6		7	6,04	165,6
	4	3,35	298,5		8	6,71	149,0
	4,5	3,72	268,8		8,5	7,02	142,5
	5	4,07	245,7		9	7,32	136,6
	5,5	4,41	226,8		9,5	7,61	131,4
	6	4,74	211,0		10	7,89	126,7
	7	5,35	186,9		42,4*	2,5	2,46
8	5,92	168,9	2,6	2,55		392,2	
40*	2,5	2,31	432,9	2,8		2,73	366,3
	2,6	2,4	416,7	3		2,91	343,6
	2,8	2,57	389,1	3,2		3,09	323,6
	3	2,74	365,0	3,5		3,36	297,6
	3,2	2,9	344,8	4		3,79	263,9
	3,5	3,15	317,5	4,5		4,2	238,1
	4	3,55	281,7	5		4,61	216,9
	4,5	3,94	253,8	5,5		5	200,0
	5	4,32	231,5	6		5,38	185,9
	5,5	4,68	213,7	7	6,11	163,7	
	6	5,03	198,8	8	6,79	147,3	
7	5,7	175,4	8,5	7,1	140,8		
8	6,31	158,5	9	7,41	135,0		
42	2,5	2,44	409,8	9,5	7,71	129,7	
	2,6	2,53	395,3	10	7,99	125,2	
	2,8	2,71	369,0	44,5*	2,5	2,59	386,1
	3	2,89	346,0		2,6	2,69	371,7
	3,2	3,06	326,8		2,8	2,88	347,2
	3,5	3,32	301,2		3	3,07	325,7
	4	3,75	266,7		3,2	3,26	306,7

Продолжение прил. А

1	2	3	4	5	6	7	8
44,5*	3,5	3,54	282,5	48,3*	3	3,35	298,5
	4	4	250,0		3,2	3,56	280,9
	4,5	4,44	225,2		3,5	3,87	258,4
	5	4,87	205,3		4	4,37	228,8
	5,5	5,29	189,0		4,5	4,86	205,8
	6	5,7	175,4		5	5,34	187,3
	7	6,47	154,6		5,5	5,8	172,4
	8	7,2	138,9		6	6,26	159,7
	8,5	7,54	132,6		7	7,13	140,3
	9	7,88	126,9		8	7,95	125,8
	9,5	8,2	122,0		8,5	8,34	119,9
10	8,51	117,5	9	8,72	114,7		
45	2,5	2,62	381,7	50	9,5	9,09	110,0
	2,6	2,72	367,6		10	9,44	105,9
	2,8	2,91	343,6		2,5	2,93	341,3
	3	3,11	321,5		2,6	3,04	328,9
	3,2	3,3	303,0		2,8	3,26	306,7
	3,5	3,58	279,3		3	3,48	287,4
	4	4,04	247,5		3,2	3,69	271,0
	4,5	4,49	222,7		3,5	4,01	249,6
	5	4,93	202,8		4	4,54	220,3
	5,5	5,36	186,6		4,5	5,05	198,0
	6	5,77	173,3		5	5,55	180,2
	7	6,56	152,4		5,5	6,04	165,6
	8	7,3	137,0		6	6,51	153,6
	8,5	7,65	130,7		7	7,42	134,8
9	7,99	125,2	8	8,29	120,6		
9,5	8,32	120,2	8,5	8,7	114,9		
10	8,63	115,9	9	9,11	109,8		
48,3*	2,5	2,82	354,6	51*	9,5	9,49	105,4
	2,6	2,93	341,3		10	9,87	101,3
	2,8	3,14	318,5		3	3,55	281,7

Продолжение прил. А

1	2	3	4	5	6	7	8
51*	3,2	3,77	265,3	57	4,5	5,83	171,5
	3,5	4,1	243,9		5	6,41	156,0
	4	4,64	215,5		5,5	6,99	143,1
	4,5	5,16	193,8		6	7,55	132,5
	5	5,67	176,4		7	8,63	115,9
	5,5	6,17	162,1		8	9,67	103,4
	6	6,66	150,2		8,5	10,17	98,3
	7	7,6	131,6		9	10,65	93,9
	8	8,48	117,9		9,5	11,13	89,8
	8,5	8,91	112,2		10	11,59	86,3
	9	9,32	107,3		11	12,48	80,1
	9,5	9,72	102,9		12	13,32	75,1
	10	10,11	98,9		13	14,11	70,9
54	3	3,77	265,3	60*	3	4,22	237,0
	3,2	4,01	249,4		3,2	4,48	223,2
	3,5	4,36	229,4		3,5	4,88	204,9
	4	4,93	202,8		4	5,52	181,2
	4,5	5,49	182,1		4,5	6,16	162,3
	5	6,04	165,6		5	6,78	147,5
	5,5	6,58	152,0		5,5	7,39	135,3
	6	7,1	140,8		6	7,99	125,2
	7	8,11	123,3		7	9,15	109,3
	8	9,08	110,1		8	10,26	97,5
	8,5	9,54	104,8		8,5	10,8	92,6
	9	9,99	100,1		9	11,32	88,3
	9,5	10,43	95,9		9,5	11,83	84,5
10	10,85	92,2	10	12,33	81,1		
11	11,67	85,7	11	13,29	75,2		
57	3	4	250,0	60,3	12	14,21	70,4
	3,2	4,25	235,3		13	15,07	66,4
	3,5	4,62	216,5		14	15,88	63,0
	4	5,23	191,2		3	4,24	235,8

Продолжение прил. А

1	2	3	4	5	6	7	8
60,3	3,2	4,5	222,2	63,5	12	15,24	65,6
	3,5	4,9	204,1		13	16,19	61,8
	4	5,55	180,2		14	17,09	58,5
	4,5	6,19	161,6	68	3	4,81	207,9
	5	6,82	146,6		3,2	5,11	195,7
	5,5	7,43	134,6		3,5	5,57	179,5
	6	8,03	124,5		4	6,31	158,5
	7	9,2	108,7		4,5	7,05	141,8
	8	10,32	96,9		5	7,77	128,7
	8,5	10,86	92,1		5,5	8,48	117,9
	9	11,38	87,9		6	9,17	109,1
	9,5	11,9	84,0		7	10,53	95,0
	10	12,4	80,6		8	11,84	84,5
	11	13,37	74,8		8,5	12,47	80,2
12	14,29	70,0	9	13,1	76,3		
13	15,16	66,0	9,5	13,71	72,9		
14	15,98	62,6	10	14,3	69,9		
63,5	3	4,48	223,2	70	11	15,46	64,7
	3,2	4,76	210,1		12	16,57	60,4
	3,5	5,18	193,1		13	17,63	56,7
	4	5,87	170,4		14	18,64	53,6
	4,5	6,55	152,7		15	19,61	51,0
	5	7,21	138,7		16	20,52	48,7
	5,5	7,87	127,1		3	4,96	201,6
	6	8,51	117,5		3,2	5,27	189,8
	7	9,75	102,6		3,5	5,74	174,2
	8	10,95	91,3		4	6,51	153,6
	8,5	11,53	86,7		4,5	7,27	137,6
9	12,1	82,6	5		8,02	124,7	
9,5	12,65	79,1	5,5		8,75	114,3	
10	13,19	75,8	6		9,47	105,6	
11	14,24	70,2	7		10,88	91,9	

Продолжение прил. А

1	2	3	4	5	6	7	8
70	8	12,23	81,8	73	18	24,42	41,0
	8,5	12,89	77,6		19	25,3	39,5
	9	13,54	73,9	76	3	5,4	185,2
	9,5	14,17	70,6		3,2	5,74	174,2
	10	14,8	67,6		3,5	6,26	159,7
	11	16,01	62,5		4	7,1	140,8
	12	17,16	58,3		4,5	7,94	125,9
	13	18,27	54,7		5	8,76	114,2
	14	19,33	51,7		5,5	9,56	104,6
	15	20,35	49,1		6	10,36	96,5
	16	21,35	46,9		7	11,91	84,0
73	3	5,18	193,1		8	13,42	74,5
	3,2	5,51	181,5	8,5	14,15	70,7	
	3,5	6	166,7	9	14,87	67,2	
	4	6,81	146,8	9,5	15,58	64,2	
	4,5	7,6	131,6	10	16,28	61,4	
	5	8,39	119,2	11	17,63	56,7	
	5,5	9,16	109,2	12	18,94	52,8	
	6	9,91	100,9	13	20,2	49,5	
	7	11,39	87,8	14	21,41	46,7	
	8	12,82	78,0	15	22,57	44,3	
	8,5	13,52	74,0	16	23,68	42,2	
	9	14,21	70,4	17	24,74	40,4	
	9,5	14,88	67,2	18	25,75	38,8	
	10	15,54	64,4	19	26,71	37,4	
	11	16,82	59,5	82,5*	3,5	6,82	146,6
	12	18,05	55,4		4	7,74	129,2
	13	19,25	52,0		4,5	8,66	115,5
14	20,37	49,1	5		9,56	104,6	
15	21,46	46,6	5,5		10,44	95,8	
16	22,49	44,5	6		11,32	88,3	
17	23,48	42,6	7		13,03	76,7	

Продолжение прил. А

1	2	3	4	5	6	7	8
82,5*	8	14,7	68,0	83	18	28,85	34,7
	8,5	15,51	64,5		19	29,99	33,3
	9	16,31	61,3	89	3,5	7,38	135,5
	9,5	17,1	58,5		4	8,39	119,2
	10	17,88	55,9		4,5	9,38	106,6
	11	19,4	51,5		5	10,36	96,5
	12	20,86	47,9		5,5	11,33	88,3
	13	22,28	44,9		6	12,28	81,4
	14	23,65	42,3		7	14,16	70,6
	15	24,97	40,0		8	15,98	62,6
	16	26,24	38,1		8,5	16,88	59,2
	17	27,46	36,4		9	17,76	56,3
	18	28,63	34,9		9,5	18,63	53,7
	83	3,5	6,86		145,8	10	19,48
4		7,79	128,4		11	21,16	47,3
4,5		8,71	114,8	12	22,7	44,1	
5		9,26	104,0	13	24,37	41,0	
5,5		10,51	95,1	14	25,9	38,6	
6		11,39	87,8	15	27,37	36,5	
7		13,12	76,2	16	28,81	34,7	
8		14,8	67,9	17	30,19	33,1	
8,5		15,62	64,0	18	31,52	31,7	
9		16,43	60,9	19	32,8	30,5	
9,5		17,22	58,1	20	34,03	29,4	
10		18	55,6	22	36,35	27,5	
11		19,53	51,2	24	38,47	26,0	
12		21,01	47,6	95	3,5	7,9	126,6
13		22,44	44,6		4	8,98	111,4
14		23,82	42,0		4,5	10,04	99,6
15		25,16	39,7		5	11,1	90,1
16	26,44	37,8	5,5		12,14	82,4	
17	27,67	36,1	6	13,17	75,9		

Продолжение прил. А

1	2	3	4	5	6	7	8	
95	7	15,19	65,8	102	13	28,53	35,1	
	8	17,16	58,3		14	30,38	32,9	
	8,5	18,13	55,2		15	32,18	31,1	
	9	19,09	52,4		16	33,93	29,5	
	9,5	20,03	49,9		17	35,64	28,1	
	10	20,96	47,7		18	37,29	26,8	
	11	22,79	43,9		19	38,89	25,7	
	12	24,56	40,7		20	40,45	24,7	
	13	26,29	38,0		22	43,4	23,0	
	14	27,97	35,8		24	46,17	21,7	
	15	29,56	33,8	104*	4	9,86	101,4	
	16	31,17	32,1		4,5	11,04	90,6	
	17	32,7	30,6		5	12,21	81,9	
	18	34,18	29,3		5,5	13,36	74,9	
	19	35,61	28,1		6	14,5	69,0	
	20	36,99	27,0		7	16,74	59,7	
	22	39,61	25,2		8	18,94	52,8	
	24	42,02	23,8		8,5	20,02	50,0	
	102	3,5	8,5		117,6	9	21,09	47,4
		4	9,67		103,4	9,5	22,14	45,2
4,5		10,82	92,4	10	23,18	43,1		
5		11,96	83,6	11	23,23	39,6		
5,5		13,09	76,4	12	27,23	36,7		
6		14,21	70,4	13	29,17	34,3		
7		16,4	61,0	14	31,07	32,2		
8		18,55	53,9	15	32,92	30,4		
8,5		19,6	51,0	16	34,72	28,8		
9		20,64	48,4	17	36,47	27,4		
9,5		21,67	46,1	18	38,18	26,2		
10		22,69	44,1	19	39,82	25,1		
11		24,69	40,5	20	41,43	24,1		
12		26,63	37,6	22	44,49	22,5		

Продолжение прил. А

1	2	3	4	5	6	7	8
104*	24	47,35	21,1	114	7	18,47	54,1
108	4	10,26	97,5		8	20,91	47,8
	4,5	11,49	87,0		8,5	22,12	45,2
	5	12,7	78,7		9	23,31	42,9
	5,5	13,9	71,9		9,5	24,48	40,8
	6	15,09	66,3		10	25,65	39,0
	7	17,44	57,3		11	27,94	35,8
	8	19,73	50,7		12	30,19	33,1
	8,5	20,86	47,9		13	32,38	30,9
	9	21,97	45,5		14	34,53	29,0
	9,5	23,08	43,3		15	36,62	27,3
	10	24,17	41,4		16	38,67	25,9
	11	26,31	38,0		17	40,67	25,6
	12	28,41	35,2		18	42,62	23,5
	13	30,46	32,8		19	44,51	22,5
	14	32,46	30,8		20	46,36	21,6
	15	34,4	29,1		22	49,92	20,0
	16	36,3	27,5		24	53,27	18,8
	17	38,15	26,2		25	54,87	18,2
	18	39,95	25,0		26	56,43	17,7
	19	41,7	24,0	28	59,39	16,8	
20	43,4	23,0	121	4	11,54	86,7	
22	46,66	21,4		4,5	12,93	77,3	
24	49,72	20,1		5	14,3	69,9	
25	51,17	19,5		5,5	15,67	63,8	
26	52,58	19,0		6	17,02	58,8	
28	55,24	18,1		7	19,68	50,8	
114	4	10,85		92,2	8	22,29	44,9
	4,5	12,15		82,3	8,5	23,58	42,4
	5	13,44	74,4	9	24,86	40,2	
	5,5	14,72	67,9	9,5	26,12	38,3	
	6	15,98	62,6	10	27,37	36,5	

Продолжение прил. А

1	2	3	4	5	6	7	8	
121	11	29,84	33,5	127	17	46,12	21,7	
	12	32,26	31,0		18	48,39	20,7	
	13	34,62	28,9		19	50,61	19,8	
	14	36,94	27,1		20	52,78	18,9	
	15	39,21	25,5		22	56,97	17,6	
	16	41,63	24,0		24	60,96	16,4	
	17	43,6	22,9		25	62,89	15,9	
	18	45,72	21,9		26	64,76	15,4	
	19	47,79	20,9		28	68,36	14,6	
	20	49,82	20,1		30	71,77	13,9	
	22	53,71	18,6		133	4	12,73	78,6
	24	57,41	17,4			4,5	14,26	70,1
	25	59,19	16,9			5	15,78	63,4
	26	60,91	16,4			5,5	17,29	57,8
28	64,22	15,6	6	18,79		53,2		
127	4	12,13	82,4	7		21,75	46,0	
	4,5	13,6	73,5	8		24,66	40,6	
	5	15,04	66,5	8,5		26,1	38,3	
	5,5	16,48	60,7	9	27,52	36,3		
	6	17,9	55,9	9,5	28,93	34,6		
	7	20,72	48,3	10	30,33	33,0		
	8	23,48	42,6	11	33,1	30,2		
	8,5	24,84	40,3	12	35,81	27,9		
	9	26,19	38,2	13	38,47	26,0		
	9,5	27,53	36,3	14	41,09	24,3		
	10	28,85	34,7	15	43,65	22,9		
	11	31,47	31,8	16	46,17	21,7		
	12	34,03	29,4	17	48,63	20,6		
	13	36,55	27,4	18	51,05	19,6		
	14	39,01	25,6	19	53,42	18,7		
	15	41,43	24,1	20	55,74	17,9		
16	43,8	22,8	22	60,22	16,6			

Продолжение прил. А

1	2	3	4	5	6	7	8
133	24	64,51	15,5	140	32	85,23	11,7
	25	66,58	15,0		34	88,88	11,3
	26	68,61	14,6		35	90,63	11,0
	28	72,51	13,8		36	92,33	10,8
	30	76,2	13,1	146	4,5	15,7	63,7
	32	79,71	12,5		5	17,39	57,5
140	4,5	15,04	66,5		5,5	19,06	52,5
	5	16,65	60,1		6	20,72	48,3
	5,5	18,24	54,8		7	24	41,7
	6	19,83	50,4		8	27,23	36,7
	7	22,96	43,6	8,5	28,82	34,7	
	8	26,04	38,4	9	30,41	32,9	
	8,5	27,57	36,3	9,5	31,98	31,3	
	9	29,08	34,4	10	33,54	29,8	
	9,5	30,57	32,7	11	36,62	27,3	
	10	32,06	31,2	12	39,66	25,2	
	11	35	28,6	13	42,64	23,5	
	12	37,88	26,4	14	45,57	21,9	
	13	40,72	24,6	15	48,46	20,6	
	14	43,5	23,0	16	51,3	19,5	
	15	46,24	21,6	17	54,08	18,5	
	16	48,93	20,4	18	56,82	17,6	
	17	51,57	19,4	19	59,51	16,8	
	18	54,16	18,5	20	62,15	16,1	
	19	56,7	17,6	22	67,28	14,9	
	20	59,19	16,9	24	72,21	13,8	
22	64,02	15,6	25	74,6	13,4		
24	68,66	14,6	26	76,94	13,0		
25	70,9	14,1	28	81,48	12,3		
26	73,1	13,7	30	85,82	11,7		
28	77,34	12,9	32	89,97	11,1		
30	81,38	12,3	34	93,91	10,6		

