

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет»

**М. Т. Никифоров, Н. И. Чернышев**

## **ИНЖЕНЕРНОЕ ОБУСТРОЙСТВО ТЕРРИТОРИЙ**

Утверждено в качестве учебного пособия

Ученым советом Федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего профессионального образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет»

Комсомольск-на-Амуре  
2014

УДК 624.9(07)  
ББК 38.76я7+38.623я7  
Н627

***Рецензенты:***

Кафедра «Геоинформатика и кадастр» ФГБОУ ВПО «Томский государственный архитектурно-строительный университет»,  
доцент кафедры кандидат технических наук В. А. Базавлук;  
А. Ю. Лебедев, главный специалист по охране окружающей среды  
отдела по управлению имуществом и охраны окружающей среды  
Комсомольского муниципального района Хабаровского края

**Никифоров, М. Т.**

Н627 Инженерное обустройство территорий : учеб. пособие / М. Т. Никифоров, Н. И. Чернышев. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2014. – 200 с.

ISBN 978-5-7765-1094-6

Рассмотрены вопросы мелиорации земель, вертикальной планировки территорий, обустройства автомобильных дорог, инженерных коммуникаций поселений и территорий.

Предназначено для бакалавров направления 120700 – «Землеустройство и кадастры». Пособие составлено с расчетом на самостоятельную работу при изучении дисциплин «Инженерное обустройство территорий» и «Агролесомелиорация», а также как методическое руководство для выполнения расчетных заданий, курсового и дипломного проектов.

Пособие может быть использовано также при изучении курсов по инженерному благоустройству территорий бакалаврами направлений «Строительство» и «Архитектура».

УДК 624.9(07)  
ББК 38.76я7+38.623я7

ISBN 978-5-7765-1094-6

© ФГБОУ ВПО «Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет»,  
2014

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1. МЕЛИОРАЦИЯ.....	7
1.1. Общие сведения о мелиорации.....	7
1.2. Основы гидрологии.....	8
1.3. Водный баланс суши.....	9
1.4. Испарение .....	11
1.5. Поверхностный сток .....	13
1.6. Почвенная вода.....	19
1.7. Грунтовые воды.....	22
1.8. Поглощение воды культурными растениями.....	23
2. ОРОСИТЕЛЬНАЯ МЕЛИОРАЦИЯ.....	24
2.1. Общие сведения об орошении .....	24
2.2. Влияние орошения на внешнюю среду, почву и урожай .....	25
2.3. Требования растений к водному режиму почвы.....	27
2.4. Элементы режима орошения .....	28
2.5. Расчет оросительных норм.....	29
2.6. Расчет поливных норм.....	30
2.7. Определение сроков поливов.....	33
2.8. Расчет оросительного гидромодуля .....	34
2.9. Виды поливов сельскохозяйственных культур.....	35
2.10. Источники орошения и обводнения.....	36
2.11. Пруды и другие местные водоемы .....	37
2.12. Оросительные системы.....	47
3. ОСУШИТЕЛЬНАЯ МЕЛИОРАЦИЯ .....	50
3.1. Переувлажнение при дерновом процессе почвообразования .....	50
3.2. Образование болот в результате зарастания водоемов .....	51
3.3. Заболачивание земель при выклинивании грунтовых вод .....	53
3.4. Заболачивание пойм.....	54
3.5. Типы водного питания и водный баланс болот и заболоченных земель .....	55
3.6. Влияние осушения на почву .....	56
3.7. Требования сельскохозяйственных культур к водному режиму почв. Нормы осушения.....	57
3.8. Общие понятия о методах и способах осушения.....	59
3.9. Осушение открытыми каналами.....	61
3.10. Схемы расположения осушительных каналов.....	63
3.11. Сооружения на открытой осушительной сети .....	65
3.12. Осушение закрытым дренажем .....	70
3.13. Сооружения на дренажной сети .....	74
3.14. Осушение тяжелосуглинистых почвогрунтов .....	75

3.15. Дороги на осушаемой территории .....	77
4. ВОДОПРИЕМНИКИ ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ. СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВИДЫ ОСУШЕНИЯ .....	78
4.1. Водоприемники .....	78
4.2. Осушение подтопленных пойменных земель в зоне рек .....	79
4.3. Обвалование рек .....	80
4.4. Кольматаж .....	81
4.5. Осушение с помощью поглощающих колодцев .....	81
4.6. Осушение с машинным водоподъемом .....	82
4.7. Осушение вертикальным дренажем .....	83
4.8. Увлажнение почв при вертикальном дренаже .....	84
5. КУЛЬТУРТЕХНИЧЕСКИЕ РАБОТЫ НА ОСУШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ .....	84
5.1. Срезка и запашка древесно-кустарниковой растительности .....	84
5.2. Химический способ удаления древесно-кустарниковой растительности .....	85
5.3. Удаление камней .....	86
5.4. Удаление кочек .....	86
5.5. Первичная обработка почвы .....	86
5.6. Удобрение почвы .....	87
6. ВЕРТИКАЛЬНАЯ ПЛАНИРОВКА ТЕРРИТОРИЙ .....	88
6.1. Рельеф и его оценка .....	88
6.2. Этапы вертикальной планировки .....	90
6.3. Цель и основные задачи вертикальной планировки .....	92
6.4. Методы вертикальной планировки .....	94
7. АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ .....	101
7.1. Общие сведения об автомобильных дорогах .....	101
7.2. Характеристики движения по автомобильным дорогам .....	102
7.3. Классификация автомобильных дорог общего пользования .....	104
7.4. Внутрихозяйственные автомобильные дороги .....	107
7.5. Размещение дорог в плане .....	111
7.6. Пересечения и примыкания автомобильных дорог .....	114
7.7. Продольный профиль дороги .....	115
7.8. Элементы поперечного профиля и основные параметры .....	116
7.9. Земляное полотно .....	121
7.10. Дорожные одежды .....	125
7.11. Сооружения и обустройство дорог .....	127
7.12. Площадки агропромышленного назначения .....	132
8. ВОДОСНАБЖЕНИЕ .....	133
8.1. Системы и схемы водоснабжения .....	133
8.2. Режим и нормы водопотребления .....	135
8.3. Источники водоснабжения и водозаборные сооружения .....	138

8.4. Очистка воды и очистные сооружения .....	139
8.5. Насосные станции .....	140
8.6. Напорно-регулирующие ёмкости и устройства .....	142
8.7. Наружные водопроводные сети .....	142
8.8. Устройство сетей и сооружений на них .....	144
9. КАНАЛИЗАЦИЯ .....	148
9.1. Сточные воды и их классификация .....	148
9.2. Системы и схемы канализации .....	149
9.3. Определение расчетных расходов .....	152
9.4. Трассировка канализационных сетей .....	153
9.5. Основные элементы канализации .....	154
9.6. Расчет канализационных сетей .....	156
9.7. Сооружения на канализационных сетях .....	158
9.8. Дождевая канализация (водостоки) .....	160
10. ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ .....	162
10.1. Системы и схемы теплоснабжения .....	162
10.2. Классификация систем центрального теплоснабжения .....	164
10.3. Тепловые пункты .....	167
10.4. Трассировка тепловых сетей .....	168
10.5. Расчет тепловых сетей .....	170
10.6. Устройство тепловых сетей .....	173
11. ГАЗОСНАБЖЕНИЕ .....	176
11.1. Краткие сведения о горючих газах .....	176
11.2. Системы газоснабжения населенных пунктов .....	176
11.3. Устройство наружных газопроводов .....	180
11.4. Внутренний газопровод .....	183
11.5. Расчет газопроводов .....	186
12. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ .....	187
12.1. Системы электроснабжения .....	187
12.2. Электроснабжение городов и сельских территорий .....	189
12.3. Электрические сети .....	193
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	197
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	198

## ВВЕДЕНИЕ

Инженерное обустройство территорий относится к дисциплинам базовой (общепрофессиональной) части профессионального цикла по направлению подготовки 120700 – «Землеустройство и кадастры» квалификации (степени) «бакалавр».

Основной целью инженерного обустройства территорий является обеспечение благоприятных условий для жизнедеятельности человека. С этой целью человек старается всячески приспособить окружающий мир для своих нужд и капризов, преобразовывая его для максимального извлечения экономических выгод.

Данная учебная дисциплина тесно связана с такими дисциплинами, как почвоведение, геодезия, основы природопользования, экология, земледелие и растениеводство, экономика и организация сельскохозяйственного производства, землеустроительное проектирование, земельный кадастр, планировка территорий и населенных мест.

Основными элементами инженерного обустройства территорий являются мелиорация земель, агролесомелиорация, озеленение населённых мест, вертикальная планировка территорий, обеспечение территорий транспортной связью, инженерное оборудование территорий в пределах поселений и на прилегающих к ним территориях.

Дисциплина «Инженерное обустройство территорий» предусматривает изучение эффективных технологий улучшения природных режимов, экологических факторов в агроценозах, предотвращения эрозии и деградации почвы и разрушения земель, оборудование земель поселений коммуникационными системами.

В пособии рассмотрены вопросы мелиорации земель, вертикальной планировки территорий, обустройства автомобильных дорог, инженерных коммуникаций поселений и территорий.

В результате изучения методов обустройства сельскохозяйственных угодий студенты должны понять сущность мелиорации земель, ознакомиться с методами и технологическими приёмами, используемыми при проведении мелиоративных работ и рекультивации земель, усвоить принципы выбора различных видов мелиорации и рекультивации и их оптимизации в различных природно-хозяйственных условиях. Студент должен научиться проектировать простейшую гидромелиоративную систему и схему организации территории с эколого-экономическим обоснованием её основных параметров и с соответствующими гидрологическими и гидравлическими расчётами, правильно разместить противоэрозионные (а также противооползневые и противоселевые) гидротехнические сооружения в комплексе с другими противоэрозионными мероприятиями.

Знание способов и технологий мелиорации и рекультивации земель необходимо и актуально как при проектировании организации мелиорируемой территории, так и для научно-методического обоснования принципов составления и правильного ведения земельного кадастра – важного инструмента управления землепользованием, в том числе и решения фискальных задач.

Для использования территорий требуется преобразование рельефа местности, приспособивая его под нужды тех задач, которые ставит потребитель. Во многих случаях это решается вертикальной планировкой территории, которая используется на всех территориях, где человек занимается какой-либо деятельностью.

Транспортная связь между поселениями и промышленными предприятиями, между элементами сельхозугодий и так далее преимущественно обеспечивается автомобильными дорогами. Автомобильные дороги проектируются по требованиям возможности обслуживания нескольких поселений, транспортных потоков (грузовых и пассажирских), обеспечения допустимых уклонов, кратчайших расстояний, влияют на распределение территорий по направлению использования. Грамотное размещение дорог может обеспечить интенсивное развитие территорий.

Все поселения, промышленные, сельскохозяйственные и другие предприятия необходимо обеспечивать всеми ресурсами, т.е. инженерными системами. Вопросы современного благоустройства поселений, особенно в сельской местности, способствуют закреплению населения на территории, дальнейшему ее развитию. Вопросы размещения всех сооружений и коммуникаций значительно влияют на землеустройство территорий.

Специалисты по землеустройству и кадастру должны иметь представление об основных элементах вертикальной планировки территорий, мелиорации земель, защиты территорий от неблагоприятных воздействий, о проектировании автомобильных дорог и инженерных систем, и уметь учитывать при землеустроительных работах, при кадастровых работах.

## **1. МЕЛИОРАЦИЯ**

### **1.1. Общие сведения о мелиорации**

*Мелиорация* (от латинского слова *melioration* – улучшение) – это улучшение условий жизни культурных растений путём регулирования водного и воздушного режимов почвы.

Сельскохозяйственные мелиорации представляют собой систему инженерных организационно-хозяйственных и других мероприятий, задачей которых является коренное улучшение неблагоприятных природных (гидрологических, почвенных, агроклиматических) условий для обеспечения наиболее эффективного использования земельных ресурсов.

Различают агротехническую, лесотехническую, химическую и гидротехническую мелиорации.

*Агротехническая мелиорация* – это система мероприятий, обеспечивающая повышение плодородия земель за счет специальных агроприёмов: севооборотов, правильного выбора обработки почв (глубины и направления вспашки, почвоуглубления, сочетания вспашки с поделкой глубоких борозд, гряд, залужения крутых склонов, мульчирования почвы, снегозадержания и др.).

*Лесотехническая мелиорация* – улучшение земель (движущихся песков, крутых склонов, оврагов и др.), которое достигается посадкой на них древесной или травянистой растительности в сочетании с деревьями и кустарниками.

*Химическая мелиорация* почвы применяется на кислых, щелочных, солонцовых и других почвах. При этом плодородие почв повышают внесением извести, гипса, дефекационной грязи, поваренной соли, серной кислоты, синтетического каучука, томасшлаков. Для обработки каналов и прилегающих полей от сорной растительности используют различные гербициды.

*Гидротехническая мелиорация* предусматривает строительство плотин, водохранилищ, осушительных каналов и других инженерных сооружений, обеспечивающих изменение водного и воздушного режимов почв, сохранения и повышения плодородия почв. Для снижения фильтрации из водоёмов и крупных каналов используются различные гидроизоляционные системы, например полимерные материалы.

## 1.2. Основы гидрологии

Основным источником пресной воды на земной поверхности являются атмосферные осадки и грунтовые воды. Значительная часть воды поступает в реки, а затем в моря и океаны. Такое движение воды называется круговоротом воды суши (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Годовое количество воды, участвующее в круговороте

Элемент водооборота	Годовое количество воды, тыс. км <sup>3</sup>		
	Океан	Суша	Вся планета
Испарение	449	62	511
Сток с суши в океан	-	37	-
Атмосферные осадки	412	99	511

По данным А. А. Черкасова, в атмосфере в виде водяных паров содержится 12,3 тыс. км<sup>3</sup> воды. В пятикилометровой толще суши запас подземных вод составляет 49,5 млн км<sup>3</sup>.



Различают большой и малый круговороты осадков. Малый – это когда осадки, выпавшие на сушу, вновь испарившись с ее поверхности, опять возвращаются на сушу в виде осадков.

Испарившаяся влага с поверхности морей, океанов и с земной поверхности и выпавшая на землю попадает в другой более сложный (большой) круговорот, при котором большая часть опять испаряется, другая часть стекает в ручьи, реки и опять возвращается в моря и океаны. Значительная часть выпавших осадков аккумулируется в почвенном и подземном горизонтах, большая доля осадков уходит на формирование биомассы.

### 1.3. Водный баланс суши

Водный баланс суши формируется из прихода и расхода воды. Приход воды в основном формируется за счёт осадков. Сумма осадков выражается в метеорологии в виде слоя воды, выражаемого в мм. В сельском хозяйстве большое значение имеет определение количества осадков, выраженное в массе или объёме воды, т или м<sup>3</sup>, на поверхность площадью в 1 га.

Перерасчёт осадков из миллиметров в тонны или кубические метры (м<sup>3</sup>) на расчетной площади определяется по формуле

$$V = O * S,$$

где  $V$  – объём выпавших осадков, м<sup>3</sup>;  $O$  – величина осадков по данным метеонаблюдений, мм;  $S$  – площадь расчетной территории, м<sup>2</sup>.

Таким образом, осадки в 1 мм на площадь 1 га составляют

$$V = 0,001 * 10\ 000 = 10\ \text{м}^3,$$

что примерно равно 10 т воды.

Водный баланс суши выражается уравнением

$$O = (E + G + W_p) \pm (W_{гв} + W_{пг}),$$

где  $O$  – осадки, мм;  $E$  – испарение воды в виде водяных паров со всей поверхности, мм;  $G$  – часть воды, попадающей в водоёмы, называемой поверхностным стоком, мм;  $W_p$  – вода, поглощенная растительностью, мм;  $W_{гв}$  – вода, поглощаемая грунтом или вытекающая из грунта (грунтовые воды), мм;  $W_{пг}$  – вода, поглощенная пахотным горизонтом, мм.

Количество и периодичность осадков на расчетном участке суши определяется удалённостью от морей, океанов (где формируется основная масса воздушной влаги в виде облаков), температурой, временем года, господствующими ветрами, переносящими облака, рельефом суши, залесённостью.

Так, сочетание лесных насаждений и полезащитных лесных полос, особенно в зоне циклического перемещения водяных паров, может увеличить осадки на 10-15 %. Причем, чем длиннее контур лесных насаждений, тем больше выпадает осадков.

В целом для отдельных регионов количество осадков в течение года и по периодам относительно постоянное.

По количеству выпадающих осадков в России выделяют следующие *зоны*:

- 1) северо-запад и европейское Нечерноземье с количеством осадков около 600 мм;
- 2) северо-восток европейской части, земледельческие районы Сибири 500 – 600 мм осадков;
- 3) юго-восток европейской части и территория южнее Урала с осадками около 400 мм;
- 4) левобережье Нижней Волги с осадками от 250 до 300 мм;
- 5) Кубань с 800 – 1000 мм осадков;
- 6) Российский Дальний Восток (РДВ) с 600 – 800 мм осадков.

В пределах основных земледельческих районов РДВ 75 – 80 % годовой суммы осадков выпадает в июне – сентябре. В этом отношении он существенно отличается по режиму распределения осадков от других территорий России – территория с континентальным климатом, для которой зимний период пасмурней летнего периода, в связи с чем и влажность воздуха выше зимой. Климат РДВ часто определяется как муссонный. Для типичного муссонного климата – лето пасмурнее зимы, а влажность воздуха выше летом. Поскольку эти признаки недостаточно чётко выражены, то климат РДВ определяют как континентальный с муссонными чертами.

В зависимости от прихода и расхода воды выделяют три режима увлажнения почв:

- 1) *избыточный*, когда приход влаги в почву превышает её расход на испарение;
- 2) *неустойчивый* – расход влаги равен приходу;
- 3) *недостаточный* – испарение преобладает над поступлением воды.

Режимы увлажнения почвы динамичны и изменяются как по годам, так и в пределах одного вегетационного периода. В Приамурье, по многолетним наблюдениям, количество выпавших осадков преобладает над испарением в основном в июне-августе. Но периодически в эти месяцы может складываться неустойчивый и даже недостаточный режим увлажнения, поэтому урожайность многих культур здесь может лимитироваться как избыточным, так и недостаточным увлажнением.

## 1.4. Испарение

Интенсивность испарения определяется притоком солнечной или радиационной энергии, относительной влажностью воздуха, упругостью насыщенного водяного пара, скоростью ветра и другими метеорологическими факторами.

В практике расчёт испарения осуществляется рядом методов, которые требуют постоянных наблюдений за температурой, влажностью и другими показателями. Расчёт среднемесячной и среднесуточной испаряемости обычно в практике производится по формуле Н. Н. Иванова

$$E_{0.мес} = 0,0018 (25 + t)^2 * (100 - \alpha),$$

где  $E_{0.мес}$  – среднемесячная испаряемость;  $t$  – среднемесячная температура воздуха, °С;  $\alpha$  – среднемесячная относительная влажность воздуха, %.

Каждая географическая зона характеризуется разной испаряемостью, которая изменяется не только по годам, но и по отдельным месяцам (табл. 1.2).

Таблица 1.2

Среднемесячное и годовое испарение с поверхности суши  
в различных пунктах РФ

Пункт	Испарение с поверхности суши, мм и %, в период																	
	апрель		май		июнь		июль		август		сентябрь		октябрь		апрель-сентябрь		за год	
	мм	%	мм	%	мм	%	мм	%	мм	%	мм	%	мм	%	мм	%	мм	
Вологда	30	7,9	64	16,8	84	22,2	76	20,0	54	14,2	26	6,8	21	5,5	334	88	380	
Москва	49	11,3	70	16,1	84	19,3	79	18,2	60	13,8	34	7,8	24	5,5	376	86	435	
Воронеж	52	11,4	74	16,0	80	17,3	81	17,5	65	14,1	43	9,3	29	6,3	395	85	462	
Оренбург	36	9,1	67	16,9	69	17,6	71	17,9	63	15,9	41	10,5	23	5,8	347	88	395	
Камышин	52	11,9	65	14,8	70	16,0	69	15,9	59	13,6	45	10,3	28	6,4	360	82	438	
Тюмень	33	8,3	66	16,4	84	20,9	81	20,2	60	14,9	32	8,0	16	4,0	366	91	401	
Барнаул	31	8,5	61	16,3	74	19,8	82	22,0	64	17,1	32	8,6	18	4,8	344	92	374	
Хабаровск	31	7,0	66	14,6	89	19,8	93	20,6	75	16,6	51	11,5	22	4,9	405	90	451	
Якутск	10	3,9	45	17,8	69	27,1	70	27,4	48	18,8	11	4,3	2	0,8	253	99	255	

Большое влияние на фактическую испаряемость в пределах территории оказывает покровность почвы, структура посевных площадей и другие факторы. Разница между потенциальным испарением и фактическим представляет дефицит испарения

$$\Delta E = E_0 - E,$$

где  $\Delta E$  – дефицит испарения;  $E_0$  – потенциальное испарение;  $E$  – фактическое испарение.