Продолжение прил. А

1	2	3	4	5	6	7	8
146	35	95,81	10,4	159	4,5	17,15	58,3
	36	97,66	10,2		5	18,99	52,7
152	4,5	16,37	61,1	165*	5,5	20,82	48,0
	5	18,13	55,2		6	22,64	44,2
	5,5	19,87	50,3		7	26,24	38,1
	6	21,6	46,3		8	29,79	33,6
	7	25,03	40,0		8,5	31,55	31,7
	8	28,41	35,5		9	33,29	30,0
	8,5	30,08	33,2		9,5	35,03	28,5
	9	31,74	31,5		10	36,75	27,2
	9,5	33,39	29,9		11	40,15	24,9
	10	35,02	28,6		12	43,5	23,0
	11	38,25	26,1		13	46,81	21,4
	12	41,43	24,1		14	50,06	20,0
	13	44,56	22,4		15	53,27	18,8
	14	47,65	21,0		16	56,43	17,7
	15	50,68	19,7		17	59,53	16,8
	16	53,66	18,6		18	62,59	16,0
	17	56,6	17,7		19	65,6	15,2
	18	59,48	16,8		20	68,56	14,6
	19	62,32	16,0		22	74,33	13,5
	20	65,11	15,4		24	79,9	12,5
	22	71,53	14,0		25	82,62	12,1
	24	75,76	13,2		26	85,28	11,7
	25	78,3	12,8		28	90,46	11,1
	26	80,79	12,4		30	95,44	10,5
	28	85,63	11,7		32	100,22	10,0
	30	90,26	11,1		34	104,81	9,5
32	94,7	10,6	35	107,03	9,3		
34	98,94	10,1	36	109,2	9,2		
35	100,99	9,9	165*	5	19,73	50,7	
36	102,99	9,7		5,5	21,63	46,2	

Продолжение прил. А

1	2	3	4	5	6	7	8
165*	6	23,53	42,5	168	8,5	33,44	29,9
	7	27,28	36,7		9	35,29	28,3
	8	30,97	32,3		9,5	37,13	26,9
	8,5	32,8	30,5		10	38,97	25,7
	9	34,62	28,9		11	42,59	23,5
	9,5	36,43	27,4		12	46,17	21,7
	10	38,22	26,2		13	49,69	20,1
	11	41,78	23,9		14	53,17	18,8
	12	45,29	22,1		15	56,6	17,7
	13	48,73	20,5		16	59,98	16,7
	14	52,19	19,2		17	63,31	15,8
	15	55,49	18,0		18	66,59	15,0
	16	58,79	17,0		19	69,82	14,3
	17	62,04	16,1		20	73	13,7
	18	65,25	15,3		22	79,21	12,6
	19	68,41	14,6		24	85,23	11,7
	20	71,52	14,0		25	88,16	11,3
	22	77,58	12,9		26	91,05	11,0
	24	83,45	12,0		28	96,67	10,3
	25	86,31	11,6		30	102,1	9,8
	26	89,12	11,2		32	107,33	9,3
	28	94,6	10,6		34	112,36	8,9
	30	99,88	10,0		35	114,8	8,7
	32	104,95	9,5		36	117,19	8,5
	34	109,83	9,1		38	121,83	8,2
	35	112,2	8,9		40	126,27	7,9
36	114,52	8,7	42	130,51	7,7		
168	5	20,1	49,8	178*	45	136,5	7,3
	5,5	22,04	45,4		5	21,33	46,9
	6	23,97	41,7		5,5	23,4	42,7
	7	27,79	36,0		6	25,45	39,3
	8	31,57	31,7		7	29,52	33,9

Продолжение прил. А

1	2	3	4	5	6	7	8
178*	8	33,54		180	7	29,87	33,5
	8,5	35,53			8	33,93	29,5
	9	37,51			8,5	35,95	27,8
	9,5	39,47			9	37,95	26,4
	10	41,43			9,5	39,95	25,0
	11	45,3			10	41,93	23,8
	12	49,13			11	45,85	21,8
	13	52,9			12	49,72	20,1
	14	56,62			13	53,54	18,7
	15	60,3			14	57,31	17,4
	16	63,92			15	51,01	19,6
	17	67,49			16	61,04	16,4
	18	71,02			17	68,34	14,6
	19	74,5			18	71,91	13,9
	20	77,93			19	75,44	13,3
	22	84,64			20	78,92	12,7
	24	91,14			22	85,72	11,7
	25	94,33			24	92,33	10,8
	26	97,46			25	95,56	10,5
	28	103,58			26	98,75	10,1
30	109,5		28	104,96	9,5		
32	115,21		30	110,98	9,0		
34	120,73		32	116,8	8,6		
35	123,42		34	122,42	8,2		
36	126,06		35	125,16	8,0		
38	131,19		36	127,85	7,8		
40	136,12		38	133,07	7,5		
42	140,86		40	138,1	7,2		
45	147,59		42	142,94	7,0		
180	5	21,58		194	45	149,82	6,7
	5,5	23,67			5	23,31	42,9
	6	25,75			5,5	25,57	39,1

Окончание прил. А

1	2	3	4	5	6	7	8
194	6	27,82	35,9	203	7	33,84	29,6
	7	32,28	31,0		8	38,47	26,0
	8	36,7	27,2		8,5	40,77	24,5
	8,5	38,89	25,7		9	43,06	23,2
	9	41,02	24,4		9,5	45,33	22,1
	9,5	43,38	23,1		10	47,6	21,0
	10	45,38	22,0		11	52,09	19,2
	11	49,64	20,1		12	56,52	17,7
	12	53,86	18,6		13	60,91	16,4
	13	58,03	17,2		14	65,25	15,3
	14	62,15	16,1		15	69,55	14,4
	15	66,22	15,1		16	73,79	13,6
	16	70,24	14,2		17	77,98	12,8
	17	74,21	13,5		18	82,12	12,2
	18	78,13	12,8		19	86,22	11,6
	19	82	12,2		20	90,26	11,1
	20	85,82	11,7		22	98,2	10,2
	22	93,32	10,7		24	105,95	9,4
	24	100,62	9,9		25	109,74	9,1
	25	104,2	9,6		26	113,49	8,8
	26	107,72	9,3		28	120,84	8,3
	28	114,63	8,7		30	127,99	7,8
	30	121,34	8,2		32	134,95	7,4
	32	127,85	7,8		34	141,71	7,1
34	134,16	7,5	35	145,01	6,9		
35	137,24	7,3	36	148,27	6,7		
36	140,28	7,1	38	154,63	6,5		
38	146,19	6,8	40	160,79	6,2		
40	151,92	6,6	42	166,76	6,0		
42	157,44	6,4	45	175,34	5,7		
45	165,36	6,0	48	183,48	5,5		
203	6	29,15	34,3	50	188,66	5,3	

Приложение Б

Трубы стальные электросварные (ГОСТ 10704-91)

Наружный диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Масса, кг	Метров в тонне	Наружный диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Масса, кг	Метров в тонне	
1	2	3	4	5	6	7	8	
10	1,0	0,222	4504,50	18	1,8	0,789	1267,43	
	1,2	0,26	3846,15	19	1,0	0,444	2252,25	
10,2	1,0	0,227	4405,29		1,2	0,527	1897,53	
	1,2	0,266	3759,40		1,4	0,608	1644,74	
12	1,0	0,271	3690,04		(1,5)	0,647	1545,60	
	1,2	0,32	3125,00		1,6	0,687	1455,60	
	1,4	0,366	2732,24		1,8	0,764	1308,90	
	(1,5)	0,366	2732,24		2,0	0,838	1193,32	
	1,6	0,41	2439,02		20	1,0	0,469	2132,20
14	1,0	0,321	3115,26			1,2	0,556	1798,56
	1,2	0,379	2638,52			1,4	0,642	1557,63
	1,4	0,435	2298,85	(1,5)		0,684	1461,99	
	(1,5)	0,462	2164,50	1,6		0,726	1377,41	
	1,6	0,489	2044,99	1,8		0,808	1237,62	
(1,5)	1,0	0,345	2898,55	2,0		0,888	1126,13	
	1,2	0,408	2450,98	21,3		1,0	0,501	1996,01
	1,4	0,470	2127,66			1,2	0,595	1680,67
	(1,5)	0,499	2004,01			1,4	0,687	1455,60
	1,6	0,529	1890,36		(1,5)	0,732	1366,12	
16	1,0	0,37	2702,70		1,6	0,777	1287,00	
	1,2	0,438	2283,11		1,8	0,866	1154,73	
	1,4	0,504	1984,13		2,0	0,952	1050,42	
	(1,5)	0,536	1865,67		22	1,0	0,518	1930,5
	1,6	0,568	1760,56			1,2	0,616	1623,4
18	1,0	0,419	2386,63			1,4	0,711	1406,5
	1,2	0,497	2012,07	(1,5)		0,758	1319,3	
	1,4	0,573	1745,20	1,6		0,805	1242,2	
	(1,5)	0,61	1639,34	1,8		0,897	1114,8	
	1,6	0,719	1390,82	2,0		0,986	1014,2	

Продолжение прил. Б

1	2	3	4	5	6	7	8
23	1,0	0,543	1841,6	26	2,0	1,18	847,5
	1,2	0,645	1550,4		2,2	1,29	775,2
	1,4	0,746	1340,5		2,5	1,45	689,7
	(1,5)	0,795	1257,9	27	1,0	0,641	1560,1
	1,6	0,844	1184,8		1,2	0,764	1308,9
	1,8	0,941	1062,7		1,4	0,844	1131,2
	2,0	1,04	961,5		(1,5)	0,943	1060,4
	2,2	1,13	885,0		1,6	1	1000,0
	2,5	1,26	793,7		1,8	1,12	892,9
24	1,0	0,567	1763,7	28	2,0	1,23	813,0
	1,2	0,675	1481,7		2,2	1,35	740,7
	1,4	0,78	1282,1		2,5	1,51	662,3
	(1,5)	0,832	1201,9	1,0	0,666	1501,5	
	1,6	0,844	1184,8	1,2	0,793	1261,0	
	1,8	0,985	1015,2	1,4	0,918	1089,3	
	2,0	1,085	921,7	(1,5)	0,98	1020,4	
	2,2	1,18	847,5	1,6	1,04	961,5	
2,5	1,33	751,9	1,8	1,16	862,1		
25	1,0	0,592	1689,2	30	2,0	1,28	781,3
	1,2	0,704	1420,5		2,2	1,4	714,3
	1,4	0,815	1227,0		2,5	1,57	636,9
	(1,5)	0,869	1150,7	1,0	0,715	1398,6	
	1,6	0,923	1083,4	1,2	0,852	1173,7	
	1,8	1,03	970,9	1,4	0,987	1013,2	
	2,0	1,13	885,0	(1,5)	1,05	952,4	
	2,2	1,24	806,5	1,6	1,12	892,9	
	2,5	1,39	719,4	1,8	1,25	800,0	
26	1,0	0,617	1620,7	32	2,0	1,38	724,8
	1,2	0,734	1362,4		2,2	1,51	662,3
	1,4	0,849	1177,9		2,5	1,7	588,2
	(1,5)	0,906	1103,8	1,0	0,764	1308,9	
	1,6	0,963	1038,4	1,2	0,911	1097,7	
	1,8	1,07	934,6	1,4	1,056	947,0	

Продолжение прил. Б

1	2	3	4	5	6	7	8	
32	(1,5)	1,13	885,0	35	1,8	1,47	680,3	
	1,6	1,2	833,3		2,0	1,63	613,5	
	1,8	1,34	746,3		2,2	1,78	561,8	
	2,0	1,48	675,7		2,5	2,00	500,0	
	2,2	1,62	617,3		2,8	2,22	450,5	
	2,5	1,82	549,5		3	2,37	421,9	
	2,8	2,02	495,0		36	1,2	1,03	970,9
	3	2,15	465,1			1,4	1,19	840,3
33	1,0	0,789	1267,4	36	(1,5)	1,28	781,3	
	1,2	0,941	1062,7		1,6	1,36	735,3	
	1,4	1,09	917,4		1,8	1,52	657,9	
	(1,5)	1,17	854,7		2,0	1,68	595,2	
	1,6	1,24	806,5		2,2	1,83	546,4	
	1,8	1,38	724,6		2,5	2,07	483,1	
	2,0	1,53	653,6		2,8	2,29	436,7	
	2,2	1,67	598,8		3	2,44	409,8	
	2,5	1,88	531,9		38	1,2	1,09	917,4
	2,8	2,09	478,5			1,4	1,26	793,7
3	2,22	450,5	(1,5)	1,35		740,7		
33,7	1,2	0,962	1039,5	38	1,6	1,44	694,4	
	1,4	1,12	892,9		1,8	1,61	621,1	
	(1,5)	1,19	840,3		2,0	1,78	561,8	
	1,6	1,27	787,4		2,2	1,94	515,5	
	1,8	1,42	704,2		2,5	2,19	456,6	
	2,0	1,56	641,0		2,8	2,43	411,4	
	2,2	1,71	584,8		3	2,59	386,1	
	2,5	1,92	520,8		40	1,2	1,15	869,6
	2,8	2,13	469,5			1,4	1,33	751,9
	3	2,27	440,5			(1,5)	1,42	704,2
35	1,2	1	1000,0	40	1,6	1,52	657,9	
	1,4	1,16	862,1		1,8	1,7	588,2	
	(1,5)	1,24	806,5		2,0	1,87	534,8	
	1,6	1,32	757,6		2,2	2,05	487,8	

Продолжение прил. Б

1	2	3	4	5	6	7	8
40	2,5	2,31	435,9	48	1,2	1,382	736,6
	2,8	2,57	389,1		1,4	1,61	621,1
	3	2,74	365,0		(1,5)	1,72	581,4
42	1,2	1,21	826,4	48,3	1,6	1,83	546,4
	1,4	1,4	714,3		1,8	2,05	487,8
	(1,5)	1,5	666,7		2,0	2,27	440,5
	1,6	1,59	628,9		2,2	2,48	403,2
	1,8	1,78	561,8		2,5	2,81	355,9
	2,0	1,97	507,6		2,8	3,12	320,5
	2,2	2,16	463,0		3	3,33	300,3
	2,5	2,44	409,8		1,4	1,61	621,1
	2,8	2,71	369,0		(1,5)	1,73	578,0
44,5	3	2,89	346,0	1,6	1,84	543,5	
	1,2	1,28	781,3	1,8	2,06	485,4	
	1,4	1,49	671,1	2,0	2,28	438,6	
	(1,5)	1,59	628,9	2,2	2,5	400,0	
	1,6	1,69	591,7	2,5	2,82	354,6	
	1,8	1,9	526,3	2,8	3,14	318,5	
	2,0	2,1	476,2	3	3,35	298,5	
	2,2	2,29	436,7	3,2	3,56	280,9	
	2,5	2,59	386,1	3,5	3,87	258,4	
45	2,8	2,88	347,2	51	1,4	1,71	584,8
	3	3,07	325,7		(1,5)	1,83	546,4
	1,2	1,3	769,2		1,6	1,95	512,8
45	1,4	1,51	662,3	53	1,8	2,18	458,7
	(1,5)	1,61	621,1		2,0	2,42	413,2
	1,6	1,71	584,8		2,2	2,65	377,4
	1,8	1,92	520,8		2,5	2,99	334,4
	2,0	2,12	471,7		2,8	3,33	300,3
	2,2	2,32	431,0		3	3,55	281,7
	2,5	2,62	381,7		3,2	3,77	265,3
	2,8	2,91	343,6		3,5	4,1	243,9
	3	3,11	321,5		1,4	1,78	561,8

Продолжение прил. Б

1	2	3	4	5	6	7	8
53	(1,5)	1,91	523,6	60	(1,5)	2,16	463,0
	1,6	2,03	492,6		1,6	2,3	434,8
	1,8	2,27	440,5		1,8	2,58	387,6
	2,0	2,52	396,8		2,0	2,86	349,7
	2,2	2,76	362,3		2,2	3,14	318,5
	2,5	3,11	321,5		2,5	3,55	281,7
	2,8	3,47	288,2		2,8	3,95	253,2
	3	3,7	270,3		3	4,22	237,0
	3,2	3,93	254,5		3,2	4,48	223,2
	3,5	4,27	234,2		3,5	4,88	204,9
54	1,4	1,82	549,5	63,5	3,8	5,27	189,8
	(1,5)	1,94	515,5		1,4	2,14	467,3
	1,6	2,07	483,1		(1,5)	2,29	436,7
	1,8	2,32	431,0		1,6	2,44	409,8
	2,0	2,56	390,6		1,8	2,74	365,0
	2,2	2,81	355,9		2,0	3,03	330,0
	2,5	3,18	314,5		2,2	3,33	300,3
	2,8	3,54	282,5		2,5	3,76	266,0
	3	3,77	265,3		2,8	4,19	238,7
	3,2	4,01	249,4		3	4,48	223,2
57	3,5	4,36	229,4	70	3,2	4,76	210,1
	1,4	1,92	520,8		3,5	5,18	193,1
	(1,5)	2,05	487,8		3,8	5,59	178,9
	1,6	2,19	456,6		1,2	2,03	492,6
	1,8	2,45	408,2		1,4	2,37	421,9
	2,0	2,71	369,0		(1,5)	2,53	395,3
	2,2	2,97	336,7		1,6	2,7	370,4
	2,5	3,36	297,4		1,8	3,03	330,0
	2,8	3,74	267,4		2,0	3,35	298,5
	3	4	250,0		2,2	3,68	271,7
3,2	4,25	235,3	2,5	4,16	240,4		
3,5	4,62	216,5	2,8	4,64	215,5		
60	1,4	2,02	495,0	3	4,96	201,6	