Для расчёта возможного суммарного испарения в гидрологии используется коэффициент испарения  $K$ , который колеблется от 0,3 в засушливых районах (Астрахань) до 0,87 (Хабаровск).

В водохозяйственных расчётах значение имеет дефицит увлажнения, который рассчитывается по формуле

$$E_d = E_0 - O,$$

где  $E_d$  – дефицит увлажнения, мм;  $E_0$  – испаряемость, мм;  $O$  – осадки, мм.

В различных зонах РФ показатель дефицита увлажнения колеблется от 207 (в Ленинградской области) до 880 мм (в Астраханской). В Приамурье по данным Биробиджанской метеостанции дефицит увлажнения составляет 325 мм (табл. 1.3).

Таблица 1.3

Среднее значение дефицитов и коэффициентов дефицита увлажнения за апрель-сентябрь для различных пунктов РФ

Пункт	Дефицит увлажнения $E_d$ , мм	Коэффициент дефицита увлажнения $K_d$
Ленинград	207	0,37
Смоленск	252	0,38
Москва	294	0,44
Воронеж	459	0,61
Саратов	580	0,73
Волгоград	682	0,80
Астрахань	880	0,88
Ростов-на-Дону	690	0,72
Ставрополь	520	0,56
Краснодар	626	0,68
Биробиджан	325	0,36

Если пренебречь количеством воды, расходуемой культурой из почвы, то для засушливых районов дефицит увлажнения  $E_d$  будет отображать в известной мере тот недостаток воды, который должен быть дан культуре за период вегетации, то есть оросительную норму. Следовательно, дефицит увлажнения или испаряемости можно использовать для предварительных расчётов оросительных норм с учётом оптимального увлажнения почвы под культурой (не ниже 75 – 80 % нормы влажности).

Для земледелия представляет наибольший интерес испарение с трех видов поверхностей: с водной поверхности; с поверхности почвы, лишенной растительности; и с поверхности почвы, покрытой растительностью.

Величина испарения с водной поверхности дает представление о потенциально возможном в данной местности испарении, или испаряемости.

Различие между испаряемостью и естественным испарением может быть очень велико. Например, в районе Ташкента средняя испаряемость (возможное испарение с открытой водной поверхности) составляет около 1200 мм в год, фактическое же испарение составляет около 200 мм.

Испарение воды растениями называется *транспирацией*. Сумма величин физического испарения с поверхности почвы и транспирации называется *валовым*, или суммарным *испарением*.

Испарение с поверхности почвы, покрытой растениями, существенно отличается от испарения с других поверхностей. Во-первых, испаряющим слоем в этом случае является весь корнеобитаемый слой почвы, а не только ее поверхность. Во-вторых, растения обладают способностью регулировать испарение с помощью устьиц.

Одной из важнейших задач агротехники является сокращение непроизводительного испарения с поверхности почвы, а также испарения влаги сорной растительностью. Одним из мероприятий, существенно изменяющих режим испарения влаги с сельскохозяйственных полей, является насаждение полезащитных лесных полос. Полезащитные лесные полосы уменьшают скорость ветра и ослабляют турбулентное перемешивание воздуха в приземном слое. Это приводит к значительному сокращению испарения на защитных участках. По расчёту А. Р. Константинова, общее снижение испарения для участков черного пара, защищенных лесными полосами, составляет в среднем около 20 %.

Очень важными мероприятиями, способствующими накоплению влаги в почве и уменьшению испарения, являются: зяблевая обработка почвы; вспашка пара; междурядная обработка пропашных культур и уничтожение сорняков. Так как в Приамурье весна обычно солнечная и ветреная, снег сходит по инсоляционному типу, практически не превратившись во влагу, он испаряется. И почвы, особенно при зяблевой обработке, быстро теряют влагу. В этих условиях решающее значение в целях сохранения почвенной влаги имеет проведение ранневесенних боронований, с помощью которых разрушается капиллярный подток, и испарение почвенной влаги сокращается.

### **1.5. Поверхностный сток**

Поверхностный сток формируется за счёт воды, стекающей с поверхности земли в пониженные места и далее в озера, ручьи, реки и в конечном счете в моря и океаны.

Размер стока, распределение его во времени и по территории зависит от ряда естественных и искусственных факторов.

Среднемноголетний объём поверхностного стока рассчитывается по формуле

$$W = 10hF,$$

где  $W$  – объём поверхностного стока с территории,  $\text{м}^3$ ; 10 – переводной коэффициент, объём воды слоем 1 мм на 1 га;  $h$  – среднегодовое количество осадков, мм;  $F$  – площадь водосборной поверхности,  $\text{м}^2$ .

**Пример.** Допустим, по гидрологической карте среднегодовое количество осадков  $h = 30$  мм. Тогда с водосборной площади  $F = 3000$  га объём стока составит:

$$W = 10hF = 10 * 30 * 3000 = 900\,000 \text{ м}^3.$$

В расчетах, для подбора оборудования и коммуникаций, требуется принимать расчетные значения объемов стока с учетом местных условий и факторов, влияющих на величину стока.

Частное от деления объема стока к величине осадка на этой территории, обозначаемое  $\alpha$ , получило название *коэффициент стока*

$$\alpha = W/O,$$

а объём стока тогда составит

$$W = \alpha O.$$

Часть стока при выпадении осадков фильтруется в грунт. Коэффициент инфильтрации  $\beta$ , или поглощения осадков почвой, определяют делением объема поглощенной воды  $W_n$  на количество осадков  $O$

$$\beta = W_n/O,$$

или из этой формулы можно найти объём поглощенных осадков, зная коэффициент инфильтрации

$$W_n = \beta O.$$

Зная коэффициенты  $\alpha$  или  $\beta$ , можно определить  $W$  и  $W_n$ :

$$W = O(1 - \beta) \text{ и } W_n = O(1 - \alpha),$$

т.е. в основном при определенном допущении, что испарение составляет малую величину, можно принять, что  $\alpha + \beta = 1$ .

Каждый коэффициент может изменяться от 0 до 1, в зависимости от многих факторов. Соотношение коэффициентов  $\alpha$  и  $\beta$  непрерывно меняется на протяжении одного весеннего паводка или дождя. В целях большего накопления влаги на полях надо стремиться, чтобы значение коэффициента инфильтрации  $\beta$  приближалось к единице, а коэффициента стока  $\alpha$  – соответственно уменьшалось.

Значение коэффициента инфильтрации  $\beta$  зависит от почвенных условий (водопроницаемые, пологие склоны, пашня – 0,3...0,4; средневодопроницаемые, легкие склоны, луга – 0,4...0,5; с водопроницаемостью ниже

средней, лесистые склоны – 0,5...0,65; маловодопроницаемые крутые склоны – 0,65...0,8; весенний сток по мерзлой почве – 0,8...0,95), уклона местности и других факторов.

Высадка лесополос на полях значительно меняет коэффициенты инфильтрации и поверхностного стока в пользу первого, что может существенно повысить влагосодержание почвы в условиях засушливых земель (табл. 1.4).

Таблица 1.4

Влияние лесных полос на сток талых вод  
(средние данные за 17 лет, И. П. Сухарева)

Балка водосбора	Облесенность водосборов, %	Запасы воды в снеге весной, мм	Сток талых вод, мм	Коэффициент	
				стока	инфильтрации
Осиновая	0	77,3	52,0	0,67	0,33
Озерки	3,6	83,5	30,4	0,36	0,64
Лесная	6,0	88,0	23,5	0,27	0,73
Селекцентр	18,0	108,5	14,2	0,13	0,87

Иссушенная почва обладает высокой инфильтрационной способностью, а сильно увлажненная – имеет высокий коэффициент стока. Коэффициент стока талых вод возрастает с увеличением глубины промерзания почвы, влажности ее верхнего слоя, при образовании на поверхности почвы ледяной корки.

Коэффициент инфильтрации также зависит от вида возделываемой культуры. В летний период на посевах зерновых по сравнению с черным паром поглощается осадков больше на 15...30 %.

При расчетах пользуются также таким показателем, как *модуль стока* – это расход воды в единицу времени с единицы площади  $q$ , л/с/га, при выпадении осадков. Объем стока в этом случае можно вычислить по формуле

$$W = qtF,$$

где  $q$  – модуль стока, л/с/га, определяемый по метеонаблюдениям на местности, где планируются работы, или по специальным картам, составленным по данным многолетних наблюдений;  $t$  – продолжительность выпадения осадков, с;  $F$  – площадь водосбора, га.

Модуль поверхностного стока талых вод вычисляют по общей площади водосбора какой-нибудь балки или реки. Часто его определяют на элементарных гидрологических площадках (1 га и более). Их размещают на территории водосбора в зависимости от почвенных условий, уклона местности и вида травянистой и древесной растительности длиной стороной вдоль склона. Желательная длина таких площадок при однородном уклоне 100...200 м, ширина – не менее 50 м. Со всех сторон площадку

обваловывают земляными дамбами высотой 0,4...0,5 м. Со стороны нижнего вала устраивают стенку с отверстием для учета весенних талых или летних дождевых вод. Расход воды  $Q$ , л/с, учитывают водосливом-водомером трапецеидального сечения по специальным формулам или графикам.

На этих же площадках можно определять объемы поверхностного стока и поглощения почвой влаги.

Объем стока составит

$$W = Qt/1000,$$

где  $Q$  – расход воды с элементарных площадок, л/с (он очень динамичен);  $t$  – время, за которое наблюдается расход  $Q$ , с.

Объем воды, поглощаемой почвой, устанавливают до снеготаяния или дождя (на глубину промачивания).

*Факторы формирования стока.* Размер стока, распределение его во времени и по территории страны зависят от ряда естественных и искусственных факторов.