Окончание прил. Б

1	2	3	4	5	6	7	8	
70	3,2	5,27	189,8	83	3	5,92	168,9	
	3,5	5,74	174,2		3,2	6,3	158,7	
	3,8	6,2	161,3		3,5	6,86	145,8	
	4	6,51	153,6		3,8	7,42	134,8	
73	1,4	2,47	404,9		4	7,79	128,4	
	(1,5)	2,64	378,8		4,5	8,71	114,8	
	1,6	2,82	354,6		5	9,62	104,0	
	1,8	3,16	316,5		5,5	10,51	95,1	
	2,0	3,5	285,8		88	1,6	3,21	311,5
	2,2	3,84	260,4			1,8	3,6	277,8
	2,5	4,35	229,9			2,0	4	250,0
	2,8	4,85	206,2			2,2	4,38	228,3
	3	5,18	193,1	2,5		4,96	201,6	
	3,2	5,51	181,5	2,8		5,54	180,5	
	3,5	6	166,7	89		1,6	3,5	285,7
	3,8	6,48	154,3			1,8	3,87	258,4
4	6,81	146,8	2,0		4,29	233,1		
76	1,4	2,58	387,6		2,2	4,71	212,3	
	(1,5)	2,76	362,3	2,5	5,33	187,6		
	1,6	2,94	340,1	2,8	5,56	168,1		
	1,8	3,29	304,0	3	6,36	157,2		
	2,0	3,65	274,0	3,2	6,77	147,7		
	2,2	4	250,0	3,5	7,38	135,5		
	2,5	4,53	220,8	3,8	7,98	125,3		
	2,8	5,05	198,0	4	8,38	119,3		
	3	5,4	185,2	4,5	9,38	106,6		
	3,2	5,75	173,9	5	10,36	96,5		
	3,5	6,26	159,7	5,5	11,33	88,3		
	3,8	6,77	147,7	95	2	4,59	217,9	
	4	7,1	140,8		2,5	5,7	175,4	
	4,5	7,93	126,1		3,2	7,24	138,1	
5	8,75	114,3	5		11,1	90,1		
5,5	9,56	104,6						

Приложение В

Трубы чугунные

Условный проход, мм	Наружный диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Масса погонного метра	Погонных метров в тонне
1	2	3	4	5
Класса ЛА (ГОСТ 9583-75)				
65	81	6,7	11,3	88,50
80	98	7,2	14,9	67,11
100	118	7,5	18,9	52,91
125	144	7,9	24,5	40,82
150	170	8,3	30,5	32,79
200	222	9,2	44,6	22,42
250	274	10	60,1	16,64
300	326	10,8	77,6	12,89
350	378	11,7	97,6	10,25
400	429	12,5	118,5	8,44
500	532	14,2	167,5	5,97
600	635	15,8	222,9	4,49
700	738	17,5	287,2	3,48
800	842	19,2	359,8	2,78
900	945	20,6	437,8	2,28
1000	1048	22,5	525,6	1,90
Класса А (ГОСТ 9583-75)				
65	81	7,4	12,4	80,65
80	98	7,9	16,2	61,73
100	118	8,3	20,8	48,08
125	144	8,7	26,8	37,31
150	170	9,2	33,7	29,67
200	222	10,1	48,8	20,49
250	274	11	65,9	15,17
300	326	11,9	85,2	11,74
350	378	12,8	106,5	9,39
400	429	13,8	130,5	7,66
500	532	15,6	183,5	5,45
600	635	17,4	244,8	4,08
700	738	19,3	316	3,16
800	842	21,1	394,6	2,53
900	945	22,3	480,9	2,08
1000	1048	24,8	578	1,73

Класса Б (ГОСТ 9583-75)

1	2	3	4	5
65	81	8	13,3	75,19
80	98	8,6	17,5	57,14
100	118	9	22,3	44,84
125	144	9,5	29,1	34,36
150	170	10	36,4	27,47
200	222	11	52,9	18,90
250	274	12	71,6	13,97
300	326	13	92,7	10,79
350	378	14	116,1	8,61
400	429	15	141,4	7,07
500	532	17	199,4	5,02
600	635	19	266,6	3,75
700	738	21	342,9	2,92
800	842	23	429	2,33
900	945	25	523,9	1,91
1000	1048	27	627,9	1,59

Приложение Г

Среднемесячная и годовая температура воздуха

Республика, край, область, пункт	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ													
Республика Адыгея													
Майкоп	-1,4	0,3	4,1	11,3	16,5	19,7	22,2	21,9	17,1	11,2	6,2	1,4	0,9
Республика Алтай													
Алейск	-17,6	-16,3	-8,7	3,3	12,2	18,4	20,3	17,2	11,3	3,2	-7,5	-15,1	1,7
Барнаул	-17,5	-16,1	-9,1	2,1	11,4	17,7	19,8	16,9	10,8	2,5	-7,9	-15,0	1,3
Беля	-9,2	-8,1	-3,2	3,2	9,5	14,6	16,9	15,5	10,7	4,1	-3,2	-7,9	3,6
Бийск	-17,7	-16,5	-9,2	2,3	11,3	17,2	19,2	16,3	10,5	2,6	-8,1	-15,1	1,1
Змеиногоorsk	-15,1	-14,4	-7,9	2,9	11,7	17,3	19,2	16,6	11,3	3,5	-6,6	-13,2	2,1
Катанда	-22,8	-18,8	-9,2	2,3	9,5	14,2	15,5	13,3	7,9	0,2	-11,4	19,9	-1,6
Кош-Агач	-30,5	-26,8	-15,0	-1,4	6,2	12,3	14,0	12,0	5,8	-3,8	-17,1	-26,9	-5,9
Онгудай	-21,1	-17,5	-7,2	3,5	10,0	14,9	16,3	13,9	8,5	1,1	-10,1	-18,3	-0,5
Родино	-17,7	-16,9	-9,8	3,3	12,5	18,6	20,5	17,4	11,6	3,0	-7,4	-15,1	1,7
Рубцовск	-17,5	-16,4	-8,9	3,6	12,6	18,7	20,5	17,7	11,8	3,7	-7,1	-14,9	2,0
Славгород	-18,9	-18,2	-10,6	3,0	12,5	18,9	20,8	17,6	11,8	3,0	-7,8	-15,9	1,4
Тогул	-16,5	-15,3	-8,7	1,7	10,5	16,7	18,8	15,8	10,3	2,4	-8,1	-15,0	1,1
Амурская область													
Архара	-26,7	-21,8	-10,7	2,5	11,0	17,2	20,9	18,8	11,9	2,4	-12,0	-23,6	-0,8
Белогорск	-27,1	-20,7	-10,9	1,8	10,3	17,4	21,1	18,7	11,7	1,3	-13,5	-24,0	-1,2
Благовещенск	-24,1	-18,7	-9,1	2,7	11,1	17,9	21,4	19,1	12,2	2,2	-11,5	-21,8	0,1
Бомнак	-32,2	-24,8	-13,1	-1,6	7,9	14,7	17,8	15,3	8,5	-2,8	-20,0	-30,7	-5,1
Братолюбовка	-28,0	-21,8	-12,1	0,8	9,5	16,3	19,9	17,6	10,8	0,5	-14,3	-25,3	-2,2
Бысса	-30,7	-24,3	-12,8	-0,4	8,8	15,2	18,7	16,2	9,1	-1,0	-16,8	-28,1	-3,8

Продолжение прил. Г

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Гош	-31,2	-24,6	-14,0	0,3	9,1	15,9	19,3	16,9	9,9	-0,6	-16,3	-28,2
Дамбуки	-31,1	-24,9	-15,1	-1,9	7,5	14,4	17,9	15,3	8,2	-3,3	-18,8	-28,9
Ерофей Павлович	-27,6	-22,0	-13,0	-1,2	7,5	15,0	18,3	15,0	7,9	-3,4	-17,6	-26,3
Завитинск	-26,9	-20,9	-11,6	1,3	9,7	16,7	20,3	18,1	11,3	1,1	-13,4	-24,0
Зая	-30,1	-23,8	-13,6	-0,6	8,4	15,3	18,6	15,7	9,0	-2,4	-17,8	-28,0
Норск	-31,8	-25,1	-13,3	0,2	9,4	16,0	19,3	17,0	9,9	-0,3	-16,8	-29,0
Огорон	-29,3	-23,1	-13,9	2,3	7,0	13,8	17,1	14,5	8,0	-3,3	-18,0	-27,3
Поярково	-26,9	-21,6	-11,5	2,1	10,4	17,1	20,9	18,8	11,9	1,8	-12,4	-23,7
Свободный	-27,7	-21,6	-12,1	1,0	9,6	16,6	20,2	17,7	10,6	0,0	-14,9	-25,4
Сковородино	-29,1	-23,4	-14,1	-1,8	7,2	14,5	18,0	15,0	7,7	-3,8	-18,4	-27,7
Средняя Нюкжа	-34,7	-28,9	-18,4	-5,4	5,3	13,2	16,8	13,4	5,7	-6,6	-22,9	-32,9
Тыган-Уркан	-26,4	-21,6	-13,4	-1,5	7,5	14,6	18,1	15,1	7,9	-3,4	-17,2	-25,2
Тында	-31,7	-25,9	-16,2	-3,8	6,0	13,4	17,1	13,9	6,3	-5,7	-21,5	-30,2
Унаха	-30,0	-24,5	-15,9	-3,5	6,2	13,6	17,2	14,1	6,9	-5,1	-20,2	-28,3
Усть-Нюкжа	-32,3	-26,4	-15,2	-3,1	6,5	14,3	17,6	14,3	6,8	-4,9	-21,2	-31,1
Черняево	-27,9	-22,4	-12,5	0,2	8,8	16,1	19,6	16,8	9,7	-1,2	-16,0	-25,9
Шимановск	-27,7	-21,9	-12,2	0,6	9,1	16,1	19,7	16,9	10,0	-0,8	-15,7	-25,3
Эжимчан	-33,1	-24,8	-14,9	-3,2	6,0	13,0	16,8	14,5	7,7	-3,5	-19,3	-30,5
Архангельская область												
Архангельск	-12,9	-12,5	-8,0	-0,9	60,	12,4	15,6	13,6	7,9	1,5	-4,1	-9,5
Борковская	-17,8	-16,4	-11,2	-2,9	3,1	10,2	13,5	11,0	5,5	-1,7	-8,1	-13,9
Емецк	-14,1	-12,8	-7,3	-0,1	6,6	13,4	16,1	13,9	8,0	1,2	-4,5	-10,2
Койнас	-16,5	-15,0	-9,6	-1,3	4,6	11,8	15,2	12,7	6,6	-0,3	-6,8	-12,9
Мезень	-14,3	-13,7	-9,5	-2,6	3,4	9,9	13,6	11,9	6,6	-0,2	-6,2	-11,4
Онега	-12,0	-11,6	-7,2	0,1	6,4	12,7	15,9	13,9	8,4	1,9	-3,6	9,0
Астраханская область												
Астрахань	-6,7	-5,6	0,4	9,9	18,0	22,8	25,3	23,6	17,3	9,6	2,4	-3,2
												9,5

Продолжение прил. Г

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	13
Верхний Баскунчак	-9,5	-9,1	-2,1	9,6	17,4	22,3	25,6	23,5	16,6	7,6	0,5	-5,7	8,0
Республика Башкортостан													
Белорецк	-16,2	-14,4	-7,8	2,7	10,2	14,5	16,0	14,2	8,7	0,7	-7,4	-13,8	0,6
Дуван	-15,7	-14,3	-7,5	2,8	10,6	15,3	17,0	14,8	9,3	1,1	-6,7	-12,6	1,2
Мелеуз	-15,5	-14,4	-7,5	4,6	13,6	17,8	19,6	17,9	11,7	3,2	-5,1	-11,8	2,8
Уфа	-14,9	-13,7	-6,7	4,4	13,3	17,3	18,9	16,8	11,1	2,8	-5,1	-11,2	2,8
Янаул	-15,5	-13,7	-7,1	2,9	11,2	15,1	17,1	14,5	9,2	0,8	-6,1	-11,7	1,5
Белгородская область													
Белгород	-8,5	-6,4	-2,5	7,5	14,6	17,9	19,9	18,7	12,9	6,4	0,3	-4,5	6,4
Брянская область													
Брянск	-9,1	-8,4	-3,2	5,9	12,8	16,7	18,1	16,9	11,5	5,0	-0,4	-5,2	5,1
Республика Бурятия													
Бабушкин	-16,4	-16,6	-9,7	-0,7	5,2	10,7	14,2	14,2	8,9	2,5	-5,1	-10,5	-0,3
Баргузин	-27,4	-23,7	-12,1	-0,3	7,8	15,1	18,4	15,9	8,6	-0,6	-12,8	-23,2	-2,9
Багдарин	-29,4	-25,2	-15,4	-3,5	5,2	12,5	15,3	12,2	5,1	-5,0	-19,0	-28,0	-6,3
Кяхта	-21,9	-18,2	-8,6	2,0	9,5	16,6	18,9	16,4	9,2	0,6	-10,5	-19,2	-0,4
Монды	-19,9	-17,6	-10,1	-1,8	5,6	12,1	14,2	12,0	5,5	-2,2	-11,8	-18,2	-2,7
Нижнеангарск	-22,6	-21,3	-13,4	-3,2	4,3	11,2	15,5	14,6	8,3	-0,6	-11,8	-18,4	-3,1
Сосново-Озерское	-24,7	-21,8	-13,2	-2,9	4,7	13,5	16,4	13,6	6,4	-2,6	-14,2	-21,7	-3,9
Уацит	-28,3	-24,5	-15,7	-5,2	3,5	11,6	14,8	11,8	4,7	-6,0	-18,7	-26,5	-6,5
Улан-Удэ	-24,8	-21,0	-10,2	1,1	8,7	16,0	19,3	16,4	8,7	-0,2	-12,4	-21,4	-1,7
Хоринск	-25,6	-22,0	-10,7	0,4	8,4	16,2	18,8	15,8	8,0	-1,1	-13,4	-21,9	-2,3
Владимирская область													
Владимир	-11,1	-10,0	-4,3	4,9	12,2	16,6	17,9	16,4	10,7	3,7	-2,7	-7,5	3,9
Муром	-11,5	-10,9	-4,9	4,7	12,5	16,7	18,7	17,2	11,3	4,1	-2,3	-8,2	4,0

Продолжение прил. Г

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	13
Волгоградская область													
Волгоград	-9,1	-7,6	-1,4	10,0	17,0	21,0	23,4	22,0	16,2	7,5	1,4	-4,2	8,0
Котельниково	-7,4	-6,8	-0,8	9,5	17,0	21,2	24,0	22,7	16,2	8,3	1,9	-3,7	8,5
Эльтон	-10,2	-10,1	-3,0	9,1	17,3	22,2	24,6	23,1	16,1	7,4	-0,1	-6,7	7,5
Вологодская область													
Вологда	-12,6	-11,6	-5,9	2,3	9,6	14,9	16,8	15,0	9,1	2,5	-3,5	-8,9	2,3
Вытегра	-10,9	-10,4	-5,9	1,8	8,4	13,8	16,7	14,7	9,2	3,0	-2,8	-8,0	2,5
Никольск	-13,8	-12,9	-6,6	2,0	9,0	14,5	16,8	14,5	8,5	1,6	-4,6	-10,8	1,5
Тотьма	-13,1	-11,9	-6,2	2,1	9,1	14,3	17,0	14,5	8,5	1,9	-4,5	-10,4	1,8
Воронежская область													
Воронеж	-9,8	-9,6	-3,7	6,6	14,6	17,9	19,9	18,6	13,0	5,9	-0,6	-6,2	5,6
Республика Дагестан													
Дербент	1,5	1,7	4,1	9,4	16,1	21,4	24,7	24,5	20,1	14,4	8,7	4,3	12,5
Махачкала	-0,5	0,2	3,5	9,4	16,3	21,5	24,6	24,1	19,4	13,4	7,2	2,6	11,8
Ивановская область													
Иваново	-11,9	-10,9	-5,1	4,1	11,4	15,8	17,6	15,8	10,1	3,5	-3,1	-8,1	3,3
Кинешма	-11,7	-11,3	-5,6	3,4	11,1	15,9	18,2	15,9	10,0	3,3	-3,5	-9,1	3,0
Иркутская область													
Альгджер	-16,7	-14,6	-7,8	-0,2	6,2	12,2	13,8	12,0	6,4	0,1	-8,9	-15,1	-1,1
Бодайбо	-30,8	-26,8	-15,4	-2,7	6,1	14,2	17,6	14,5	6,9	-3,1	-18,6	-28,9	-5,6
Братск	-20,7	-19,4	-10,2	-1,2	6,2	14,0	17,8	14,8	8,1	-0,5	-9,8	-18,4	-1,6
Верхняя Гутара	-19,8	-17,2	-10,6	-2,1	4,8	11,3	13,7	11,0	4,9	-2,1	-11,5	-18,0	-3,0
Дубровское	-28,6	-23,2	-13,6	-2,9	5,7	14,3	17,7	14,0	6,4	-2,3	-17,4	-25,8	-4,6
Ербогачен	-31,0	-28,2	-17,2	-5,0	4,7	14,0	17,1	13,0	5,3	-5,6	-21,9	-30,1	-7,1
Жигалово	-28,4	-25,1	-13,8	-1,0	7,2	14,6	17,4	14,1	6,5	-2,4	-15,7	-25,4	-4,3
Зима	-23,0	-20,0	-10,1	1,1	8,7	15,8	18,0	14,9	8,1	-0,1	-12,2	-20,5	-1,6
Ика	-29,4	-24,3	-15,4	-3,9	5,3	13,7	16,7	13,0	5,7	-3,6	-18,2	-28,1	-5,7

Продолжение прил. Г

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	13
Илимск	-25,4	-22,0	-12,6	-1,6	6,3	14,2	17,6	14,2	6,6	-2,0	-14,8	-23,8	-3,6
Иркутск	-20,6	-18,1	-9,4	1,0	8,5	14,8	17,6	15,0	8,2	0,5	-10,4	-18,4	-0,9
Ичера	-28,2	-25,4	-14,6	-2,7	6,4	14,6	17,6	14,0	6,6	-3,0	-17,6	-26,7	-4,9
Киренск	-27,4	-23,8	-13,8	-2,2	6,7	15,0	18,3	14,8	7,0	-2,4	-15,9	-25,8	-4,1
Мама	-28,9	-23,9	-14,3	-2,8	5,9	14,1	17,9	14,4	6,8	-2,1	-17,4	-26,1	-4,7
Марково	-27,8	-23,3	-13,7	-1,8	7,1	15,2	18,0	14,7	7,1	-2,0	-15,8	-26,0	-4,0
Неканно	-35,1	-31,3	-18,4	-6,5	3,8	13,3	16,7	12,6	4,8	-6,5	-24,8	-33,7	-8,8
Невон	-24,9	-23,2	-13,3	-1,8	6,5	14,6	17,6	14,1	6,9	-1,4	14,4	-23,4	-3,6
Непа	-27,9	-25,4	-14,6	-3,5	5,6	13,9	16,8	12,9	5,7	-4,0	-18,5	-27,2	-5,5
Орлинга	-26,7	-23,3	-13,2	-1,9	6,8	14,3	17,1	13,9	6,6	-2,0	-15,0	-24,7	-4,0
Перевоз	-26,5	-25,0	-15,4	-3,5	5,5	13,4	16,8	13,2	5,7	-3,9	-17,6	-25,6	-5,2
Преображенка	-29,2	-24,2	-15,4	-3,9	5,6	14,7	17,7	13,5	5,8	-4,1	-18,6	-28,4	-5,5
Слюданка	-17,4	-17,0	-9,9	-0,3	6,0	11,8	15,3	14,2	7,8	-1,7	-7,3	-13,5	-0,7
Тайшет	-19,5	-17,2	-9,1	0,7	8,4	15,8	18,3	15,0	8,3	0,2	-10,6	-18,4	-0,7
Тулун	-21,5	-18,3	-10,2	0,0	7,7	14,4	17,2	14,1	7,3	-0,6	-11,8	-20,1	-1,8
Усть-Ордынский	-24,8	-22,3	-12,5	0,6	8,2	15,6	18,0	15,1	7,7	-0,8	-14,2	-21,9	-2,6
Бурятский АО													
Кабардино-Балкарская Республика													
Нальчик	-4,0	-2,8	1,8	9,5	15,4	19,1	21,6	21,0	16,0	9,4	3,8	-1,3	9,1
Калининградская область													
Калининград	-3,1	-2,5	0,6	6,2	11,6	15,2	17,3	16,7	13,0	7,8	2,9	-0,9	7,1
Республика Калмыкия – Хальмг Тангч													
Элиста	-6,8	-6,2	-0,3	9,5	16,9	21,5	24,4	23,2	16,8	8,9	2,1	-2,9	8,9

Продолжение прил. Г

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	13
Калужская область													
Калуга	-10,1	-8,9	-3,9	4,8	12,3	16,2	18,0	16,5	11,0	4,7	-1,5	-6,5	4,4
Камчатская область													
Алука-Корякский АО	-10,9	-13,1	-11,9	-6,5	0,7	6,1	9,8	10,4	6,5	-1,7	-8,5	-12,1	-2,6
Ича-Корякский АО	-12,0	-12,6	-9,3	-3,2	2,1	6,3	10,3	11,4	8,7	3,1	-4,0	-9,0	-0,7
Ключи	-16,1	-14,0	-9,7	-2,7	4,2	10,8	14,6	13,6	8,7	1,5	-7,5	-14,1	-0,9
Козыревск	-17,9	-15,1	-10,2	-2,1	5,1	11,5	14,9	13,6	8,1	0,4	-9,8	-16,7	-1,5
Корф-Корякский АО	-13,6	-16,1	-12,7	-6,5	0,5	7,4	12,1	12,0	7,4	-2,0	-9,5	-14,0	-2,9
Лопатка, мыс	-5,1	-5,9	-4,4	-1,5	1,1	4,1	7,5	9,4	8,7	5,2	0,3	-3,1	1,3
Мильково	-19,9	-17,0	-11,9	-2,5	5,2	11,6	15,0	13,6	8,0	0,3	-10,9	-17,6	-2,1
Начики	-18,3	-16,5	-11,8	-4,4	1,9	7,7	12,0	11,8	7,3	0,5	-9,4	-16,4	-3,0
О. Беренга	-3,5	-3,8	-3,0	-0,8	2,0	5,2	8,6	10,5	8,9	4,5	0,1	-2,5	2,2
Оссора-Корякский АО	-13,3	-13,9	-12,2	-6,4	0,6	6,9	11,8	12,0	7,8	0,1	-7,6	-12,5	-2,2
Петропаловск-Камчаткий	-7,5	-7,5	-4,8	-0,5	3,8	8,3	12,2	13,2	10,1	4,8	-1,7	-5,5	2,1
Семлячки	-6,3	-6,2	-4,7	-1,0	3,2	7,3	11,4	12,8	9,9	4,7	-1,8	-5,2	2,0
Соболево	-14,0	-14,1	-10,0	-3,3	2,6	7,4	11,2	11,9	8,5	2,7	-5,6	-10,9	-1,1
Кроноки	-8,5	-8,2	-6,2	-1,6	2,6	6,6	10,7	11,7	8,6	2,8	-3,3	-7,4	0,6
Ука	-15,8	-16,3	-13,5	-6,2	-0,1	6,3	12,2	12,6	8,1	0,7	-7,1	-13,2	-2,7
Октябрьская	-12,1	-12,6	-8,7	-2,5	2,1	6,1	9,8	11,4	9,3	4,1	-3,0	-9,0	-0,4
Усть-Воямполка – Корякский АО	-16,8	-16,8	-13,3	-5,8	1,3	6,4	10,0	10,5	7,1	0,5	-7,7	-13,7	-3,2
Усть-Камчатск	-11,4	-11,2	-9,0	-3,6	1,6	6,8	11,2	12,2	9,0	2,6	-4,7	-9,7	-0,5
Усть-Хайрюзово	-14,2	-14,4	-11,3	-4,5	2,2	7,3	11,2	11,7	8,0	1,6	-5,7	-11,1	-1,6
Карачаево-Черкес-ская Республика													
Черкесск	-4,4	-2,3	1,5	9,0	14,8	18,3	21,1	20,6	15,7	9,6	3,7	-1,1	8,8

Продолжение прил. Г

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	13
Республика Карелия													
Кемь	-10,6	-10,8	-6,9	-1,0	4,5	10,5	13,8	13,1	8,4	2,2	-2,8	-7,1	1,1
Лоухи	-12,1	-12,4	-8,3	-1,7	4,7	11,6	14,8	12,8	7,2	1,0	-4,4	-8,5	0,4
Олонец	-10,3	-10,5	-6,3	1,3	8,6	13,6	16,4	14,7	9,3	3,4	-1,8	-7,1	2,6
Паданы	-11,0	-11,2	-7,1	-0,1	5,8	12,2	15,5	13,5	8,4	2,4	-3,1	-8,0	1,4
Петрозаводск	-11,1	-10,4	-5,4	1,3	7,6	13,6	15,7	14,1	8,9	2,9	-2,6	-7,2	2,3
Реболы	-11,9	-11,8	-7,6	-0,5	6,1	12,9	16,0	13,7	8,0	1,6	-3,5	-8,6	1,2
Кемеровская область													
Кемерово	-18,8	-16,9	-9,8	1,0	9,7	16,3	18,8	15,4	9,5	1,3	-9,6	-16,9	0,0
Киселевск	-17,2	-15,5	-8,1	2,0	10,0	16,6	18,8	15,8	10,0	2,2	-8,3	-15,4	0,9
Кондома	-19,1	-16,3	-8,6	0,9	9,1	15,2	17,4	14,5	8,6	1,4	-9,4	-17,0	-0,3
Мариинск	-17,8	-16,2	-9,3	0,8	9,0	15,9	18,3	15,2	9,1	1,0	-9,1	-16,2	0,1
Тайга	-18,8	-16,7	-10,4	-0,3	8,2	14,9	17,5	14,4	8,4	0,1	-10,3	-17,4	-0,9
Тисуль	-17,4	-15,9	-8,5	0,7	8,8	15,7	17,9	14,8	9,0	1,2	-9,0	-15,5	0,2
Топки	-18,2	-16,1	-10,2	-0,2	8,9	15,8	18,2	15,4	9,2	0,7	-10,2	-16,5	-0,3
Усть-Кабырза	-22,1	-18,0	-10,	-0,4	8,1	14,6	16,9	14,5	8,4	0,4	-10,5	-19,0	-1,4
Кировская область													
Вятка	-14,4	-12,9	-6,7	2,2	10,0	15,4	17,9	15,3	9,0	1,5	-5,7	-11,8	1,6
Нагорск	-14,9	-13,7	-7,1	1,6	9,0	14,6	16,9	14,8	8,5	0,8	-6,0	-12,5	1,0
Савали	-14,0	-13,2	-7,4	2,8	11,6	16,8	18,8	16,8	10,4	2,8	-5,2	-11,5	2,4
Республика Коми													
Вендинга	-15,8	-15,1	-9,1	-0,4	6,2	12,4	15,5	13,0	6,8	0,0	-6,7	-13,2	-0,5
Воркута	-20,3	-20,6	-16,5	-9,0	-2,8	5,8	12,4	9,5	3,8	-5,1	-13,6	-15,7	-6,0
Обьячево	-14,9	-13,0	-6,6	1,7	8,5	14,4	16,6	14,3	8,2	0,7	-5,7	-11,6	1,0
Петрунь	-19,7	-18,8	-15,2	-6,5	-0,2	8,4	13,8	11,0	5,3	-3,0	-11,3	-16,6	-4,4
Печора	-19,5	-17,7	-11,6	-3,4	3,4	11,1	16,0	12,3	6,1	-2,5	-10,6	-15,6	-2,7

Продолжение прил. Г

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	13
Сыктывкар	-15,6	-14,1	-7,7	1,0	7,6	14,0	16,7	14,0	7,8	0,3	-6,7	-12,9	0,4
Троицко-Печорск	-18,0	-16,0	-9,4	-0,3	5,7	12,8	15,9	13,0	7,0	-1,0	-9,0	-15,5	-1,2
Усть-Уса	-18,4	-17,6	-12,9	-4,3	1,4	9,5	14,1	11,6	5,7	-2,1	-9,6	-15,6	-3,2
Усть-Цильма	-17,3	-15,8	-10,7	-2,6	3,1	10,6	14,5	12,0	6,2	-1,3	-8,5	-14,2	-2,0
Усть-Щугор	-19,7	-17,7	-12,0	-2,4	3,7	11,4	15,2	12,3	6,4	-1,8	-10,2	-16,9	-2,6
Ухта	-17,3	-15,8	-8,9	-0,5	5,4	12,1	15,7	12,7	6,6	-1,4	-8,5	-13,6	-1,1
Костромская область													
Кострома	-11,8	-11,1	-5,3	3,2	10,9	15,5	17,8	16,1	10,0	3,2	-2,9	-8,7	3,1
Чухлома	-12,8	-11,6	-5,7	2,5	9,7	14,8	17,0	15,1	9,2	2,4	-3,6	-9,8	2,3
Шарья	-13,0	-12,1	-6,0	2,9	10,2	15,1	17,4	15,1	9,3	2,3	-4,7	-10,6	2,2
Краснодарский край													
Краснодар	-1,6	-0,6	4,3	11,3	17,0	20,7	23,3	22,7	17,6	11,4	5,6	1,1	11,1
Сочи	5,9	6,1	8,2	11,7	16,1	19,9	22,8	23,1	19,9	15,7	11,7	8,2	14,1
Тихорецк	-3,5	-2,1	2,8	11,1	16,6	20,8	23,2	22,6	17,3	10,1	4,8	-0,1	10,3
Красноярский край													
Агата	-34,6	-33,1	-23,1	-11,4	-1,6	7,7	13,7	10,6	3,9	-7,2	-24,9	-31,9	-11,0
Ачинск	-17,7	-15,6	-9,1	0,4	8,6	15,6	17,9	15,0	9,0	0,6	-9,3	-16,3	-0,1
Байкит – Эвенкийский АО	-30,9	-27,0	-15,4	-3,9	4,1	12,9	16,8	12,5	5,4	-5,0	-21,2	-29,8	-6,8
Боготол	-17,4	-16,0	-9,1	0,2	8,1	15,3	17,8	14,6	8,7	0,8	-9,7	-16,4	-0,3
Богучаны	-24,4	-22,4	-12,1	-0,5	7,2	15,7	18,8	14,9	8,0	-0,5	-13,4	-22,8	-2,6
Ванавара – Эвенкийский АО	-29,8	-26,5	-15,7	-3,7	5,1	14,0	17,2	13,0	5,6	-4,4	-19,9	-28,5	-6,1
Вельмо	-27,6	-24,8	-14,8	-3,7	4,3	13,1	16,8	12,7	6,1	-3,7	-18,1	-26,5	-5,5
Верхнеймбатск	-24,7	-22,4	-14,3	-5,1	2,4	11,8	16,8	13,1	6,8	-3,5	-16,9	-24,0	-5,0
Волочанка	-31,2	-29,7	-25,7	-15,8	-6,1	5,9	13,0	9,4	2,4	-1,6	-25,2	-27,8	-11,9

Продолжение прил. Г

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	13
Диксон – Таймырский АО	-25,6	-25,7	-24,3	-17,2	-8,1	0,2	4,6	5,0	1,6	-7,3	-17,6	-22,3	-11,4
Дудинка – Таймырский АО	-28,0	-26,9	-22,8	-15,0	-5,9	5,1	13,2	10,5	3,8	-8,2	-21,1	-25,6	-10,1
Енисейск	-22,0	-19,5	-10,7	-0,9	7,1	15,1	18,5	14,9	8,2	-0,5	-12,3	-20,7	-1,9
Ессей – Эвенкийский АО	-36,0	-34,1	-24,7	-13,8	-3,3	7,4	13,5	10,2	2,6	-11,3	-27,9	-33,1	-12,5
Игарка	-28,1	-26,3	-20,0	-10,8	-2,0	8,5	15,1	11,5	5,1	-6,5	-20,8	-26,2	-8,4
Канск	-20,2	-18,7	-10,3	0,7	8,6	16,0	18,8	15,6	8,8	0,4	-10,2	-18,6	-0,8
Кежма	-27,4	-25,1	-14,1	-2,2	6,3	14,9	18,1	14,2	7,1	-1,9	-15,8	-25,7	-4,3
Ключи	-17,7	-15,6	-8,0	0,8	8,2	15,6	18,1	14,8	8,5	0,7	-10,1	-16,9	-0,1
Красноярск	-18,2	-16,8	-7,8	2,6	9,4	16,6	19,1	15,7	9,4	1,5	-8,8	-16,3	0,5
Минусинск	-20,8	-19,0	-8,9	3,0	10,5	17,2	19,8	16,9	10,0	1,9	-8,9	-17,8	0,3
Таймба	-30,1	-26,6	-15,6	-3,4	5,1	13,4	16,8	12,7	5,3	-4,2	-20,1	-29,1	-6,3
Троицкое	-22,8	-20,3	-11,5	-0,8	6,9	14,5	17,5	14,0	7,0	-1,0	-12,5	-21,9	-2,6
Тура – Эвенкийский АО	-36,5	-32,4	-19,5	-7,0	3,0	12,4	16,3	12,3	5,0	-6,8	-25,8	-33,5	-9,4
Туруханск	-27,2	-23,8	-16,9	-8,6	-0,3	9,5	16,0	12,5	5,6	-5,7	-19,8	-26,0	-7,1
Хатанга	-33,1	-31,7	-27,8	-18,0	-7,0	5,2	12,7	9,0	1,7	-12,0	-26,4	-29,6	-13,1
Челюскин-2, мыс Таймырский АО	-28,5	-28,6	-28,2	-21,0	-10,5	-1,4	1,5	0,7	-2,4	-11,5	-21,4	-25,3	-14,7
Ярцево	-23,6	-21,5	-12,9	-2,7	5,1	14,3	18,2	14,0	7,6	-1,8	-14,7	-22,3	-3,4
Курганская область													
Курган	-17,7	-16,6	-8,6	4,1	12,6	17,2	19,1	16,3	10,9	2,4	-7,2	-14,3	1,5
Курская область													
Курск	-9,3	-7,8	-3,0	6,6	13,9	17,2	18,7	17,6	12,2	5,6	-0,4	-5,2	5,5
Липецкая область													
Липецк	-10,3	-9,5	-4,4	5,5	1,38	18,0	20,2	18,5	12,5	5,5	-1,5	-7,1	5,1