Естественные факторы:

1) *климатические условия:* осадки, испарение, температура и др. На сток оказывает влияние не только общее количество осадков, но и интенсивность их выпадения. Сильный сток дают ливни, то есть осадки с интенсивностью более 0,5 мм/мин. Осадки непосредственно влияют на количество воды, прибывающей в бассейн и убывающей из него; они определяют как общее значение стока, так и распределение его в году. Более того, влияние осадков распространяется и на последующие годы. Например, после сухого года одинаковое количество осадков при той же интенсивности будет давать меньший сток, чем после влажного года. Непосредственное влияние на сток оказывает и испарение. От температуры зависят вид осадков (твердые, жидкие), испарение и скорость снеготаяния. Температура обуславливает накопление снега зимой, весеннее половодье равнинных рек и летнее половодье рек с ледниковым питанием;

2) *почвенно-геологические условия:* водопроницаемость и влагоемкость почвы и грунта, мерзлота, геологическое строение и пр. Часть осадков впитывается и фильтруется в почву, тем самым сток уменьшается. По водно-физическим свойствам, а следовательно, и по влиянию на сток все грунты можно подразделять: на водопроницаемые невлагоемкие (пески, гравий, трещиноватые породы); полупроницаемые (супеси, суглинки); слабопроницаемые влагоемкие (торф, глина, лёсс) и непроницаемые невлагоемкие (сплошные кристаллические породы, плотные песчаники). В зависимости от залегания этих грунтов будет меняться и сток. Пески уменьшают поверхностный сток, но увеличивают подземный. Поэтому реки в песчаных грунтах имеют более равномерное питание в течение года. Большое регулирующее влияние оказывают торфяные почвы. Они способ-



ны впитывать большое количество осадков, а затем медленным грунтовым стоком отдавать воду рекам. Глины, наоборот, увеличивают поверхностный сток и уменьшают грунтовый, а следовательно, способствуют увеличению паводков и сильному уменьшению стока в межень.

Водопроницаемость и влагоемкость одних и тех же почв может изменяться. Например, с повышением влажности почвы уменьшаются ее водопроницаемость и влагоемкость, что способствует увеличению поверхностного стока. При сухости почвы усиливаются впитывание и фильтрация осадков, а следовательно, уменьшается поверхностный сток. Поэтому после сухого лета и осени паводки обычно малые. При замерзании все почвы становятся почти водонепроницаемыми. Если зимой грунт промерзает глубоко, то весной талые воды почти полностью стекают. Сильно увеличивает поверхностный сток и вечная мерзлота почв;

3) *рельеф*: уклон, наличие тальвегов, высота над уровнем моря. Скорость течения воды по поверхности почвы (по склонам и тальвегам) пропорциональна уклону поверхности земли.

Изрезанность поверхности и наличие отдельных небольших тальвегов, впадающих затем в реку, способствуют концентрации поверхностного стока.

В горных районах сток значительно больше, чем на равнине. Так, коэффициенты стока  $\alpha$  для равнинных рек европейской территории РФ колеблются от 0,02 до 0,5, а для ряда горных рек – от 0,5 до 0,9;

4) *растительный покров*. Травяной и особенно древесно-кустарниковый покров значительно увеличивает шероховатость поверхности почвы и тем самым замедляет сток. Лесная подстилка, обладая большой влагоемкостью, впитывает много осадков, предохраняет почву от заиления, сохраняет ее высокую водопроницаемость, что также уменьшает поверхностный сток. На этом основана водоохранная и водорегулирующая роль леса;

5) *размер и форма водосборной площади*. При больших площадях и удлиненных формах водосбора увеличиваются длина пути стекающей воды и время ее добегания. Поэтому чем больше водосборная площадь, тем меньше поверхностный сток (с единицы площади) и тем равномернее он распределяется в течение года. Наоборот, реки с малыми водосборами характеризуются неравномерным стоком;

б) *озёрность и заболоченность водосбора*. Бессточное озеро, не связанное с речной системой, уменьшает сток, так как часть воды расходуется на испарение с его поверхности. Сточное озеро, например Байкал, регулирует сток, то есть во время паводка аккумулирует сток, а затем постепенно отдает его более или менее продолжительное время. Влияние болот на сток очень сложное явление, так как болота действуют одновременно как элемент растительного покрова, так и как водная поверхность. Большинство исследователей считают, что болота регулируют сток. Весной и во вре-

мя дождей болота запасают громадное количество воды и затем постепенно отдают ее рекам. Доказательством этого может служить то, что реки, вытекающие из болот, имеют более равномерное питание. В то же время, болота испаряют много воды, тем самым уменьшают сток. В разных климатических и геологических условиях роль болот различна. Болота грунтового питания являются регуляторами стока; болота атмосферного питания в условиях высокого испарения могут уменьшать сток;

7) *искусственные, или антропогенные, факторы*, влияющие на формирование стока связаны с деятельностью человека как на самих реках, так и в их бассейнах.

К искусственным факторам относятся:

– *гидротехнические сооружения* (водохранилища, пруды, плотины и шлюзы на реках и др.). Эти сооружения позволяют регулировать сток, то есть перераспределять его в течение года, уменьшая или полностью задерживая поверхностный сток. Задерживая поверхностный сток, особенно во время паводков, гидротехнические сооружения дают возможность затем использовать эту воду для водоснабжения, орошения и других целей. В настоящее время на крупных реках РФ проводят регулирование стока с комплексным использованием водных ресурсов;

– *лесомелиоративные мероприятия*. Лесные насаждения уменьшают и регулируют сток. Бессистемная вырубка леса увеличивает поверхностный сток, делает его крайне неравномерным в течение года. Насаждения соответствующим образом располагают на территории водосбора, они должны быть определенной формы и конструкции;

– *агротехнические мероприятия* (создание мощного окультуренного пахотного горизонта, снегозадержание, специальные приемы обработки почвы и др.). Пахотный окультуренный слой почвы с мелко комковатой структурой обладает большой влагоемкостью. На таких почвах поверхностный сток мал, почти все осадки впитываются почвой. При снегозадержании на полях почвы меньше промерзают, весной больше впитывают воду, поверхностный сток уменьшается.

Из специальных приемов обработки почвы следует указать на вспашку поперек склона, при которой коэффициент поверхностного стока, например в условиях Поволжья, уменьшается более чем в 10 раз.

*Годовое распределение стока*. В зависимости от характера питания рек, что обуславливается климатом, рельефом и другими факторами, годовой сток подвержен колебаниям. По характеру его распределения реки делят на три типа: с *преобладающим весенним половодьем* (большая часть территории Российской Федерации); *предгорье Кавказа*; и с *преобладающими летними паводками* (реки высокогорий и Дальнего Востока с муссонными дождями).

## 1.6. Почвенная вода

Водно-физические свойства почвы: влагоемкость, водопроницаемость, водоотдача и водоподъемная способность зависит от типа почвы. Изменение этих свойств в благоприятную сторону является одной из важнейших задач мелиорации.

Под *влагоемкостью почвы* понимают ее способность вмещать и удерживать в себе то или иное количество воды. Она выражается максимальным содержанием воды (в процентах, квадратных метрах, тоннах, миллиметрах).

Различают несколько видов влагоемкости, которые рассматриваются в курсе почвоведения. Для мелиорации важное значение имеют следующие виды влагоемкости: полная и наименьшая (предельная полевая), влажность замедления роста растения.

*Полная влагоемкость (ПВ)* – такое состояние почвы, когда все поры заполнены водой. В количественном отношении ПВ соответствует пористости почвы  $P$ .

Полная влагоемкость рассчитывается по формуле

$$ПВ = P/\rho,$$

где ПВ – полная влагоемкость почвы, % от массы сухой почвы;  $P$  – пористость почвы, %;  $\rho$  – плотность почвы, кг/м<sup>3</sup>.

*Наименьшая влагоемкость (НВ)* – это количество влаги, после полного стекания гравитационной воды выражается в процентах от объема. Величина НВ зависит от гранулометрического состава почвы. Так, НВ для песчаных почв равна 4 – 6, супесчаных 6 – 15, легкосуглинистых 15 – 25, суглинистых и глинистых почв наименьшая влагоемкость в пределах 25 – 35 % от объема почвы.

*Влажность замедления роста (ВЗР)* – это такое содержание влаги в почве, при котором растения начинают испытывать ее недостаток и угнетаться. Влажность замедления роста находится в пределах 60 – 70 % наименьшей влагоемкости. Влажность почвы в пределах ВЗР является показателем необходимости проведения полива.

*Водопроницаемость почвы* – это способность почвы пропускать через себя воду. Она зависит от вида почвы: пески более водопроницаемы, чем суглинки и особенно глины. Однако для одной и той же почвы водопроницаемость, которая определяется скоростью поступления воды в почву, изменяется в зависимости от ее влажности.

В сухую почву вода поступает сравнительно быстро, затем скорость поступления уменьшается до более или менее постоянного значения. Это происходит потому, что в сухую почву вода поступает под действием сил притяжения твердыми частицами, сил менисков и гравитационных сил.

Постепенно происходит насыщение почвы прочно связанной, а затем капиллярной водой, водой заполняются также некапиллярные поры. Процесс впитывания воды в почву сменяется процессом ее фильтрации через почву.

В мелиорации при расчете дамб, водохранилищ и других гидротехнических сооружений важное значение имеет показатель фильтрации грунтов.

Фильтрация рассчитывается по формуле

$$q = Kh/l,$$

где  $q$  – количество воды, проходящее через  $1 \text{ м}^2$  поперечного сечения грунтов,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;  $K$  – коэффициент фильтрации,  $\text{м}/\text{ч}$ ;  $h$  – разность уровней воды в начале и конце пути фильтрации,  $\text{м}$ ;  $l$  – длина пути фильтрации,  $\text{м}$ .

Коэффициент фильтрации рассчитывается опытным путем.

Коэффициент фильтрации для чистого песка равен  $3,6 \dots 0,036 \text{ м}/\text{ч}$ , для глинистого  $0,036 \dots 0,18$ , для супеси  $0,018 \dots 0,011$ , суглинка  $0,0036 \dots 0,00018 \text{ м}/\text{ч}$ .

*Водоотдача* характеризует способность насыщенного до полной влагоемкости почвогрунта отдавать часть воды путем свободного стекания (под действием силы тяжести). Обычно водоотдача равна разности между полной и наименьшей влагоемкостей почв.

Различные по механизму и агрегатному составу почвогрунты обладают разными водными свойствами. Пески хорошо проницаемы, но маловлагоемки. Глины – наоборот, обладают большой влагоемкостью, но слабопроницаемы (водоупорны). Супеси и суглинки занимают среднее положение. Очень влагоемкими являются торфяные почвы: их водопроницаемость различная в зависимости от степени разложения и других свойств.

*Водоподъемная способность* почв характеризуется подъемом воды по капиллярам. Скорость капиллярного поднятия тем больше, чем крупнее поры, а высота подъема тем выше, чем тоньше поры, поэтому более высокий подъем наблюдается в глинах (до  $3 \dots 5 \text{ м}$ ), наименьший – в песках ( $0,5 \dots 1 \text{ м}$ ) и слаборазложившихся торфах ( $0,2 \dots 0,3 \text{ м}$ ).

Для нормального роста и развития растений в почве одновременно должны содержаться вода и воздух в определенном соотношении.

При недостатке в почве воды корни растений не могут подать требуемое количество ее к листьям (почвенная засуха). В сухой почве много воздуха, вследствие чего активизируется деятельность аэробных бактерий, а это приводит к быстрому и полному разложению органического вещества и, следовательно, к обеднению почвы. При малом содержании воды в почве повышается концентрация почвенного раствора, и растения не могут использовать его. С другой стороны, при избытке воды в почве мало воздуха. Это ухудшает дыхание корней растений, сильно замедляет процессы разложения органического вещества. В условиях недостаточной аэрации

подавляется деятельность многих видов полезных бактерий, происходит неполное анаэробное разложение органических веществ, почвы обедняются зольными элементами пищи в растворимой форме и приобретают кислую реакцию. Влажные почвы более холодные.

В переувлажненной среде образуются ядовитые вещества (почвенный токсикоз). Таким образом, от количества воды в почве зависят степень обеспечения ею растений, содержание в почве воздуха, тепловой питательный режим почвы, то есть ее плодородие. Наилучшие условия для роста растений создаются при оптимальной влажности почвы. Оптимальная влажность почвы для разных растений различна. Более того, даже для одного и того же растения она изменяется в зависимости от стадий и фазы развития и условий произрастания. Чем больше в почве питательных веществ в усвояемой форме, тем выше оптимум влажности. Оптимальная влажность зависит и от почвы (табл. 1.5).

Таблица 1.5

Оптимальная влажность минеральных и торфяных почв для отдельных культур

Культуры	Оптимальная влажность, % ПВ	
	Минеральные почвы	Торфяные почвы
Зерновые яровые	40...50	75...80
Картофель	60...70	70...75
Сахарная свекла	60...80	60...70
Капуста белокочанная	70...85	-
Огурцы	60...85	-
Лук репчатый	75...80	-
Томаты	50...70	-
Луговые сеяные травы	80...90	70...80
Полевые многолетние травы	70...80	-
Подсолнечник на силос	-	76...80

Из-за неравномерного поступления воды в почву практически невозможно поддерживать в вегетационный период оптимальную влажность, однако фактическая влажность не должна выходить за допустимые пределы.

Верхний предел допустимой влажности определяется минимальной степенью аэрации активного слоя почвы. Объем воздуха, содержащийся в этом слое почвы, должен составлять для зерновых культур не менее 20... 30, корнеплодов – 30...40 и для трав – 15...20 % общей скважности почвы (А. Н. Костяков). Сама почва частично регулирует этот предел: содержание воды в почве при влажности, равной наименьшей влагоемкости, примерно равно 60...85 % общей скважности, то есть соответствует содержанию минимального объема воздуха в почве.

Минимальная влажность почвы должна быть такой, чтобы растения не страдали от недостатка влаги и высокой концентрации почвенного рас-

творя, а также, чтобы питательные вещества находились в усвояемой для них форме. Самое минимальное содержание воды в почве определяется коэффициентом увядания (влажность устойчивого увядания), который для большинства почв и культур в 1,5...2 раза больше ее гигроскопичности (20...25 % ПВ). Однако при влажности почвы, близкой к коэффициенту увядания, резко снижается урожай в количественном и качественном отношении, поэтому минимальную влажность следует принимать равной влажности начала угнетения или влажности разрыва капилляров (по А. А. Роде). Она составляет (0,6...0,75) ППВ. Следовательно, диапазон более эффективной влажности почвы составит от 0,6 ППВ до ППВ или (0,5...0,85)  $P$ , где  $P$  – пористость почвы.

Наиболее оптимальный режим влажности почвы создается на орошаемых землях. При осушении регулируется верхний предел допустимой влажности почвы, но этого, как правило, бывает недостаточно, поэтому в настоящее время строят осушительно-увлажнительные системы, когда путем увлажнения регулируется и нижний предел влажности.

### **1.7. Грунтовые воды**

*Грунтовой* называют такую воду, которая в почвогрунте обладает способностью вытекать из грунтов в естественных или искусственных разрезах. Если выкопать шурф, то в нем устанавливается поверхность грунтовой воды. По ней замеряется глубина залегания уровня грунтовых вод.

Образование грунтовой воды связано с неодинаковой водопроницаемостью разных слоев грунта. На верхнем слабопроницаемом слое почвы происходит временный застой гравитационной воды (весной – талая вода, летом – дождевая). Это тоже грунтовая (или почвенная) вода, но чтобы подчеркнуть ее временный характер и близкое залегание, ее называют *верховодкой*.

В зависимости от геологических условий грунтовая вода может быть застойной или стекающей. Поверхность уровня застойной грунтовой воды приближается к горизонтальной, а поверхность стекающей воды отражает рельеф поверхности. Грунтовая вода, как и гравитационная, доступна для растений, но она сильно ограничивает содержание воздуха в почве.

Для развития растений в разные периоды вегетации требуется различный режим грунтовых вод.

В нечерноземной зоне грунтовые воды часто находятся на небольшой глубине. При залегании уровня грунтовых вод на глубине 1...3 м, но не глубже высоты капиллярного подъема, происходит капиллярное и пленочно-капиллярное водное подпитывание корнеобитаемого слоя почвы. При более высоком стоянии грунтовых вод наблюдается подтопление поч-

венных горизонтов, в результате чего в почве создается недостаток воздуха, и условия развития культурных растений ухудшаются.

Следовательно, при большой глубине залегания грунтовые воды не оказывают влияние на водное питание корнеобитаемого слоя почвы. При высоком стоянии, грунтовые воды вызывают избыточное увлажнение. А при каких-то средних глубинах уровня грунтовых вод они подпитывают корнеобитаемый слой, создавая оптимальные условия увлажнения.

Оптимальная глубина понижения грунтовых вод, при которой создаются наилучшие условия водного и воздушного режимов почв, в соответствии с требованиями культурных растений называется *нормой осушения*.

До последнего времени устанавливались обычно средневегетационные нормы осушения, но растения в зависимости от фазы роста и развития предъявляют неодинаковые требования к условиям внешней среды, в том числе и к водному режиму почв, поэтому кроме средних, надо знать и сезонные нормы осушения.

### **1.8. Поглощение воды культурными растениями**

В период вегетации вода поступает из почвы вместе с растворенными элементами питания в генеративные органы, принимая участие в фотосинтезе. Большая ее часть испаряется через устьица, другая часть остается в растениях (в листьях, стебле, корнях и других органах). Максимум воды аккумулируется в растениях в период плодоношения. Так, в вегетативных органах зерновых культур в период налива зерна содержится порядка 15 т/га воды. Такие культуры как кукуруза, многолетние травы и другие кормовые культуры фиксируют воды до 50 т и более на каждый гектар почвы. За период вегетации растений в процессе фотосинтеза пропускают через себя в зависимости от вида на каждую тонну урожая от 200 т (посо) до 800 т (клевер) воды. Количество воды, расходуемое растением на образование единицы сухого вещества, называется *транспирационным коэффициентом*.

### **Контрольные вопросы**

- 1) Назовите виды мелиорации, дайте им краткую характеристику.
- 2) Что определяет водный баланс суши? Приведите формулу баланса.
- 3) Перечислите зоны РФ по количеству осадков.
- 4) Перечислите приёмы регулирования испарения. Приведите формулу дефицита увлажнения.
- 5) Перечислите факторы формирования поверхностного стока и приёмы его регулирования.
- 6) Назовите водно-физические свойства почвы и принципы их регулирования.

- 7) Перечислите виды грунтовых вод и их характеристики.
- 8) Назовите норму осушения для различных растений.
- 9) Опишите требования растений к режиму грунтовых вод.

## 2. ОРОСИТЕЛЬНАЯ МЕЛИОРАЦИЯ

### 2.1. Общие сведения об орошении

*Орошение* – это искусственное увлажнение почвы. Его применяют при недостатке воды для получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур. Орошение обеспечивает наиболее благоприятные для произрастания растений водный, питательный, воздушный, тепловой, солевой и микробиологический режимы почв.

Орошение бывает:

- *увлажнительное* – пополнение недостатка влаги для различных культур. При этом вода из рек и водохранилищ по системе оросительных каналов и трубопроводов подается на поля, занятые культурой;
- *удобрительное*, когда вместе с водой на поля подаются питательные вещества;
- *утеплительное*, когда воду подают на поля, теплицы, парники для согревания почвы;
- *влажзарядковое* – создание необходимых запасов влаги в верхнем (1 м) и в более глубоком (2 м) слоях почвы;
- *промывное* – для растворения и вымывания из корнеобитаемого слоя почвы вредных солей, поступивших из глубинных слоев почвы.

Орошение может быть *регулярное* и *нерегулярное*. К нерегулярному, или однократному, орошению относят различные виды влажзарядковых поливов, в том числе и лиманное орошение для создания запасов влаги в 1,5...2 м слое. Влажзарядковое орошение проводят осенью, лиманное – весной за счет талых вод. При регулярном орошении воду на поля подают в течение всего вегетационного периода.

По площади орошение бывает *сплошным* и *выборочным*. При недостатке воды поливают не все культуры, а только кормовые, овощные, плодовые культуры и виноград. Наличие крупных оросительных систем и гидроузлов дает возможность проводить полив на больших территориях. Такое орошение называют сплошным.

При инженерном обустройстве орошение может быть *стационарным* и *подвижным*. На стационарном участке устраивают постоянную сеть оросительных каналов и трубопроводов и строят необходимые гидротехнические сооружения. Подвижное орошение применяют на обычных суходольных севооборотах. Воду на поля подают из рек и водохранилищ *пере-*



*движными* или *плавучими* насосными станциями и быстросборными металлическими или пластмассовыми трубопроводами.

Подвижное орошение сельскохозяйственных культур на больших площадях экономически более выгодно, чем орошение небольших стационарных участков, лишенное маневренности из-за ограниченности территории. Оно позволяет создать регулирующие емкости в зоне крупных оросительных каналов, где в межполивной период или в период дождей образуются большие резервы воды, использовать резервы воды непосредственно на прилегающих полях без создания регулирующих водохранилищ.