Продолжение прил. Г

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	13
Ленинградская область													
Свирица	-9,8	-9,7	-5,7	1,9	8,9	14,1	16,9	15,2	10,0	4,0	-1,6	-6,7	3,1
Тихвин	-10,5	-9,3	-4,7	2,8	9,7	14,7	16,6	14,8	9,5	3,6	-1,8	-6,6	3,2
Санкт-Петербург	-7,8	-7,8	-3,9	3,1	9,8	15,0	17,8	16,0	10,9	4,9	-0,3	-5,0	4,4
Магаданская область													
Брохово	-19,6	-19,2	-16,7	-8,7	-0,5	5,8	11,9	12,2	7,8	-1,1	-10,7	-15,8	-4,6
Аркагала	-36,8	-32,8	-25,6	-13,1	0,8	10,2	13,0	9,9	1,6	-15,1	-30,3	-36,5	-12,4
Магадан (Нагаева бухта)	-17,0	-16,0	-12,6	-5,7	1,3	6,6	11,2	11,5	7,1	-2,4	-11,4	-15,0	-3,5
Омсулчан	-33,4	-31,0	-24,3	-12,4	0,8	10,1	13,2	10,6	3,1	-11,3	-26,5	-32,5	-11,1
Палатка	-22,1	-20,2	-16,3	-7,7	2,3	9,4	12,8	11,6	5,2	-6,7	-16,7	-20,3	-5,7
Среднекан	-36,6	-33,4	-25,8	-12,0	2,8	13,0	15,1	11,9	4,0	-11,3	-28,6	-35,8	-11,4
Сусуман	-38,2	-34,5	-27,2	-13,3	1,6	10,8	13,3	10,2	2,1	-14,9	-31,2	-37,5	-13,2
Республика Марий Эл													
Йошкар-Ола	-14,0	-12,9	-6,4	3,6	11,6	16,2	18,0	16,2	10,2	2,7	-4,3	-9,8	2,6
Республика Мордовия													
Саранск	-12,3	-11,7	-5,9	4,8	13,1	17,3	19,2	17,7	11,6	4,1	-3,0	-8,7	3,9
Московская область													
Дмитров	-10,4	-9,5	-4,4	4,3	11,5	15,7	17,5	15,7	10,3	4,0	-2,4	-7,2	3,8
Кашира	-10,9	-9,8	-4,6	4,6	12,2	16,3	17,8	16,5	11,0	4,1	-2,3	-7,0	4,0
Москва	-10,2	-9,2	-4,3	4,4	11,9	16,0	18,1	16,3	10,7	4,3	-1,9	-7,3	4,1
Мурманская область													
Вайда-Губа	-5,6	-6,4	-4,8	-1,7	2,5	7,0	10,2	10,1	6,8	2,0	-1,5	-3,8	1,2
Кандалакша	-11,8	-12,1	-7,8	-1,6	4,1	10,6	14,8	12,7	7,1	1,1	-4,2	-8,5	0,4
Ковдор	-13,5	-14,1	-9,2	-3,1	3,8	10,6	13,4	11,0	5,2	-1,2	-7,1	-11,3	-1,3
Краснощелье	-13,2	-13,8	-10,5	-3,9	2,4	9,7	13,2	11,1	5,8	-0,6	-5,6	-9,8	-1,3
Ловозеро	-13,2	-13,8	-10,2	-3,8	2,4	9,1	13,0	11,1	5,6	-0,9	-6,2	-10,4	-1,4

Продолжение прил. Г

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	13
Мончегорск	-12,8	-12,7	-8,6	-2,5	3,4	10,2	13,8	12,0	6,6	0,2	-5,4	-9,7	-0,5
Мурманск	-10,5	-10,8	-6,9	-1,6	3,4	9,3	12,6	11,3	6,6	0,7	-4,2	-7,8	0,2
Ниванкюль	-13,1	-13,0	-8,1	-1,7	4,2	10,5	13,5	11,6	6,3	-0,1	-6,1	-10,2	-0,5
Пулозеро	-13,4	-13,6	-9,4	-3,0	3,1	9,6	13,4	11,4	6,0	-0,3	-5,8	-10,1	-1,0
Пялица	-10,0	-11,2	-8,9	-3,7	1,4	6,8	10,1	9,8	6,4	1,3	-2,8	-6,4	-0,6
Териберка	-7,8	-8,5	-6,3	-2,1	2,4	7,5	11,2	10,8	6,9	1,5	-2,8	-5,8	0,6
Терско-Орловский	-9,9	-11,1	-8,8	-3,6	0,7	5,4	9,0	9,3	6,4	0,9	-3,3	-6,2	-0,9
Умба	-11,0	-11,9	-8,0	-1,9	3,9	10,5	14,3	12,6	7,4	1,3	-3,6	-7,8	0,5
Юкспор	-12,2	-12,6	-10,9	-6,9	-1,9	4,9	9,0	7,2	1,5	-4,1	-7,7	-10,4	-3,7
Нижегородская область													
Арзамас	-12,4	-11,9	-6,5	3,5	12,0	16,9	18,8	17,2	10,8	3,5	-3,6	-9,4	3,2
Выкса	-11,3	-10,8	-5,1	4,4	12,5	16,8	18,9	17,0	11,1	4,0	-2,8	-8,5	3,8
Нижний Новгород	-11,8	-11,1	-5,0	4,2	12,0	16,4	18,4	16,9	11,0	3,6	-2,8	-8,9	3,6
Новгородская область													
Новгород	-8,7	-8,7	-4,3	3,3	10,4	15,2	17,3	15,4	10,3	4,2	-0,9	-5,9	4,0
Новосибирская область													
Барабинск	-19,9	-18,3	-11,8	0,5	10,1	16,4	18,5	15,5	9,8	1,1	-9,2	-17,0	-0,4
Болотное	-18,5	-16,8	-9,4	1,1	9,6	16,4	18,9	15,5	9,6	1,1	-9,7	-16,9	0,1
Карасук	-19,4	-18,4	-10,6	2,9	12,1	18,2	20,2	16,9	11,2	2,2	-8,5	-16,2	0,9
Кочки	-19,6	-18,2	-11,5	1,2	10,7	16,7	18,6	15,4	9,7	1,4	-9,5	-16,9	-0,2
Купино	-19,6	-18,6	-11,7	1,3	11,2	17,4	19,5	16,3	10,5	1,9	-8,6	-16,7	0,2
Кыштовка	-20,3	-18,3	-10,7	1,3	9,8	15,7	18,0	14,6	9,3	0,8	-9,8	-17,4	-0,6
Новосибирск	-18,8	-17,3	-10,1	1,5	10,3	16,7	19,0	15,8	10,1	1,9	-9,2	-16,5	0,2
Татарск	-19,6	-18,0	-11,1	1,2	10,7	16,0	18,7	15,6	10,1	1,4	-8,8	-16,4	0,0
Чулым	-19,5	-17,9	-11,3	0,3	10,1	16,4	18,5	15,5	9,7	1,3	-9,3	-17,0	-0,2
Омская область													
Омск	-19,0	-17,6	-10,1	2,8	11,4	17,1	18,9	15,8	10,6	1,9	-8,5	-16,0	0,6

Продолжение прил. Г

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	13
Тара	-19,9	-18,0	-11,4	-0,1	9,1	15,5	17,7	14,8	9,2	0,8	-9,8	-17,2	-0,8
Черлак	-19,2	-17,9	-10,3	3,2	12,1	18,0	19,8	16,5	11,3	2,2	-8,4	-15,8	1,0
Оренбургская область													
Оренбург	-14,8	-14,2	-7,3	5,2	15,0	19,7	21,9	20,0	13,4	4,5	-4,0	-11,2	4,0
Орловская область													
Орел	-9,7	-8,8	-4,0	5,6	13,0	16,9	18,5	17,1	11,7	5,1	-0,9	-5,6	4,9
Пензенская область													
Земетчино	-11,6	-11,1	-5,6	4,8	13,4	17,5	19,4	17,7	11,7	4,4	-2,4	-8,2	4,2
Пенза	-12,2	-11,3	-5,6	4,9	13,5	17,6	19,6	18,0	11,9	4,4	-2,9	-9,1	4,2
Пермская область													
Бисер	-17,5	-15,4	-8,9	0,5	6,9	12,7	15,2	12,7	6,9	-1,3	-9,2	-15,4	-1,1
Пермь	-15,3	-13,4	-6,9	2,6	10,2	15,7	18,0	15,4	9,3	1,4	-6,3	-12,7	1,5
Приморский край													
Анучино	-20,3	-16,0	-5,9	5,0	12,1	17,0	21,1	20,6	13,7	5,7	-5,7	-16,7	2,6
Астраханка	-17,7	-13,6	-4,8	4,4	11,6	16,5	20,6	20,9	14,9	6,7	-4,3	-13,9	3,4
Богополь	-13,3	-10,1	-3,1	4,2	9,5	13,2	17,7	19,2	14,1	6,9	-2,6	-10,8	3,7
Владивосток	-13,1	-9,8	-2,4	4,8	9,9	13,8	18,5	21,0	16,8	9,7	-0,3	-9,2	5,0
Дальнереченск	-20,5	-16,7	-6,7	4,5	12,1	17,4	21,1	20,2	13,7	5,4	-6,5	-17,2	
Мельничное	-22,9	-18,3	-8,7	2,1	9,4	15,0	19,2	18,2	11,3	2,6	-9,2	-19,9	-0,1
Партизанск	-13,4	-10,3	-3,1	5,1	11,3	15,1	19,4	20,1	14,6	7,5	-2,2	-10,7	4,5
Посьет	-10,6	-8,0	-1,6	5,3	10,5	14,3	18,8	20,9	16,6	9,6	0,3	-7,8	5,7
Преображение	-8,7	-6,7	-1,4	4,2	8,4	11,8	16,6	19,2	15,6	9,2	1,1	-6,3	5,3
Рудная Пристань	-11,9	-9,0	-2,8	3,3	7,5	11,1	15,9	18,3	14,3	7,3	-1,8	-9,6	3,6
Чугуевка	-21,3	-17,3	-6,7	4,3	11,5	16,3	20,4	19,5	12,5	4,4	-7,2	-17,9	1,5
Псковская область													
Великие Луки	-8,6	-7,7	-3,2	4,9	11,5	15,7	17,1	15,8	10,7	5,1	-0,1	-5,2	4,7
Псков	-7,5	-7,5	-3,4	4,2	11,3	15,5	17,4	15,7	10,9	5,3	0,0	-4,5	4,8

Продолжение прил. Г

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	13
Ростовская область													
Миллерово	-8,1	-7,4	-2,0	8,4	15,8	19,6	22,0	21,0	14,9	7,2	0,9	-4,6	7,3
Ростов-на-Дону	-5,7	-4,8	0,6	9,4	16,2	20,2	23,0	22,1	16,3	9,2	2,5	-2,6	8,9
Таганрог	-5,2	-4,5	0,5	9,4	16,8	21,0	23,7	22,6	17,1	9,8	3,0	-2,1	9,3
Рязанская область													
Рязань	-11,0	-10,0	-4,7	5,2	12,9	17,3	18,5	17,2	11,6	4,4	-2,2	-7,0	4,3
Самарская область													
Самара	-13,5	-12,6	-5,8	5,8	14,3	18,6	20,4	19,0	12,8	4,2	-3,4	-9,6	4,2
Саратовская область													
Саратов	-11,0	-11,4	-4,8	6,6	15,0	19,4	21,4	19,9	14,0	5,4	-2,0	-8,3	5,3
Сахалинская область													
Александровск линский	-18,0	-15,4	-8,9	-0,2	5,5	10,8	15,3	16,4	12,2	4,6	-4,9	-13,3	,3
Долинск	-13,5	-12,4	-6,5	0,9	6,2	10,9	15,3	16,9	13,1	6,4	-1,9	-8,6	2,2
Кировское	-23,6	-19,7	-12,0	-1,7	5,6	11,7	15,6	15,5	10,4	2,1	-9,1	-19,3	-2,0
Корсаков	-10,7	-10,1	-5,3	1,2	5,6	10,0	14,5	16,9	13,7	7,4	-0,4	-6,8	3,0
Курильск	-5,2	-6,7	-4,0	1,5	5,9	9,2	13,5	15,3	13,1	8,8	3,2	-1,5	4,4
Макаров	-14,3	-12,3	-6,7	0,9	5,3	9,5	13,8	15,7	12,8	6,0	-3,0	-10,2	1,6
Невельск	-8,6	-8,0	-3,7	2,4	7,0	11,2	15,7	17,7	14,5	8,2	0,6	-5,2	4,3
Ноглики	-19,7	-17,0	-10,9	-2,4	3,0	8,5	13,2	14,2	10,5	2,9	-7,6	-16,3	-1,8
Оха	-19,7	-17,7	-12,5	-4,0	1,5	7,7	12,7	13,9	10,2	2,7	-6,3	-15,1	-2,2
Погиби	-20,7	-18,7	-12,6	-3,6	1,9	9,0	13,8	15,4	11,7	3,6	-7,3	-16,7	-2,0
Поронайск	-17,3	-14,4	-8,0	-0,3	4,4	8,9	13,6	15,7	12,2	5,1	-4,8	-13,5	0,1
Рыбновск	-22,3	-20,1	-14,3	-4,6	1,8	9,4	14,4	15,1	11,1	3,4	-6,9	-17,4	-2,5
Холмск	-9,7	-8,7	-4,2	2,3	6,9	11,4	15,7	17,7	14,2	7,8	0,0	-6,1	3,9
Южно-Курильск	-5,0	-6,0	-3,2	1,6	5,4	8,3	12,6	15,8	14,7	10,3	4,0	-1,3	4,8
Южно-Сахалинск	-13,7	-12,8	-6,6	1,3	6,7	11,2	15,6	16,9	12,9	6,0	-2,3	-9,1	2,2

Продолжение прил. Г

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	13
Свердловская область													
Верхотурье	-17,3	-15,1	-7,7	2,3	8,9	14,7	17,0	14,4	8,7	0,7	-7,9	-15,1	0,3
Екатеринбург	-15,5	-13,6	-6,9	2,7	10,0	15,1	17,2	14,9	9,2	1,2	-6,8	-13,1	1,2
Ивдель	-19,1	-16,7	-8,4	1,4	7,6	13,9	16,6	13,9	7,8	-0,6	-8,8	-16,3	-0,7
Республика Северная Осетия													
Владикавказ	-4,4	-3,0	1,4	9,0	14,2	17,6	19,9	19,3	14,8	8,7	3,1	-1,6	8,1
Смоленская область													
Вязьма	-9,8	-9,0	-4,3	4,3	11,3	15,4	16,6	15,4	10,2	4,1	-1,9	-6,4	3,8
Смоленск	-9,4	-8,4	-4,0	4,4	11,6	15,7	17,1	15,9	10,4	4,5	-1,0	-5,8	4,3
Ставропольский край													
Арзгир	-4,9	-3,6	1,6	10,3	17,4	22,0	25,0	23,7	17,8	10,1	4,0	-1,3	10,2
Ставрополь	-3,2	-2,3	1,3	9,3	15,3	19,3	21,9	21,2	16,1	9,6	4,1	-0,5	9,1
Тамбовская область													
Тамбов	-10,9	-10,3	-4,6	6,0	14,1	18,1	19,8	18,6	12,5	5,2	-1,4	-7,3	5,0
Республика Татарстан													
Бугульма	-14,3	-13,7	-8,0	2,4	11,4	16,3	18,1	16,4	10,2	2,1	-5,8	-11,6	2,0
Елабуга	-13,9	-13,2	-6,6	3,8	12,4	17,4	19,5	17,5	11,2	3,2	-4,4	-11,1	3,0
Казань	-13,5	-13,1	-6,5	3,7	12,4	17,0	19,1	17,5	11,2	3,4	-3,8	-10,4	3,1
Тверская область													
Бежецк	-10,7	-10,2	-5,2	3,2	10,8	15,2	17,1	15,4	9,8	3,6	-2,3	-7,7	3,2
Тверь	-10,5	-9,4	-4,6	4,1	11,2	15,7	17,3	15,8	10,2	4,0	-1,8	-6,6	3,8
Ржев	-10,0	-8,9	-4,2	4,1	11,2	15,6	17,1	15,8	10,3	4,1	-1,4	-6,3	4,0
Томская область													
Александровское	-21,5	-19,6	-12,1	-1,7	5,5	13,7	17,5	13,7	8,0	-1,4	-12,7	-19,6	-2,5
Колпашево	-20,7	-18,7	-10,8	-0,7	7,3	15,2	18,0	14,4	8,7	0,1	-11,4	-19,4	-1,5
Средний Васюган	-20,4	-18,2	-10,2	-0,4	7,2	14,7	17,7	14,0	8,6	-0,3	-11,3	-18,9	-1,5