## **2.2. Влияние орошения на внешнюю среду, почву и урожай**

При орошении поливная вода оказывает воздействие на растение, создавая благоприятные водный и воздушный режимы почвы, микроклимат приземного слоя воздуха, температуру почвы, на физико-химические и биологические процессы в почве. Увлажнение повышает потенциальное плодородие почвы, обеспечивает растения доступной влагой, активно влияет на урожайность сельскохозяйственных культур. Урожаи при орошении получают в 2...5 раз выше, чем без орошения.

Температура почвы и воздуха в дневные часы на орошаемом поле ниже, а в ночное время выше, чем на неорошаемом. Поливы повышают влажность воздуха приземного слоя, уменьшают испаряемость, вследствие чего ослабляется воздушная засуха, снижается транспирация, нормализуется тургор растений. На орошаемом поле амплитуда колебаний температуры воздуха и почвы меньше, чем на неорошаемом. Все это благоприятно сказывается на росте и развитии сельскохозяйственных культур.

Поливы способствуют более интенсивному поглощению растениями солнечной энергии. В условиях богарного земледелия на фотосинтез используется не более 3 % поступающей на поверхность почвы солнечной энергии, а при орошении (при оптимальном увлажнении корнеобитаемого слоя) – 12...14 %.

Оптимальное увлажнение почвы значительно повышает качество урожая. При достаточном количестве азота в почве увеличивается содержание протеина в зерне пшеницы; в масличных культурах (подсолнечник, соя, кунжут и др.) повышается содержание жира, в сахарной свекле – сахара, в картофеле – крахмала; у хлопчатника увеличиваются длина и крепость волокна, улучшаются вкусовые качества, аромат и окраска плодов и овощей.

При оптимальном увлажнении снижается удельное сопротивление при вспашке, улучшается качество обработки почвы. Увлажненные почвы не подвергаются ветровой эрозии (дефляции).

Поливная вода, содержащая большое количество натрия, повышает щелочность почвы (поглощенный натрий способствует диспергированию, усиливает анаэробный процесс, замедляя разложение органических остатков растений, способствует накоплению гумуса и образованию комковатой структуры). Илистые наносы, приносимые на поля с поливной водой, повышают плодородие почвы.

При поливе увеличивается степень растворимости соединений фосфорной кислоты, образуется коллоидный раствор гумуса, что улучшает фосфорное питание растений.

Однако при неправильных избыточных поливах вода может оказать и неблагоприятное воздействие на почву: подъем уровня грунтовых вод, увеличение содержания в них растворимых солей и, как следствие, вторичное засоление почвы, вымывание питательных веществ из верхних слоев в нижние и др. Несвоевременные поливы, недостаточные поливные нормы снижают урожаи сельскохозяйственных культур, уменьшают эффективность использования орошаемых земель и оросительной воды.

Следовательно, благоприятное действие орошения на почву и урожай проявляется в полной мере только тогда, когда поливы проводятся правильно, в комплексе с соответствующей агротехникой, когда оросительная вода подается в сроки и в количествах, отвечающих потребностям растений. На орошаемых землях урожай сельскохозяйственных культур бывает выше, чем на богарных, то есть при орошении выносятся из почвы больше питательных веществ, чем без орошения, поэтому в орошаемые почвы рекомендуется вносить больше различных удобрений.

Повышению плодородия орошаемых земель (улучшению их физических и химических свойств, структуры почвы, увеличению гумуса) способствует введение севооборотов с посевом многолетних трав, особенно люцерны. Например, по данным исследований И. П. Сухарева (табл. 2.1), суммарная прибавка урожая люцерны (орошаемой) 1, 2 и 3-го года пользования при поливе составила соответственно 21,6; 89,7 и 73,6 на 1 га.

Таблица 2.1

Количество водопрочных почвенных агрегатов в пахотном слое до посева люцерны и после трехлетнего ее возделывания (данные И. П. Сухарева)

Орошаемое поле	Количество водопрочных почвенных агрегатов, %, с размерами фракций, мм				
	≥ 1	1...0,5	0,5...25	≤ 0,25	≥ 0,25
До посева люцерны	3,85	26,83	24,93	44,39	55,61
После трехлетнего возделывания люцерны	17,60	33,89	15,69	32,82	67,18

Содержание же сухих корней люцерны 1, 2 и 3-го года пользования в слое 0...50 см эквивалентно содержанию сырого навоза соответственно 4,4; 21 и

29 т на 1 га (это значительно выше аналогичных показателей по люцерне, выращиваемой без орошения). Если учесть, что основная корневая система люцерны развивается в слое почвы 0,7...0,8 м, то содержание корней люцерны 1, 2 и 3-го года пользования будет эквивалентно внесению сырого навоза соответственно 5,3; 25,2 и 35 т на 1 га.

Таким образом, введение в севооборот люцерны на поливном фоне способствует накоплению органического вещества в почве. С ростом же количества органических веществ улучшается и структура пахотного слоя.

### **2.3. Требования растений к водному режиму почвы**

Вода, как и другие факторы внешней среды (свет, тепло, питательные вещества, воздух и др.), необходима растениям для нормальной жизнедеятельности. Только при оптимальном сочетании этих факторов возможно получение наивысших урожаев.

В период роста растения потребляют большое количество влаги, из которого только 0,15...0,2 % идет на создание растительных тканей, а остальная часть расходуется на транспирацию листьями и стеблями. При недостатке влаги в растениях происходят неблагоприятные физиологические процессы: наблюдается угнетение, замедляется (или даже прекращается) накопление растительной массы, резко снижается урожай.

Вода из почвы всасывается корневыми волосками растений с определенной сосущей силой, равной разности осмотического и тургорного давлений. В насыщенной водой растительной клетке тургорное давление равно осмотическому и сосущая сила равна нулю, то есть растение не нуждается в воде. По мере иссушения клетки тургорное давление снижается, а осмотическое возрастает, при этом увеличивается и сосущая сила. Из почвы в растение начинает поступать влага.

Однако не всегда растения могут получить необходимое количество влаги, поскольку почва также обладает сосущей силой, то есть способна благодаря капиллярному строению всасывать и удерживать воду. Чем меньше размеры почвенных частиц и ниже влажность почвы, тем выше ее сосущая сила. При насыщении почвы водой до полной влагоемкости (ПВ) её сосущая сила равна нулю. В растение же вода может поступать, если сосущая сила корневых волосков превышает сосущую силу почвы, то есть когда влажность почвы превышает *влажность завядания растений* (ВЗР). При влажности активного (корнеобитаемого) слоя ниже ВЗР скорость передвижения влаги в почве резко снижается, и корни растений получают влаги меньше, чем расходуется на транспирацию, продуктивность растений понижается. Но и избыток влаги в почве может привести к негативным последствиям. При влажности почвы выше *наименьшей влагоемкости*

(НВ) в активном слое ухудшается газообмен, и растение испытывает недостаток в кислороде, то есть наиболее благоприятна для жизнедеятельности растений влажность в интервале ВЗР – НВ.

Потребность растений в воде неодинакова в разные фазы их развития. Для каждой культуры существуют свои критические периоды, когда недостаток влаги в почве особенно сильно снижает урожай.

Значения минимально допустимой влажности почвы для некоторых культур приведены в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Минимально допустимая влажность почвы для некоторых культур

Культура	Минимально допустимая влажность почвы, % НВ, в почвах			
	незасоленных		слабозасоленных	
	тяжелых	легких	тяжелых	легких
Хлопчатник и многолетние травы	70 – 75	65 – 70	75 – 80	70 – 75
Зерновые	65 – 70	60 – 65	70 – 75	65 – 70
Кукуруза	65 – 70	60 – 65	75 – 80	70 – 75
Корнеплоды	70 – 75	65 – 70	75 – 80	70 – 75
Картофель	65 – 75	60 – 70	75 – 80	70 – 75
Плодово-ягодные	70 – 80	60 – 70	75 – 85	70 – 75

Примечание. К легким почвам отнесены супесчаные, легкосуглинистые и частично среднесуглинистые; к тяжелым - среднесуглинистые, тяжелосуглинистые и глинистые

При выборе пределов допустимой влажности необходимо учитывать и уровень солнечной радиации. В годы с высоким уровнем радиации для получения возможно более высоких урожаев нужна и более высокая влажность почвы.

#### 2.4. Элементы режима орошения

Влажность почвы регулируют поливами. Интервал времени, в течение которого проводят полив, называют *поливным периодом*, интервал времени от начала первого полива до конца последнего – *оросительным периодом*, интервал времени между смежными поливами – *межполивным периодом*.

*Поливная норма* – количество воды, которое дают сельскохозяйственной культуре за один полив. *Оросительная норма* – количество воды, которое дают сельскохозяйственной культуре за весь оросительный период. Оросительная норма равна сумме поливных норм. Поливную и оросительную нормы выражают в кубических метрах воды на 1 га площади, занятой культурой.

*Режим орошения* – правильное установление и распределение в вегетационный период количества оросительной воды (число, нормы и сроки

полива), обеспечивающего оптимальный для данной культуры водный режим корнеобитаемого слоя почвы при данных конкретных природных и агротехнических условиях.

Различают *проектный* (или *расчетный*) и *эксплуатационный* режимы орошения. *Проектный* режим разрабатывают при проектировании оросительных систем. От него зависят объемы и сроки подачи воды на поля, размеры каналов, трубопроводов и других сооружений, объемы строительных работ и в конечном итоге стоимость оросительной системы. *Эксплуатационный* режим разрабатывают для уже построенных оросительных систем. Он необходим для оперативного и сезонного планирования водопользования.

По степени реализации *режим орошения* может быть: *полным* (рассчитан на оптимальное удовлетворение потребности растений в воде и получение наивысших урожаев), *ирригационно-возможным* (рассчитан на ограниченные водные ресурсы) и *хозяйственно-возможным* (учитываются трудовые ресурсы, сельскохозяйственные машины, поливная техника и др.).

## 2.5. Расчет оросительных норм

Режим орошения сельскохозяйственных культур разрабатывают на основе *водного баланса орошаемого поля*, то есть соотношения прихода и расхода воды на поле с учетом изменения ее запасов в почве за определенный промежуток времени (декада, месяц, вегетационный период и др.).

Основные расходные составляющие водного баланса – транспирация влаги растениями и физическое испарение с поверхности почвы.

Основные приходные составляющие водного баланса – атмосферные осадки и влага, поступающая в корнеобитаемый слой из грунтовых вод (при их неглубоком залегании).