Продолжение прил. Г

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	13
Томск	-19,1	-16,9	-9,9	0,0	8,7	15,4	18,3	15,1	9,3	0,8	-10,1	-17,3	-0,5
Усть-Озерное	-21,5	-19,3	-11,0	-0,9	6,7	15,0	18,1	14,1	7,9	-0,9	-12,9	-20,1	-2,1
Республика Тыва													
Кызыл	-32,1	-28,0	-15,2	2,2	11,4	17,9	19,8	17,0	10,0	0,0	-15,6	-28,4	-3,4
Тульская область													
Тула	-19,9	-9,5	-4,1	5,0	12,9	16,7	18,6	17,2	11,6	5,0	-1,1	-6,7	4,7
Тюменская область													
Березово – Ханты-Мансийский АО	-22,3	-19,8	-13,4	-4,3	2,9	11,2	15,9	13,0	6,8	-2,8	-13,3	-19,7	-3,8
Демьянское – Ханты-Мансийский АО	-19,2	-16,9	-9,4	0,7	7,7	14,7	17,6	14,5	8,9	0,2	-9,8	-17,0	-0,7
Кондинское	-19,8	-18,4	-10,1	0,1	8,4	14,9	18,7	14,7	8,9	-0,6	-10,2	-16,3	-0,8
Леуши	-18,1	-16,2	-8,5	1,6	8,4	14,9	17,8	14,9	8,9	0,3	-8,8	-15,9	-0,1
Марресаля	-21,8	-21,4	-20,3	-13,0	-5,5	1,2	6,6	6,7	3,2	-4,0	-13,1	-18,4	-8,3
Надым	-24,5	-24,0	-16,8	-8,8	-1,0	8,8	15,5	11,4	5,6	-5,4	-16,1	-21,9	-6,4
Октябрьское	-22,8	-20,1	-10,2	-2,2	4,7	12,0	16,9	12,6	7,2	-2,9	-11,7	-18,1	-2,9
Салехард	-24,5	-23,4	-18,6	-10,2	-1,9	7,3	13,3	10,9	4,9	-4,6	-15,6	-21,5	-7,0
Сосьва	-22,7	-20,4	-12,0	-1,8	5,2	12,3	16,1	12,8	6,6	-2,5	-12,8	-20,2	-3,3
Сургут – Ханты-Мансийский АО	-22,0	-19,6	-13,3	-3,5	4,1	13,0	16,9	14,0	7,8	-1,4	-13,2	-20,3	-3,4
Тарко-Сале – Ямало-Ненецкий АО	-25,1	-24,4	-18,0	-8,1	-0,7	9,8	15,8	12,0	6,0	-5,0	-16,8	-23,1	-6,5
Тобольск	-19,7	-17,5	-9,1	1,6	9,6	15,2	18,3	14,6	9,3	0,0	-8,4	-15,6	-0,1
Тюмень	-17,4	-16,1	-7,7	3,2	11,0	15,7	18,2	14,8	9,7	1,0	-7,9	-13,7	0,9
Угут	-21,0	-19,4	-10,9	-1,1	6,0	13,4	17,4	13,6	7,9	-1,4	-12,6	-18,8	-2,2
Уренгой – Ямало-Ненецкий АО	-26,4	-26,4	-19,2	-10,3	-2,6	8,4	15,4	11,3	5,2	-6,3	-18,2	-24,0	-7,8

Продолжение прил. Г

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	13
Ханты-Мансийск Ханты-Мансийский АО	-21,7	-19,4	-9,8	-1,3	6,4	13,1	17,8	13,3	8,0	-1,9	-10,7	-17,1	-1,9
Удмуртская Республика													
Глазов	-14,9	-14,0	-8,0	2,0	9,9	15,8	17,8	15,4	9,1	1,8	-6,2	-12,6	1,3
Ижевск	-14,6	-13,3	-6,7	3,3	11,3	16,4	18,5	16,4	10,1	2,1	-5,1	-11,6	2,3
Сарапул	-14,3	-13,5	-7,3	3,0	11,5	17,1	18,9	16,8	10,4	2,7	-5,5	-12,2	2,3
Ульяновская область													
Сурское	-13,2	-12,5	-6,1	4,8	13,0	17,1	18,7	17,2	11,3	3,6	-3,1	-8,9	3,5
Ульяновск	-13,8	-13,2	-6,8	4,1	12,6	17,6	19,6	17,6	11,4	3,8	-4,1	-10,4	3,2
Хабаровский край													
Аян	-19,7	-17,6	-11,6	-3,8	0,8	5,6	11,4	13,2	9,6	0,4	-11,0	-17,4	-3,3
Байдуков	-21,7	-20,2	-14,5	-5,2	0,9	9,1	14,5	15,5	12,0	3,4	-7,1	-16,6	-2,5
Бикин	-22,4	-17,4	-8,1	4,1	11,7	17,4	21,0	19,9	13,3	4,5	-7,6	-18,3	1,5
Бира	-22,0	-16,6	-8,2	2,7	10,2	16,5	20,1	18,5	12,0	2,6	-10,1	-19,5	0,5
Биробиджан	-22,6	-17,5	-9,0	3,0	10,7	16,7	20,3	19,0	12,4	3,0	-9,8	-19,6	0,6
Вяземский	-22,3	-17,8	-9,0	3,4	11,3	17,1	20,6	19,6	13,0	3,9	-8,2	-18,1	1,1
Гвасюги	-24,9	-20,1	-10,6	1,3	9,1	15,6	19,6	18,4	11,4	1,5	-10,8	-20,8	-0,9
Гроссевичи	-14,8	-11,9	-6,0	0,4	4,3	8,4	13,0	15,9	13,1	5,9	-4,0	-11,8	1,0
Де-Кастри	-19,4	-15,8	-9,3	-1,5	3,2	8,5	13,2	15,3	12,0	3,2	-8,1	-16,2	-1,2
Джаорэ	-20,2	-17,2	-11,4	-2,9	1,9	9,7	15,1	16,2	12,0	3,2	-7,7	-16,5	-1,5
Екатерино-Никольское	-21,2	-16,3	-7,7	3,5	11,0	17,1	21,0	19,6	13,1	3,9	-8,3	-18,3	1,4
Комсомольск-на-Амуре	-25,6	-20,3	-10,1	1,3	8,7	15,6	19,9	18,7	12,6	3,0	-10,7	-22,0	-0,7
Нижнетамбовское	-26,4	-21,1	-11,0	0,3	8,2	15,1	19,3	18,2	12,1	2,6	-10,8	-21,8	-1,3
Николаевск-на-Амуре	-23,9	-20,2	-12,7	-2,9	3,7	11,5	16,5	16,2	11,1	2,0	-9,9	-19,8	-2,4
Облучье	-26,5	-21,1	-11,4	1,4	9,6	16,2	19,8	17,9	11,0	1,1	-12,6	-23,6	-1,5
Охотск	-23,0	-20,0	-14,3	-5,8	1,1	6,2	11,8	13,0	8,4	-2,3	-14,1	-20,5	-5,0
Им.Полины Осипенко	-29,3	-22,8	-12,7	-0,8	6,9	13,3	17,8	16,6	10,7	0,7	-13,8	-25,6	-3,2

Продолжение прил. Г

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	13
Сизиман	-18,2	-15,3	-9,3	-1,2	2,9	7,5	12,6	14,7	11,4	3,2	-7,5	-14,9	-1,2
Советская Гавань	-18,0	-14,7	-8,0	0,2	5,1	9,9	14,3	16,4	12,6	4,8	-5,4	-13,8	0,3
Софийский прииск	-33,3	-26,4	-17,1	-5,2	3,8	11,0	15,1	12,8	6,2	-5,1	-20,6	-30,7	-7,5
Средний Ургал	-31,1	-23,0	-12,1	0,2	8,1	14,8	18,8	16,5	9,5	-0,8	-16,6	-28,6	-3,7
Троицкое	-23,3	-18,2	-9,4	2,1	10,3	16,7	20,5	19,2	13,1	3,9	-8,7	-19,2	0,6
Хабаровск	-22,3	-17,2	-8,5	3,1	11,1	17,4	21,1	20,0	13,9	4,7	-8,1	-18,5	1,4
Чумикан	-23,7	-18,9	-11,6	-2,7	1,9	6,6	12,0	13,5	10,0	0,7	-12,9	-21,3	-3,9
Энкэн	-20,2	-17,3	-11,3	-4,0	1,4	6,1	11,5	13,3	8,9	-0,5	-11,4	-17,5	-3,4
Республика Хакассия													
Абакан	-25,5	-18,5	-8,5	2,9	10,5	17,3	19,5	16,4	9,9	1,6	-9,5	-17,9	0,3
Шира	-18,5	-17,2	-8,9	1,3	8,9	15,6	17,7	14,9	8,8	1,2	-9,1	-16,4	-0,1
Челябинская область													
Челябинск	-15,8	-14,3	-7,4	3,9	11,9	16,8	18,4	16,2	10,7	2,4	-6,2	-12,9	2,0
Чеченская Республика													
Грозный	-3,8	-2,0	2,8	10,3	16,9	21,2	23,9	23,2	17,8	10,4	4,5	-0,7	10,4
Читинская область													
Агинское	-23,3	-20,4	-11,5	0,4	8,8	15,6	18,4	15,5	8,4	-0,6	-13,0	-21,3	-1,9
Акша	-22,6	-19,1	-9,4	1,0	9,0	15,4	18,1	15,5	8,4	-0,1	-12,1	-20,3	-1,4
Александровский Завод	-26,8	-23,5	-13,9	-1,4	7,4	14,1	16,7	14,1	7,0	-2,4	-15,5	-24,6	-4,1
Борзя	-26,9	-23,5	-12,1	0,4	9,2	16,3	18,7	16,3	8,9	-0,8	-13,9	-23,8	-2,6
Дарасун	-22,0	-19,6	-10,4	-0,4	8,0	14,4	16,9	14,2	7,0	-1,4	-12,6	-19,9	-2,2
Калакан	-35,5	-28,7	-17,1	-3,7	6,0	13,6	16,6	13,3	5,8	-6,0	-22,6	-33,6	-7,7
Красный Чикой	-26,2	-22,4	-11,4	0,6	8,3	14,7	17,1	14,3	7,4	-1,2	-13,1	-22,8	-2,9
Могоча	-29,6	-24,5	-14,5	-2,4	6,6	13,8	16,8	13,7	6,7	-3,8	-18,9	-28,5	-5,4
Нерчинск	-30,8	-26,3	-13,6	0,8	9,8	17,0	19,7	16,6	9,0	-1,0	-16,7	-28,2	-3,6
Нерчинский Завод	-28,6	-23,5	-12,9	0,0	8,9	15,5	18,8	15,9	8,9	-0,9	-15,2	-25,8	-3,2
Средний Калар	-36,3	-30,7	-19,1	-5,7	4,5	12,1	15,1	12,1	4,5	-7,5	-23,5	-34,4	-9,1

Продолжение прил. Г

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	13
Тунгокочен	-31,0	-26,5	-16,0	-3,0	6,0	13,1	15,8	12,8	5,5	-4,5	-19,2	-29,3	-6,4
Тулик	-32,7	-27,8	-16,8	-3,6	6,0	13,4	16,3	13,1	5,9	-5,1	-20,5	-30,8	-6,9
Чара	-33,8	-29,7	-18,3	-4,9	4,4	12,7	16,2	13,0	5,2	-6,4	-22,0	-31,9	-8,0
Чита	-26,2	-22,2	-11,1	-0,4	8,4	15,7	17,8	15,2	7,7	-1,8	-14,3	-23,5	-2,9
Чувашская Республика (Чаваш республики)													
Порецкое	-12,4	-11,7	-5,8	4,4	12,9	17,2	19,0	17,2	11,2	3,6	-3,3	-9,4	3,6
Чебоксары	-13,0	-12,4	-6,0	3,6	12,0	16,5	18,6	16,9	10,8	3,3	-3,7	-10,0	3,0
Чукотский АО (Магаданская область)													
Анадьрь	-19,7	-22,3	-20,6	-12,9	-3,0	5,4	10,6	9,5	3,9	-5,9	-14,6	-21,0	-7,6
Марково	-25,8	-25,4	-23,0	-14,3	-1,5	10,5	13,7	10,5	3,5	-8,9	-19,5	-25,6	-8,8
Островное	-33,6	-33,1	-26,4	-14,1	0,5	11,7	12,8	9,3	2,3	-11,7	-27,3	-34,8	-12,2
Усть-Олой	-35,6	-34,1	-26,5	-13,7	1,7	11,8	12,8	9,3	2,3	-11,7	-27,3	-34,8	-12,2
Эньмувеем	-23,9	-26,5	-24,1	-16,0	-2,0	9,8	12,5	9,2	2,2	-10,3	-20,5	-26,2	-9,6
Республика Саха (Якутия)													
Алдан	-27,5	-25,2	-16,4	-5,6	3,9	13,0	16,7	13,4	5,2	-6,3	-19,7	-26,5	-6,3
Аллах-Юнь	-44,1	-39,2	-26,6	-11,4	2,3	10,9	14,7	11,4	3,5	-12,2	-32,2	-42,7	-13,8
Амга	-42,9	-38,0	-24,0	-7,5	6,1	14,5	17,7	14,1	5,3	-8,9	-29,6	-40,6	-11,2
Багамай	-41,8	-37,4	-23,8	-8,8	4,2	13,7	17,1	13,6	5,0	-9,6	-30,6	-40,1	-11,5
Бердигястях	-40,5	-35,7	-22,9	-8,3	4,7	13,5	16,3	12,6	3,9	-8,7	-28,2	-38,9	-11,0
Буяга	-37,6	-33,6	-21,6	-6,9	5,1	13,2	16,5	13,0	4,7	-7,5	-26,0	-36,4	-9,8
Верхоянск	-48,2	-43,6	-30,2	-13,3	2,1	12,8	15,2	10,9	2,5	-14,5	-36,4	-45,1	-15,6
Вилуйск	-37,8	-32,1	-20,2	-7,5	4,3	14,4	17,9	14,1	5,5	-7,7	-26,3	-35,9	-9,3
Витим	-29,2	-26,9	-16,1	-3,9	5,7	14,3	17,8	14,2	6,4	-3,4	-18,6	-27,6	-5,6
Воронцово	-37,9	-36,2	-28,8	-16,8	-2,6	9,3	11,9	8,7	1,5	-13,2	-29,7	-35,9	-14,2

Продолжение прил. Г

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	13
Джалинда	-39,4	-35,9	-27,2	-14,8	-3,0	8,8	13,7	9,3	1,6	-12,7	-31,0	-35,4	-13,9
Джарджан	-38,6	-34,7	-23,7	-12,4	-0,8	10,7	14,7	11,1	3,1	-11,0	-29,6	-36,1	-12,3
Джикимда	-34,7	-31,4	-19,1	-4,4	6,1	13,9	17,5	13,7	5,6	-5,4	-22,9	-33,1	-7,9
Дружина	-39,4	-37,0	-28,0	-14,5	0,4	11,5	13,7	10,5	2,9	-12,4	-29,6	-37,0	-13,2
Екючю	-45,9	-41,8	-29,2	-13,1	2,2	12,5	14,6	10,5	2,1	-13,9	-35,5	-43,2	-15,1
Жиганск	-39,3	-35,2	-23,6	-10,9	1,1	12,0	15,9	12,0	3,5	-10,1	-29,5	-37,1	-11,8
Зырянка	-36,8	-33,9	-25,9	-12,4	2,7	13,1	15,1	11,8	3,8	-11,1	-28,1	-35,4	-11,4
Исить	-35,8	-31,9	-20,6	-5,9	5,8	14,3	17,9	14,6	6,5	-5,3	-23,8	-33,5	-8,1
Иэма	-45,5	-42,3	-31,8	-16,6	-1,0	8,9	12,7	10,3	2,0	-14,8	-35,4	-42,7	-16,4
Крест-Хальджай	-45,1	-39,0	-23,3	-7,1	6,2	14,9	18,2	14,7	5,8	-9,0	-30,9	-42,5	-11,4
Кюсюр	-38,0	-34,9	-26,3	-15,7	-3,5	7,9	12,4	9,4	2,0	-11,2	-29,0	-35,0	-13,5
Ленск	-29,8	-27,6	-16,5	-4,2	5,5	14,2	17,6	13,8	5,9	-4,5	-20,4	-28,9	-6,2
Нагорный	-29,6	-26,4	-18,0	-7,0	3,2	11,5	14,9	11,8	4,3	-7,7	-22,1	-29,0	-7,8
Нера	-46,3	-41,6	-29,1	-11,3	3,8	13,2	15,7	12,1	3,4	-14,7	-35,9	-44,4	-14,6
Нюрба	-36,0	-31,9	-20,6	-7,2	5,0	14,2	17,3	13,5	5,2	-7,3	-26,0	-34,2	-9,0
Нюя	-30,0	-26,8	-15,9	-3,5	6,3	14,9	18,1	14,5	6,8	-3,5	-20,1	-28,6	-5,7
Оймякон	-47,5	-43,3	-32,8	-15,2	1,2	11,1	13,6	10,3	1,6	-16,3	-37,3	-45,6	-16,7
Олекминск	-32,2	-28,8	-16,8	-4,2	6,2	14,6	18,0	14,5	5,9	-5,0	-21,6	-30,8	-6,7
Оленек	-41,3	-37,4	-26,5	-13,1	-1,1	10,2	14,6	10,0	2,4	-12,1	-31,8	-36,9	-13,6
Охотский Перевоз	-44,2	-39,4	-24,7	-7,8	5,7	14,2	17,4	14,0	5,5	-8,7	-30,3	-41,1	-11,6
Сангар	-39,1	-34,5	-21,6	-8,5	4,1	14,3	18,1	14,5	6,0	-8,7	-28,5	-37,3	-10,1
Саскылах	-35,1	-33,3	-28,8	-18,7	-7,3	5,5	11,9	8,3	1,1	-12,6	-27,7	-31,4	-14,0
Среднеколымск	-37,3	-34,7	-26,9	-14,6	-0,3	11,1	13,5	9,9	2,8	-11,3	-27,5	-35,1	-12,5
Сунтар	-33,7	-30,1	-19,3	-6,0	5,6	14,6	17,7	13,9	5,6	-6,1	-24,1	-32,2	-7,8
Сухана	-42,5	-38,3	-26,5	-13,0	-0,5	11,1	14,7	10,3	2,4	-11,6	-32,2	-38,8	-13,7
Сюльдюкар	-37,6	-33,8	-21,2	-8,5	3,6	13,2	16,4	12,6	4,5	-7,4	-26,9	-35,1	-10,0
Сюрен-Кюель	-34,6	-32,4	-23,6	-12,7	-0,2	9,3	12,7	9,9	1,7	-12,1	-27,4	-33,1	-11,9