При естественных условиях влагообеспеченности часто в почву поступает воды меньше, чем необходимо для оптимального водопотребления культур. Этот недостаток влаги называют *дефицитом водного баланса* и восполняют подачей на поле оросительной воды.

*Оросительную норму*, обеспечивающую в вегетационный период оптимальный водный режим почвы, находят из *уравнения водного баланса*

$$M = E - \alpha P - W_{\Gamma} - (W_{\text{н}} - W_{\text{к}}),$$

где  $M$  – оросительная норма, м<sup>3</sup>/га;  $E$  – суммарное водопотребление культуры, м<sup>3</sup>/га;  $\alpha$  – коэффициент использования осадков, составляет 0,3...0,5 для засушливой зоны и 0,5...0,7 для зон недостаточного и неустойчивого увлажнения;  $P$  – количество осадков за период вегетации, м<sup>3</sup>/га, принимают 75...95 % от расчетной обеспеченности;  $W_{\Gamma}$  – количество влаги, поступающей капиллярным путем из грунтовых вод при близком их залегании,

$\text{м}^3/\text{га}$ ;  $W_n$  – запасы влаги в корнеобитаемом слое почвы в начале вегетационного периода,  $\text{м}^3/\text{га}$ ;  $W_k$  – запасы влаги в активном слое почвы в конце вегетационного периода данной культуры,  $\text{м}^3/\text{га}$ .

*Суммарное водопотребление* можно определить следующими способами: непосредственными измерениями в полевых условиях; принять по аналогам, в условиях, близких к проектируемым; или вычислить, например по коэффициентам водопотребления и планируемой урожайности (по А. Н. Костякову). Расчет планируемой урожайности выполняют по формуле

$$E = Y * K,$$

где  $E$  – суммарное водопотребление,  $\text{м}^3/\text{га}$ ;  $Y$  – планируемая урожайность,  $\text{т}/\text{га}$ ;  $K$  – коэффициент водопотребления,  $\text{м}^3/\text{т}$ .

Коэффициент водопотребления показывает, сколько воды требуется для формирования единицы урожая. Значения его принимают по опытным данным научно-исследовательских учреждений.

Для основных культур, выращиваемых в засушливых районах РФ, рекомендуются следующие значения коэффициентов водопотребления и суммарного водопотребления (табл. 2.3).

## 2.6. Расчет поливных норм

Поливная норма рассчитывается по формулам

$$m = 100 * H * \rho * (\gamma_0 - \gamma_1),$$

или

$$m = H * A * (\beta_n - \beta_0),$$

где  $m$  – поливная норма,  $\text{м}^3/\text{га}$ ;  $H$  – активный слой почвы,  $\text{м}$ ;  $\rho$  – средняя плотность активного слоя почвы,  $\text{т}/\text{м}^3$ ;  $\gamma_0$  – оптимальная влажность активного слоя почвы, % массы сухой почвы, соответствует 90...100 % НВ;  $\gamma_1$  – влажность активного слоя почвы перед поливом, % массы сухой почвы;  $A$  – скважность (пористость) активного слоя почвы, %;  $\beta_n$  – наименьшая влагоемкость активного слоя почвы, % от скважности;  $\beta_0$  – запасы влаги перед поливом в активном слое почвы, % от скважности.

Таблица 2.3

Коэффициенты водопотребления и суммарное водопотребление для основных культур в засушливых районах РФ  
(для среднесухого года)

Культуры	Начальный период освоения орошаемых земель			Полное освоение орошаемых земель		
	Продуктивная часть урожая У, т на 1 га	Коэффициент водопотребления К, м <sup>3</sup> /т	Суммарное водопотребление Е, тыс. м <sup>3</sup> /га	Продуктивная часть урожая У, т на 1 га	Коэффициент водопотребления К, м <sup>3</sup> /т	Суммарное водопотребление Е, тыс. м <sup>3</sup> /га
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
Озимая пшеница и рожь	3,5 - 4,0	1200 - 1500	4,5 - 5,0	5,0 - 6,0	900 - 1250	5,0 - 5,5
Яровые колосовые	2,5 - 3,5	1400 - 1800	4,5 - 5,0	3,5 - 4,5	1100 - 1400	5,0 - 5,5
Просо	3,0 - 4,0	1200 - 1500	4,5 - 5,0	4,5 - 5,5	900 - 1250	5,0 - 5,5
Горох и фасоль	2,5 - 3,0	1350 - 1800	4,0 - 4,5	3,5 - 4,0	1120 - 1450	4,5 - 5,0
Подсолнечник	2,5 - 3,0	1500 - 2000	4,5 - 5,0	3,5 - 4,0	1120 - 1450	5,0 - 5,5
Кукуруза (зерно)	5,0 - 6,0	750 - 1000	4,5 - 5,0	7,0 - 8,0	630 - 860	5,5 - 6,0
Кукуруза (силос)	50,0 - 60,0	75 - 100	4,5 - 5,0	70,0 - 80,0	63 - 86	5,5 - 6,0
Сорго (зерно)	4,0 - 5,0	900 - 1250	4,5 - 5,0	5,0 - 7,0	800 - 1000	5,0 - 6,0
Сахарная и кормовая свекла	20,0 - 25,0	200 - 220	4,5 - 5,0	30,0 - 35,0	150 - 170	5,5 - 6,0
Свекловичные высадки	5,0 - 6,0	650 - 1000	4,5 - 5,0	8,0 - 10,0	500 - 750	5,0 - 6,0
Картофель	45,0 - 50,0	120 - 130	5,5 - 6,0	60,0 - 80,0	90 - 120	6,5 - 7,0
Табак	2,0 - 3,0	1500 - 2000	4,5 - 5,0	4,0 - 5,0	1000 - 1370	5,5 - 6,0
Хлопчатник	2,0 - 3,0	2500 - 3000	7,0 - 7,5	3,5 - 4,0	2500 - 2700	8,0 - 9,0
Капуста	50,0 - 60,0	100 - 120	5,0 - 6,0	70,0 - 80,0	75 - 100	6,0 - 7,0
Огурцы	40,0 - 45,0	100 - 120	5,0 - 5,5	50,0 - 60,0	110 - 130	6,0 - 6,5
Томаты	40,0 - 45,0	100 - 120	4,5 - 5,0	50,0 - 60,0	80 - 120	5,0 - 6,0

Продолжение табл. 2.3

1	2	3	4	5	6	7
Баклажаны и перец	40,0 - 45,0	100 - 120	4,5 - 5,0	50,0 - 60,0	80 - 120	5,0 - 6,0
Лук (на репку)	30,0 - 35,0	120 - 150	4,5 - 5,0	40,0 - 45,0	110 - 150	5,0 - 6,0
Морковь	40,0 - 50,0	100 - 125	4,5 - 5,0	60,0 - 70,0	80 - 100	5,5 - 6,0
Свекла столовая	40,0 - 45,0	100 - 125	4,5 - 5,0	50,0 - 60,0	100 - 120	5,5 - 6,0
Бахча (арбузы и дыни)	35,0 - 40,0	120 - 140	4,5 - 5,0	50,0 - 60,0	100 - 110	5,5 - 6,0
Кнопля (стебли)	6,0 - 8,0	500 - 750	4,0 - 5,0	10,0 - 12,0	500 - 600	5,5 - 6,0
Кенаф (стебли)	8,0 - 10,0	400 - 630	4,0 - 5,0	12,0 - 15,0	400 - 500	5,5 - 6,0
Рис (затопление)	4,0 - 5,0	1600 - 2500	8,0 - 10,0	6,0 - 7,0	1500 - 2500	12,0 - 15,0
Люцерна (сено)	10,0 - 12,0	500 - 750	5,0 - 6,0	15,0 - 20,0	350 - 540	7,0 - 8,0
Люцерна (семена)	0,5 - 0,6	7000 - 10 000	4,5 - 5,0	0,8 - 1,0	6000 - 8500	6,0 - 7,0
Однолетние травы (суданка, могар)	5,0 - 6,0	670 - 1250	4,5 - 5,0	8,0 - 10,0	500 - 750	5,0 - 6,0
Ягодные	4,0 - 6,0	850 - 1100	4,5 - 5,0	8,0 - 10,0	600 - 650	5,0 - 6,0
Плодовые	15,0 - 20,0	250 - 350	5,0 - 5,5	25,0 - 30,0	200 - 280	6,0 - 7,0
Виноград	15,0 - 20,0	250 - 350	5,0 - 5,5	25,0 - 30,0	200 - 280	6,0 - 7,0



Для получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур на орошаемых землях поливы следует проводить своевременно и качественно. Необходимо промачивать слой почвы, в котором располагается основная масса корневой системы растений (табл. 2.4). Это обеспечивает сельскохозяйственные растения в достаточном количестве водой и активизирует микробиологические процессы.

Таблица 2.4

Оптимальная глубина промачиваемого слоя почвы для некоторых культур

Культуры и фазы развития	Глубина активного слоя, м	Культуры и фазы развития	Глубина активного слоя, м
Хлопчатник: - при бутонизации - цветении - созревании	0,5 - 0,6 0,7 - 1,0 0,5 - 0,6	Кукуруза: - до выбрасывания метелки - после выбрасывания метелки	0,4 - 0,5 0,6 - 0,8
Зерновые: - при кущении - трубковании	0,4 - 0,5 0,6 - 0,8	Капуста, огурцы, лук: - при ускорении - максимальном развитии	0,2 - 0,3 0,3 - 0,6
Сахарная свекла: - при ускорении - развитии листьев - образование корнеплодов	0,3 - 0,4 0,4 - 0,5 0,6 - 0,7	Томаты, картофель, корне- плоды: - при ускорении - максимальном развитии	0,3 - 0,4 0,5 - 0,7
Многолетние травы	0,6 - 0,8	Сады и виноградники	0,7 - 1,2

Глубина промачивания зависит от исходной влажности почвы, ее физического состояния и количества выпавших осадков. При высокой влажности почвы вода быстрее проникает в глубь нее, при низкой – часть впитавшейся воды расходуется на повышение влажности и насыщение почвы до наименьшей влагоемкости.

Перед поливом влажность почвы не превышает 60 % НВ. При такой влажности почвы слой воды в 1 мм, данный поливом, будет промачивать слой почвы глубиной в 1 см. Следовательно, для промачивания слоя почвы на глубину 30, 60 и 80 см поливная норма соответственно должна составлять 30, 60 и 80 мм (или 300, 600 и 800 м<sup>3</sup>/га).

## 2.7. Определение сроков поливов

Для нормального развития растений решающим фактором является своевременность обеспеченности водой.