Окончание прил. Г

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	13
Токо	-39,8	-34,5	-22,9	-8,9	3,1	10,8	14,4	11,5	3,6	-9,3	-27,0	-37,8	-11,4
Томмот	-35,5	-31,6	-20,0	-5,8	5,4	13,7	17,2	13,5	5,5	-6,7	-24,4	-33,9	-8,6
Томпо	-44,3	-39,2	-27,3	-11,8	3,2	12,3	15,3	11,7	3,1	-13,3	-34,3	-42,2	-13,9
Туой-Хая	-33,2	-29,3	-18,8	-6,4	4,3	13,3	16,5	13,0	5,4	-6,3	-23,6	-31,2	-8,0
Тяня	-33,1	-29,9	-18,2	-4,5	5,7	13,6	17,0	13,2	5,1	-5,9	-22,6	-32,2	-7,7
Усть-Мая	-42,2	-36,0	-21,5	-6,0	6,0	14,4	18,0	14,5	6,3	-7,1	-27,2	-39,5	-10,0
Усть-Миль	-39,6	-34,2	-21,0	-5,2	6,1	13,9	17,2	13,9	5,5	-7,3	-27,0	-37,7	-9,6
Усть-Мома	-44,9	-41,0	-29,0	-13,2	3,1	12,9	14,8	11,1	2,5	-15,0	-34,9	-43,0	-14,7
Чульман	-36,7	-31,9	-20,0	-7,0	4,0	12,3	15,8	12,6	4,5	-7,6	-24,7	-34,9	-9,5
Чурапча	-44,0	-38,4	-24,0	-7,8	5,8	14,7	18,1	14,3	5,2	-9,4	-30,8	-41,8	-11,5
Шелагонцы	-41,9	-37,6	-25,6	-12,5	0,5	11,4	14,5	10,2	2,4	-10,8	-31,0	-38,9	-13,3
Эйик	-37,7	-34,2	-23,8	-11,8	0,0	10,9	15,1	10,9	2,8	-10,5	-28,4	-35,5	-11,9
Якутск	-42,6	-35,9	-22,2	-7,2	5,8	15,4	18,7	14,9	6,2	-8,0	-28,3	-39,5	-10,2
Ненецкий АО (Архангельская область)													
Варандей	-17,8	-19,2	-16,6	-9,5	-3,4	2,8	8,9	8,8	4,9	-2,2	-9,5	-13,9	-5,6
Индига	-13,9	-14,9	-12,4	-6,3	-0,7	5,4	9,9	10,0	6,2	0,1	-5,5	-10,7	-2,7
Канин Нос	-8,2	-9,6	-8,7	-4,8	-0,8	4,2	8,4	8,6	5,8	1,6	-1,9	-5,6	-0,9
Коткино	-17,3	-17,8	-12,6	-5,4	0,9	8,4	12,9	10,9	5,6	-1,8	-9,0	-13,5	-3,2
Нарьян-Мар	-16,9	-17,3	-14,3	-6,7	-0,3	7,4	12,7	11,0	5,6	-1,6	-8,4	-13,7	-3,5
Ходовариха	-15,5	-16,9	-14,6	-8,6	-2,9	-2,5	8,3	8,4	5,1	-1,0	-6,9	-11,7	-4,5
Хоседа-Хард	-19,6	-19,5	-15,8	-7,6	-1,1	7,4	12,6	10,1	4,8	-3,5	-11,2	-16,7	-5,0
Ярославская область													
Ярославль	-11,9	-10,7	-5,1	3,7	10,9	15,7	17,6	16,0	10,0	3,4	-2,7	-8,1	3,2

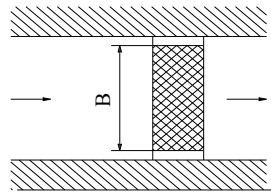
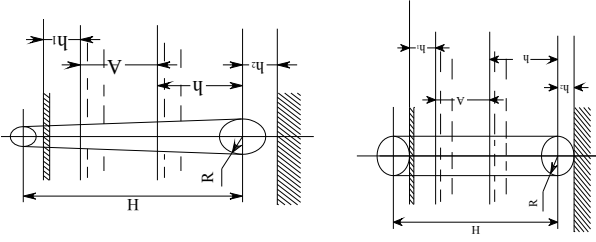
Приложение Д

Размеры и вес съёмных плоских сеток

Размеры перекрываемого отверстия, мм		Наружные размеры сетки, мм		Общий вес сетки, кг, из проволоки		
ширина <i>H</i>	высота <i>B</i>	<i>L</i>	<i>H</i> ₁	<i>c</i> _{ст} = 1,2 мм	<i>c</i> _{ст} = 1 мм с	<i>c</i> _{ст} = 1 мм с
				с ячейками в свету размером 2×2 мм номер сетки <i>N</i> =2	ячейками в свету размером 3,5×3,5 мм номер сетки <i>N</i> =3,5	ячейками в свету размером 4,5×4,5 мм номер сетки <i>N</i> =4,5
800	800	930	930	47	43,6	42,2
	1000	930	1130	53,5	49,5	48,7
	1250	930	1380	61	56,3	55,3
	1500	930	1630	68,7	63	62
1000	800	1130	930	53,5	49,5	48,7
	1000	1130	1130	60	55	54,2
	1250	1130	1380	68	62,4	61,3
	1500	1130	1630	98,8	92	90,7
	2000	1130	2130	107,3	98,6	97
	2500	1130	2630	119,5	108,8	106,8
1250	1000	1380	1130	67,8	62	61
1500	800	1630	930	69,2	63,6	62,4
	1000	1630	1130	85,3	63,5	77,2
	1250	1630	1380	97,2	78,6	87,5
	1500	1630	1630	108,5	89	97,1
	2000	1630	2130	127,5	98,9	113
	2500	1630	2630	170,3	115,4	152,5
1750	1000	1880	1130	93,8	85,4	84,5
	1500	1880	1630	118	86	105,2
	2000	1880	2130	159	107,3	142,5
	2500	1880	2630	185	145,2	165
2000	800	2130	930	91,7	85,3	82,9
	1000	2130	1130	101,8	84,3	91,4
	1250	2130	1380	114,7	93	102,3
	1500	2130	1630	127,5	104,3	153,6
	2000	2130	2130	172,3	156,6	162

Приложение Е

Типы и основные размеры вращающихся сеток

№ п/п	Тип	Схема подвода к сеткам	Схемы сеток	Наименование организации, разработавшей проект	Ширина сетки В, м	Расстояние между центрами звездочек	Радиус нижнего закругления сетки R, м	Полезная высота сетки (h+h ₁), м	Расстояние от дна камеры до центра нижней звездочки	Пропускная способность сетки Q, м ³ /с	Область применения
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	I	 <p>Лобовой</p>		Гидро-слеп-пром-строй	1,84	9,76	0,61	7,45	1,00	0,15...1,30	При относительно не-больших расходах воды на одну сетку 0,15-2,2 м ³ /с, числе сеток не более 2 и амплитуде колебаний уральной воды в водо-источнике до 10 м ис-пользуют при заборе воды из пугоносных рек и относительно чистых водоемов
2					2,21	9,15	0,61	6,83	1,00	0,20...1,70	
3					2,24	15,86	0,61	13,86	1,10	0,20...2,20	
4					2,22	18,30	0,99	15,80	1,50	0,20...2,20	
5					2,22	22,0	0,99	19,50	1,50	0,20...2,20	

Окончание прил.Е

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
6	II	<p style="text-align: center;">Внутренний</p>		Гидро-монтаж	2,00	6,00	0,73	3,90	1,20	0,50...2,20	При расходах воды на одну сетку 0,50-6,0 м ³ /с и амплитуде колебаний уровней воды в водоисточнике до 8, когда требуется высокое качество процеживания воды при отсутствии шуги в воде источника
7					2,00	7,00	0,73	4,90	1,20	0,50...2,60	
8					2,00	10,75	0,73	8,55	1,30	0,50...4,30	
9					3,00	11,50	0,73	9,30	1,20	0,70...6,00	
10	III	<p style="text-align: center;">Внешний</p>		Тепло-электро-проект	2,24	6,10	0,61	8,00	1,00	0,50...1,70	При расходах воды на одну сетку 0,5-3 м ³ /с и амплитуде колебаний уровней воды в водоисточнике до 3,0 м для водозаборов при незначительном или среднем количестве шуги; сетки приспособлены для установки непосредственно в водоисточнике в районах с теплым климатом
11					2,24	7,93	0,61	4,83	1,00	0,50...3,00	

Примечания:

1. Скорость движения полотна для всех приведенных сеток 65...75 мм/с.
2. Приведенные пропускные способности сеток являются ориентировочными; при этом минимальная пропускная способность – при минимальном погружении сетки под расчетный уровень $h=1,5...2,0$ м и скорости движения воды через сетку $V_{вт}=0,4$ м/с, соответственно максимальная – при $h=$ до 7,0 м и $V_{вт}=0,6$ м/с. Коэффициент стеснения проволокой в пределах $K_1=0,39...0,64$.

Приложение Ж

Чугунные и железобетонные кольцевые грузы

Диаметр трубопровода, мм	Чугунные грузы диаметром, мм		Железобетонные грузы весом, кН
	наружным	внутренним	
108	282	180	-
159	360	230	-
219	426	290	-
273	498	350	4,4
325	554	400	4,4
377	602	460	5,6
426	660	510	5,6
478	732	560	6,6
529	810	620	6,6
630	936	720	8,6
720	1050	810	8,6
820	1130	910	9,6
1020	1352	1110	11,6
1220	1500	1340	13,6
1420	1700	1540	15,6

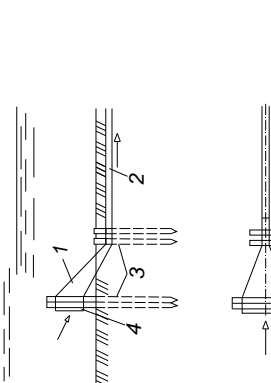
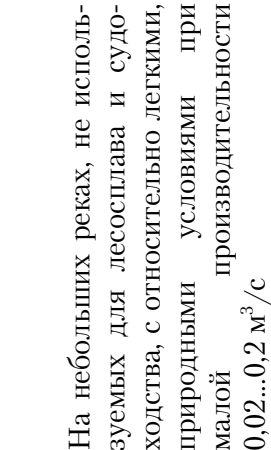
Приложение 3

Значения коэффициентов местных сопротивлений

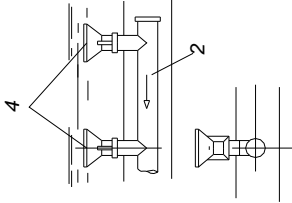
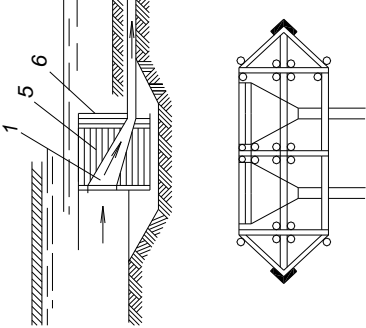
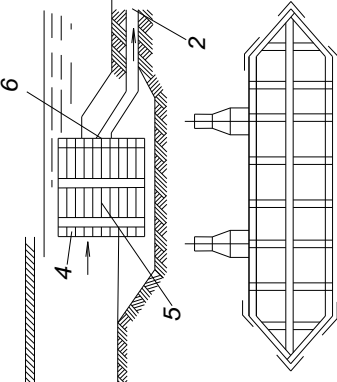
Наименование местного сопротивления	Коэффициент ξ
Вход в трубу	0,5
Вход в трубу с обратным клапаном	10
Вход в трубу с нескругленными кромками, вдвинутую в резервуар	0,75...1,0
Вход в трубу с сеткой	6
Выход из трубы в резервуар	1,0
Переход суживающий	0,25
Переход расширяющий	0,46...0,9
Тройник в прямом направлении	0,1
Тройник на повороте	1,5
Тройник в направлении ответвления	2,0
Колено стандартное сварное, $\alpha=90^\circ$	0,1
Колено $\alpha=90^\circ$	0,2
Обратный клапан	1,7
Дроссельный клапан, полностью открытый	0,24
Плавный поворот трубы на $\alpha=90^\circ$	1,1
Резкий поворот трубы на $\alpha=90^\circ$	1,19
Задвижка полностью открытая концевая	0
Задвижка Лудло концевая полностью открытая	0,11
Задвижка $n=1$	0,15
Поворот трубы на 90° с закруглением	0,15
Колено фланцевое стандартное, $\alpha=90^\circ$	0,15
Диафрагма, $n=0,64$	1
Сужение при повороте потока	0,6
Соросодерживающая решетка	$\xi = h \cdot \frac{2 \cdot g}{V^2},$ <p>где $h=0,05$ – потери напора в решетке (по эксплуатационным данным), м; V – скорость течения воды в самотечном водоводе, м/с</p>
Плоская водоочистная сетка, номер 2	0,86
Плоская водоочистная сетка, номер 3,5	0,66
Плоская водоочистная сетка, номер 4,5	0,51
Щелевые вихревые камеры	2,5...4,2 (последнее значение только в случае сопряжения камеры с самотечной трубой с помощью вихревого патрубка)
Вентиль обыкновенный	2,5...6
Вихревая камера	4,2

Приложение И

Область применения и конструкции оголовков водозаборных сооружений

№ п/п	Тип оголовка	Область применения	Конструкция	Достоинства и недостатки
1	2 Раструбный оголовок на сваях	3 На небольших реках, не используемых для лесосплава и судоходства, с относительно легкими, природными условиями при малой производительности 0,02...0,2 м ³ /с	4 	5 Простой, компактный, экономичный. Вносит возмущения в поток, труднодоступный, боится ударов, требует установки рыбозаградителей
2	Трубчатый оголовок	То же, но при производительности до 0,5 м ³ /с		Простые, сборные, недорогие, быстроменяемые. Вносят значительные возмущения в поток, труднодоступные, требуют устройства рыбозаградителей

Продолжение прил. И

1	2	3	4	5
3	Тарельчатый незащищенный оголовок	То же, но при производительности до 0,5 м ³ /с		То же
4	Деревянный ряжевый оголовок с боковым приемом воды	На реках с небольшими глубинами и средними природными условиями при производительности до 1 м ³ /с		Простые, недорогостоящие. Трудоемкие в изготовлении, неиндустриальные, труднодоступные для осмотра и замены сороудерживающих решеток, требуют устройства рыбозаградителей
5	Деревянный фильтрующий ряжевый оголовок	То же, но при тяжелых шуголедовых условиях		Простые, недорогостоящие, не требуют устройства рыбозаградителей. Трудоемки в изготовлении, неиндустриальные, труднодоступные, подвержены засорению и заилению

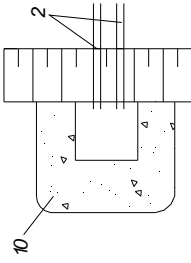
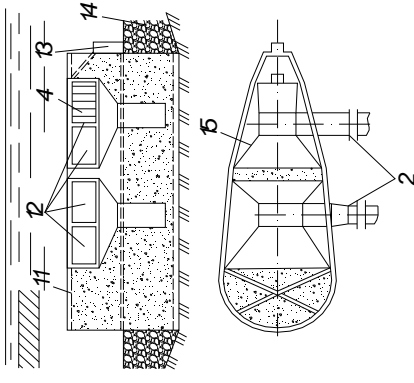
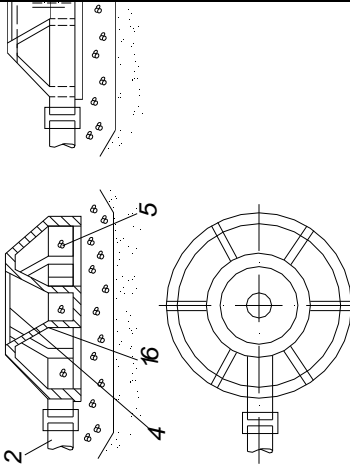
Продолжение прил. И

1	2	3	4	5
6	Железобетонный трубный защищенный оголовок с боковым приемом воды	На небольших лесосплавных реках с легким и средним природными условиями при производительности водозаборов до 1 м ³ /с		Надежно защищают концы самотечных или сифонных водоводов, позволяют забирать воду с наибольшими входными скоростями, могут выполняться индустриальным способом. Громоздкие и тяжелые в монтаже, требуют установки рыбозаградителей, труднодоступные
7	Железобетонный двух-секционный защищенный оголовок	На лесосплавных реках с тяжелыми шуголедовыми условиями при средней производительности (от 1 до 3 м ³ /с) водозабора		Хорошо обтекаемая форма, малые входные скорости, что дает возможность забирать воду из сильнопугонных рек, хорошо промывается. Сложный в монтаже, дорогостоящий, труднодоступный, требует установки рыбозаградителей
8	Оголовок с трубчатой вихревой камерой	На реках со средними и тяжелыми природными условиями для малой и средней производительности водозаборов 0,7...1,0 м ³ /с		Обеспечивает небольшие, одинаковые по всей длине входного отверстия скорости входа воды в оголовки, может работать при наличии шуги, хорошо промывается. Сложный в исполнении, недоступный для осмотра, требует устройства рыбозаградителей

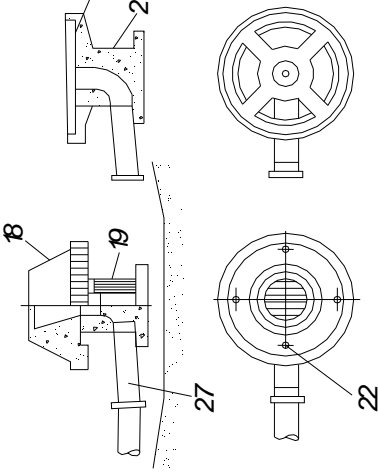
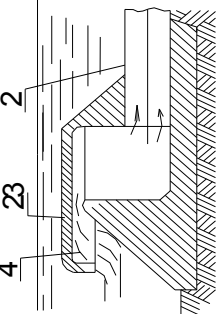
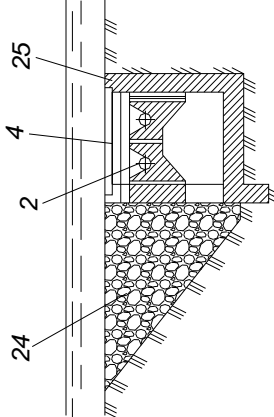
Продолжение прил. И

1	2	3	4	5
9	Сборный железобетонный оголовок каплевидной формы	На судходных и лесосплавных реках при больших скоростях течения при средней и большой производительности водозабора с легкими и средними природными условиями		Хорошо обтекаемый, устойчивый, изготавливается в заводских условиях. Чрезвычайно сложный в изготовлении и монтаже, недоступный для осмотра, требует устройства рыбозаградителей
10	Эллиптический монолитный железобетонный оголовок	То же, но при малой производительности водозабора		Хорошо обтекаемый, устойчивый, индустриальный. Сложный в изготовлении, недоступный для осмотра, требует установки рыбозаградителей
11	Сборный фильтрующий оголовок	При малых глубинах потока, большом количестве донных и взвешенных наносов в средних и тяжелых шуголедовых условиях при средней и большой производительности		Надежный в работе при тяжелых шуголедовых условиях, не требует устройства рыбозащиты, может изготавливаться в заводских условиях. Сложный в монтаже, требует достаточно больших напоров для промывки

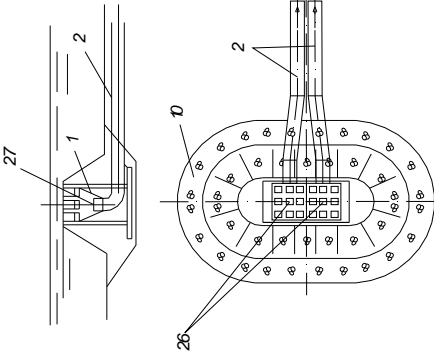
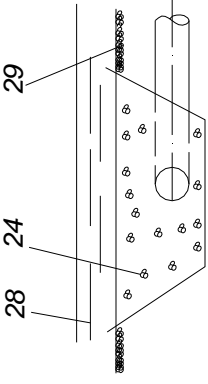
Продолжение прил. И

1	2	3	4	5
12	Ряжевый оголовок инфильтрационного типа	На реках с чрезвычайно тяжелыми шуголедовыми условиями, малыми глубинами и прерывающимися поверхностным стоком при небольшой производительности водозабора		Надежные в чрезвычайных условиях. Сложные в устройстве и эксплуатации
13	Бетонный оголовок в металлическом кожухе	На реках со средними и тяжелыми природными условиями при наличии в потоке топляка при производительности водозабора 1,5 м ³ /с		Устойчивый против ударов, хорошо обтекаемый потоком; не подвержен обледенению, соросодерживающие решетки с электрообогревом. Сложный в изготовлении (бетонирование под водой), труднодоступный для осмотра и замены решеток, требует установки рыбозаградителей
14	Круглый монолитный железобетонный оголовок	На реках с легкими и средними природными условиями при неустойчивом направлении течения воды с малой и средней производительностью водозаборов		Хорошо обтекаемый, устойчивый. Сложный в изготовлении, недоступный для осмотра, требует устройства рыбозаградителей

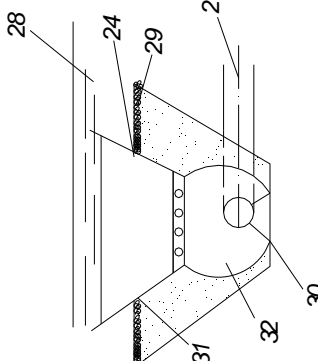
Продолжение прил. И

1	2	3	4	5
15	Сборный железобетонный оголовок	На реках судоходных и лесоплавных с легкими и средними природными условиями при средней производительности водозаборов		Хорошо обтекаемый, устойчивый, индустриальный. Сложный в изготовлении и монтаже, недоступный для осмотра, требует устройства рыбозаградителей
16	Сифонный железобетонный оголовок	На реках с легкими или средними природными условиями и большой производительностью водозабора		Обеспечивает очень малые входные скорости, хорошо промывается, устойчивый. Сложный в монтаже, недоступный для осмотра и контроля за работой
17	Донный комбинированный водоприемник	На реках с небольшой глубиной и большим количеством донных и взвешенных наносов		Надежный в работе в сложных условиях. Сложный в монтаже и эксплуатации

Продолжение прил. И

1	2	3	4	5
18	Сборный фильтрующий водоприемник	На реках со средними и тяжелыми природными условиями с большим количеством донных наносов и средней и большой производительностью водозабора		<p>Надежный в работе при тяжелых шуголовых условиях, не требует устройства рыбозащиты, может изготавливаться в заводских условиях.</p> <p>Сложный в монтаже, требует достаточно больших напоров для промывки</p>
19	Фильтрующий оголовок в аллювиальном русле	На реках с чрезвычайно тяжелыми шуголовыми условиями при малой и средней производительности водозабора и любой глубине потока		<p>Просты, надежно защищают водозабор от шуги, не стесняют русло, не требуют устройства рыбозаградителей.</p> <p>Требуют периодической промывки и замены фильтрующего материала, что выполнять весьма сложно.</p> <p>Плохо работают при больших количествах в реке донных наносов</p>

Окончание прил. И

1	2	3	4	5
20	Фильтрующий оголовок упрощенный трубчатый	То же		То же

П р и м е ч а н и е : 1 – раструб; 2 – самотечные или сифонные трубопроводы; 3 – сваи; 4 – сороудерживающие решетки; 5 – каменная загрузка; 6 – рязь; 7 – бетонный корпус оголовка; 8 – вихревая камера; 9 – водоприемные окна с фильтрующей загрузкой; 10 – фильтрующая обсыпка; 11 – металлический кожух; 12 – водоприемные отверстия; 13 – коробка электрокабеля; 14 – крепление дна реки вокруг оголовка; 15 – водоприемные воронки; 16 – наклонная стойка; 17 – верхнее кольцо оголовка; 18 – верхний блок; 19 – нижний блок; 20 – консоли нижнего блока; 21 – опорный бортик; 22 – отверстия для выпуска воздуха; 23 – козырек; 24 – обратный фильтр из каменной наброски; 25 – водоприемная галерея; 26 – фильтрующие пластины на водоприемном отверстии; 27 – направляющие на входе в самотечный или сифонный водовод; 28 – водоисточник; 29 – отмостка; 30 – сборный трубопровод; 31 – корпус оголовка; 32 – подфильтровая камера

Приложение К

Удельный вес грунтов

Наименование грунтов	Объемный вес (плотность) ρ , кг/м ³	Удельный вес γ , Н/м ³ сухого грунта
Известняк плотный	1800...2000	17658...19620
Доломит	2200...2800	21582...27468
Известняк пористый	1500...2000	14715...19620
Известняк пористый слабый	900...1600	8829...15696
Известняк мраморовидный	2600...2800	25506...27468
Песчаник кремнистый и известковый	2300...2600	22563...25506
Гипсовый камень	2000...2300	19620...22563
Гипс	2200	21582
Мрамор, карбонатные брекчии и конгломераты	2600...2800	25506...27468
Кварцит	2500...2700	24525...26487
Тальковый камень	2400...2700	23544...26487
Галька и гравий размером до 80 мм	1750	17167,5
То же более 80 мм	1950	19129,5
Глина:		
жирная мягкая	1800	17658
насыпная, с примесью щебня до 10%	1750	17167,5
то же, с примесью щебня более 10%	1900	1863,9
тяжелая ломовая	1950	19129,5
сланцевая	2000	19620
твердая	1950	19129,5
Грунт растительного слоя:		
без корней	1200	11772
с корнями и примесью гравия или строительного мусора	1400	13734
Лесс:		
естественной влажности	1600	15696
то же, с гравием	1800	17658
отвердевший (сухой)	1800	17658
Мел мягкий	1550	15205,5
Песок:		
естественной влажности	1600	15696
с примесью гальки и щебня до 40%	1700	16677
сухой	1600	15696
Солончак и солонец:		
мягкий	1600	15696
отвердевший	1800	17658
Суглинок:		
легкий и лессовидный	1600	15696
тяжелый и насыпной, слежавшийся с примесью щебня или строительного мусора	1750	17167,5
Супеси:		
с примесью щебня, гравия или строительного мусора до 10% по объему	1600	15696
то же, более 10%	1800	17658

Приложение Л

Значение угла внутреннего трения ϕ в зависимости от вида грунта

Грунт	Угол внутреннего трения грунта, град	
	естественной влажности	насыщенного водой
Глина	20-26	
Суглинок	21-27	
Супесь	25-30	
Песок		
пылеватый	26-32	24-30
мелкий	28-34	27-32
крупный и гравелистый	38-40	35-38

Приложение М

Технические данные талей шестеренчатых с ручным приводом

Показатели	Грузоподъемность талей, т			
	0,25	0,5	1	2
Тяговое усилие на цепи механизма подъема, кН	0,25	0,32	0,32	0,5
Скорость подъема груза, м/мин	2,65	1,45	0,19	0,65
Масса тали с цепями, кг	15	27	48	78
Завод-изготовитель	Красногвардейский крановый			

Приложение Н

Технические данные тали ручной рычажной ТР – 1М

Показатели	Грузоподъемность, т
	1
Максимальная высота подъема груза, м	2,2
Длина цепи грузовой, м	5
Шаг цепи грузовой, мм	25
Расстояние между крюками, мм:	
– максимальное	2500
– минимальное	455
Усилие на рычаге, Н	200
Скорость подъема, м/мин	0,3
Основные размеры, мм:	
– длина (с рукояткой)	650
– ширина	210
Масса (с грузовой цепью), кг	19
Завод-изготовитель	Ногинский завод монтажных приспособлений

Приложение О

Технические данные лебедок монтажных с электрическим приводом (ток трехфазный переменный напряжением 380 В)

Показатели	Марка лебедки			
	ЛМ – 1М	ЛМ – 3,2	ЛМ – 5М	ЛМ – 8
Тяговое усилие, кН	10	32	50	80
Канатоемкость барабана, м	80	250	250	350
Диаметр каната, мм	9,1 – 9,7	16,5	22,5	28
Количество слоев навивки каната на барабан	3	6	5	5
Скорость навивки каната, м/с: на первом слое на последнем слое	0,32 0,39	0,254 0,408	0,2 0,3	0,085 1
Диаметр барабана, мм				
электродвигатель:				
тип	АОС 2 – 32 – 4	АОС 2 – 61 – 6	АОС 2 – 61 – 4	АОС 2 – 52 – 4
мощность при ПВ 25 %, кВт	4	12,5	14,5	11
частота вращения, мин ⁻¹	1350	900	1350	1350
тип редуктора	Ц2У-160-40-6-VI	РЦД-400-40-4М	нетиповой	РЦО-350-31,5-2
Размеры, мм:				
длина	1065	1463	1550	2200
ширина	980	1210	1400	1600
высота	530	720	800	1280
Масса лебедки (без каната), кг	308	835	1200	2125
Завод-изготовитель	Березовский ремонтно-механический	Славянский котельно-механический		Ростовский механический

Приложение П

Технические данные ручных рычажных лебедок

Показатели	Марка лебедок	
	1,5 т	3 т
Максимальное тяговое усилие, кН	15	30
Диаметр каната, мм	12	16,5 или 17
Подача каната за один ход рычага, мм	25	13/17,5
Скорость подачи каната, м/мин	3	0,9 – 2,5
Усилие на рычаге, кН	32	32
Длина рычага, мм	1080	1250
Длина рабочего каната, м	12	12
Число обслуживающих рабочих	1 – 2	1 – 2
Размеры корпуса лебедки, мм:		
длина	620	718
ширина	150	155
высота	320	340
Масса лебедки, кг:		
с канатом	28	51,5
без каната	16,3	29
Завод-изготовитель	Туапсинский машиностроительный завод	

Приложение Р

Технические данные талей червячных с ручным приводом

Показатель	Грузоподъемность талей, т				
	1	3,2	5	8	12,5
Тяговое усилие на цепи механизма подъема, кН	0,3	0,65	0,75	0,75	0,75
Скорость подъема груза, м/мин	0,47	0,33	0,25	0,15	0,1
Масса тали с цепями, кг	22	75	110	177	410
Основные размеры, мм	180×200×430	340×360×780	200×350×860	460×440×1240	670×700×1900
Завод-изготовитель	Красногвардейский крановый				

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	3
ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. ВЫБОР ПОВЕРХНОСТНОГО ИСТОЧНИКА ВОДОСНАБЖЕНИЯ И МЕСТА РАСПОЛОЖЕНИЯ ВОДОЗАБОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ.....	5
2. ВЫБОР ТИПА И СХЕМЫ ВОДОЗАБОРА. ПОСТРОЕНИЕ ПРОФИЛЕЙ ДНА И БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ В СТВОРЕ ВОДОЗАБОРА.....	13
3. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ВОДОЗАБОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ.....	20
3.1. Определение производительности водозаборных сооружений из поверхностного источника	20
3.2. Определение размеров водоприемных окон водозаборных сооружений без требований рыбозащиты.....	21
3.3. Определение размеров водоприемных окон оголовков руслowych водозаборов с учетом требований рыбозащиты	24
3.4. Расчет парового обогрева, обогрева водой и электрического обогрева решеток	27
3.5. Определение габаритных размеров плоских сеток береговых колодцев	33
3.6. Определение размеров водоочистных вращающихся сеток.....	35
3.7. Определение расхода воды на промывку сеток.....	39
4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ САМОТЕЧНЫХ И СИФОННЫХ ВОДОВОДОВ ДЛЯ ВОДОПРИЕМНЫХ ОГОЛОВКОВ.....	43
4.1. Определение незаилающей скорости	46
4.2. Проверка скорости движения воды в самотечных линиях на подвижность наносов.....	48
4.3. Устойчивость самотечных линий на всплытие	49
4.4. Промывка самотечных линий.....	51
4.4.1. Расчет прямой и обратной промывок при постоянном напоре с равномерным движением промывной воды.....	53
4.4.2. Расчет обратной промывки за счет объема воды в береговом колодце.....	57
4.5. Расчет сифонных линий	59
5. ВОДОПРИЕМНИКИ ВОДОЗАБОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ.....	63

5.1. Определение минимальной глубины воды в источнике при конструировании оголовка	63
5.2. Расчет статической устойчивости оголовков	67
5.3. Определение высоты наката волны и высоты ветрового нагона	70
5.4. Проверка неразмываемости дна реки.....	72
5.4.1. Определение параметра неразмываемости русла.....	73
6. КОНСТРУИРОВАНИЕ БЕРЕГОВЫХ КОЛОДЦЕВ.....	74
6.1. Определение отметок расчетных уровней в береговом сооружении водозабора	81
6.2. Определение отметок днища берегового колодца	87
6.3. Определение потерь напора в водоприемниках с вихревыми камерами	89
6.4. Расчет статической устойчивости берегового колодца.....	91
7. НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ ПЕРВОГО ПОДЪЕМА.....	94
7.1. Определение параметров насосов насосных станций первого подъема	97
7.2. Расчет трубопроводов насосных станций и напорных водоводов	99
7.3. Построение графика совместной работы насосов насосной станции I подъема и водоводов.....	103
7.4. Определение отметки расположения оси насоса	105
8. ОСНОВНОЕ И ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ВОДОЗАБОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ	108
8.1. Расчет гидроэлеватора	108
8.2. Выбор типа и параметров грузоподъемного оборудования	115
9. ЗОНЫ САНИТАРНОЙ ОХРАНЫ ВОДОЗАБОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ ИЗ ПОВЕРХНОСТНЫХ ИСТОЧНИКОВ ВОДОСНАБЖЕНИЯ.....	120
ГЛОССАРИЙ	124
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	126
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	129
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	130
Приложение А.....	132
Приложение Б.....	148
Приложение В.....	154
Приложение Г	156
Приложение Д.....	176

Приложение Е.....	177
Приложение Ж.....	179
Приложение З.....	180
Приложение И.....	181
Приложение К.....	189
Приложение Л.....	190
Приложение М.....	190
Приложение Н.....	190
Приложение О.....	191
Приложение П.....	192
Приложение Р.....	192

Учебное издание

Гришин Борис Михайлович
Кусакина Светлана Александровна
Сафронов Максим Александрович
Бикунова Марина Викторовна
Титов Евгений Александрович

**ВОДОЗАБОРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ
ИЗ ПОВЕРХНОСТНЫХ ИСТОЧНИКОВ**
Учебное пособие

Редактор М.А. Сухова
Верстка Н.В. Кучина

Подписано в печать 30.01.2013. Формат 60x84/16.
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.
Усл.печ.л. 11,39. Уч.-изд.л. 12,25 Тираж 80 экз.
Заказ № 35.

Издательство ПГУАС.
440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28