Сроки поливов назначают в зависимости:

- от фазы развития растений – в определенные критические фазы, когда чувствительность растений к недостатку влаги высока;
- от физиологических показателей состояния растений. Чаще всего учитывают концентрацию клеточного сока в листьях, снижение ее до оп-

ределенного предела (в зависимости от вида выращиваемых культур) говорит о недостатке влаги в почве и необходимости полива;

– от влажности почвы – при снижении содержания влаги до минимально допустимых значений. В расчетном слое почвы (1...1,2 м, но в период вегетации может изменяться) поддерживают оптимальную влажность. Необходимую глубину увлажнения в период вегетации сельскохозяйственных культур устанавливают по тепловой или биофизической кривой, так как при оптимальном увлажнении почвы накопление биомассы и развитие корневой системы подчиняется энергетическим факторам.

Для отдельных сельскохозяйственных культур сроки и число поливов колеблются в значительных пределах, в зависимости от района и влажности.

## 2.8. Расчет оросительного гидромодуля

После расчета режима орошения (оросительных и поливных норм) отдельных сельскохозяйственных культур устанавливают режим орошения полей севооборота. При этом учитывают потребность в воде каждой культуры севооборота, почвенные и гидрогеологические условия всех полей, плановые задания по урожаям орошаемых культур и организацию орошаемого хозяйства.

Режим орошения в севообороте изображают в виде графика гидромодуля  $q$ , который выражает потребный расход воды на единицу площади посева сельскохозяйственных культур орошаемого севооборота.

Расчетный расход оросительной системы может быть вычислен по формуле

$$Q_{\text{нт}} = q * F,$$

где  $Q_{\text{нт}}$  – расчетный расход оросительной системы, л/с;  $q$  – гидромодуль, л/с на 1 га;  $F$  – площадь орошаемого севооборота, га.

Гидромодуль вычисляется по формуле

$$q = \alpha m / (86\ 400 t),$$

где  $\alpha$  – состав культур в севообороте, %;  $m$  – поливная норма, м<sup>3</sup>/га;  $t$  – поливной период культуры, сут (расчет проводят на круглые сутки, то есть 86 400 с).

Такие расчеты осуществляют для всех поливов и культур. По уточненным данным строят укомплектованный график гидромодуля. При этом соблюдают следующее: одновременно можно поливать не более двух культур; сроки полива не должны выходить за пределы допустимых; поливы можно проводить не позже намеченных сроков и не раньше, чем за 3 сут до них; поливной период нельзя увеличивать; средний день полива

можно сдвигать для кукурузы, трав, зерновых, овощных и технических культур на 4...5 сут, для хлопчатников на 3... 4, сут; нельзя допускать снижения предполивной влажности ниже минимальных запасов влаги в почве; межполивной период можно изменять на 5...7 сут.

Расход воды для каждого полива определяется по формуле

$$Q = m * F_k / (3,6 * T * t * \beta),$$

где  $Q$  – расход воды, л/с;  $m$  – поливная норма, м<sup>3</sup>/га;  $F_k$  – площадь, занятая культурой, га;  $T$  – продолжительность данного полива, сут;  $t$  – продолжительность полива в течение суток; ч;  $\beta$  – коэффициент техники полива, учитывает сток и просачивание влаги ниже расчетного слоя почвы. При поливах без сброса  $\beta = 0,7...0,95$ .

## 2.9. Виды поливов сельскохозяйственных культур

С агромелиоративной и организационно-хозяйственной точки зрения можно выделить следующие виды поливов:

– *предпосевной полив* – проводят с целью увлажнения почвы и получения дружных и полных всходов, укоренения и быстрого роста и развития сельскохозяйственных культур в начальный, по существу решающий, период их жизни. Поливная норма 600...800 м<sup>3</sup>/га (с расчетом увлажнения слоя почвы на 0,6...0,8 м). Поливы осуществляют по бороздам, напуском по полосам и многоопорными дождевальными машинами;

– *предпосевной влагозарядковый полив* – проводят перед посевом с целью получения не только дружных и полных всходов, но и создания запасов влаги в более глубоких (1,5...2 м) слоях почвы. Поливная норма 800...1500 м<sup>3</sup>/га. Поливы выполняют обычно по глубоким бороздам или напуском по полосам;

– *влагозарядковый полив* – проводят в осенний, или предзимний, период с целью создания запасов воды в слое 1,5...2 м. Для озимых и яровых колосовых, сахарной свеклы, плодовых культур и винограда полив осуществляют, как правило, по глубоким бороздам или напуском по полосам или чекам нормой 800...1200 м<sup>3</sup>/га;

– *провокационный полив* – выполняют с целью вызвать прорастание сорняков. Он имеет большое значение на засоренных землях в степных районах, где из-за сухости почвы семена сорняков накапливаются и в естественных условиях не прорастают. Осенью после уборки урожая дают предпахотный полив с использованием существующей поливной сети, а затем после всхода сорняков проводят культивацию. Эти операции повторяют несколько раз. Сорняки уничтожаются не только в верхнем, но и в глубоких слоях почвы. Для провокационных поливов рекомендуется применять дождевание с промачиванием почвы на 0,25...0,3 м;

– *подпитывающий полив* – относится также к провокационным. Его выполняют, когда вслед за посевом устанавливается длительная (в течение двух-трех недель) сухая погода, чтобы не погибли семена. На полях высевают быстро растущую маячную культуру и по ее всходам определяют направление посевных борозд. Для получения дружных и полных всходов пропашных, бахчевых и других культур полив осуществляют дождеванием;

– *вегетационный полив*, является основным. Для его проведения надо знать не только биологию сельскохозяйственных культур и сроки наступления наиболее ответственных фаз и периодов роста и развития, но и влажность почвы, погодные условия в период вегетации. Во многих районах европейской территории РФ поливы в период вегетации можно рассматривать как добавление к осадкам. Вегетационные поливы имеют большое агротехническое значение. Они во многом определяют эффективность удобрений. Их осуществляют различными способами: по бороздам, напуском, затоплением, дождеванием. Поливные нормы составляют 400...1200 м<sup>3</sup>/га.

По физиологическому значению вегетационные поливы могут быть *увлажнительными* (для поддержания в активном слое определенной влажности) и *освежительными* (для повышения влажности приземного слоя почвы, охлаждения и предохранения от загрязнения листьев, а следовательно, улучшения ассимиляции и фотосинтеза);

– *промывной полив*, проводят, как правило, в осенний или осенне-зимний период для удаления из почвогрунтов в дренажную сеть избытка водорастворимых солей (капитальная промывка) или и в профилактических целях. Капитальную промывку выполняют обычно один-два раза за ротацию севооборота, профилактическую – через один-два года в виде влагозарядкового полива повышенной нормой (2,2...2,5 тыс. м<sup>3</sup>/га) напуском по полосам или чекам.

## 2.10. Источники орошения и обводнения

Для орошения могут быть использованы *поверхностные* и *подземные* воды. Основные поверхностные источники орошения и обводнения – воды рек, озер, водохранилищ, местный сток.

*Местным* стоком называют сток талых и дождевых вод временных водотоков или овражно-балочной сети. Это огромный резерв пресной воды, который можно использовать для орошения. Его собирают в прудах и водохранилищах, устраиваемых в глубоких балках (плотинами перегораживают малые реки, ручьи и т. д.).

В Центрально-Черноземной зоне водами местного стока орошают около 400 тыс. га. В Поволжье местный сток является базой широкого развития лиманного орошения.

Улучшение водного режима земель лесостепных и степных районов связано не только со строительством прудов и водоемов, но и с проведением агромелиоративных мероприятий по задержанию и использованию вод местного стока.

Основные *подземные источники* орошения обводнения — подземные грунтовые воды, подземные водотоки, грунтовые бассейны.

Подземные грунтовые воды образуются в рыхлых обломочных или зернистых породах водоносного пласта, обладающих более или менее постоянной водопроницаемостью, и подчиняются законам фильтрации.

Подземные водотоки находятся в сплошных горных породах (трещинах, провалах, пещерах) в виде сплошного жидкого тела (подобно поверхностным водотокам).

Грунтовый бассейн образуется в том случае, когда подземные воды находятся в мелких порах породы в виде подземного водоема и подстилается водоупорным слоем.

Для использования подземных вод строится колодец или скважина.

## 2.11. Пруды и другие местные водоемы

Для сельскохозяйственного водоснабжения и обводнения, а также для орошения часто строят искусственные водохранилища: пруды, копани, наливные водоемы. Наибольшее распространение получили *пруды*, которые создают устройством *плотины* поперек балки или русла реки. Плотины выполняются из грунта, камня, дерева, железобетона и др. При небольшом напоре (до 6...8 м) наибольшее распространение получили земляные плотины.

*Земляная плотина* — это насыпь поперек балки (рис. 2.1). В поперечном сечении тело плотины (насыпи) имеет форму неравнобокой трапеции.

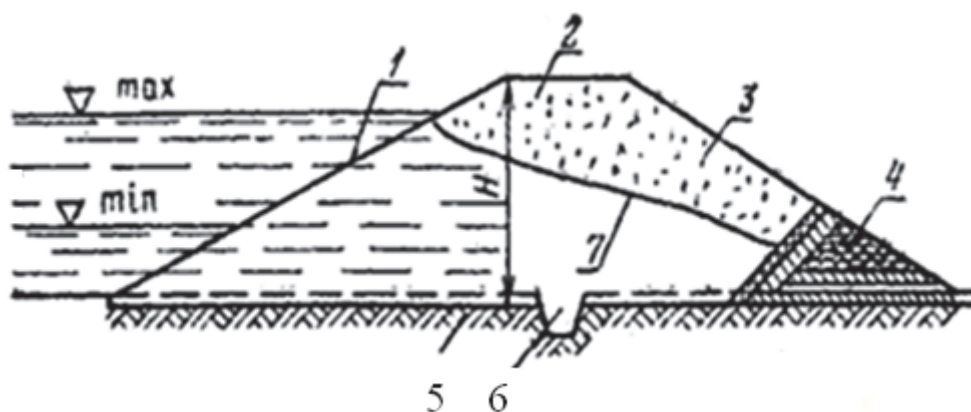


Рис. 2.1. Поперечный профиль однородной плотины с замком  
1 — верховой (мокрый) откос; 2 — гребень; 3 — сухой (низовой) откос;  
4 — дренаж; 5 — основание; 6 — замок; 7 — линия депрессии грунтовых  
вод в теле плотины с пластичным ядром

Плотина состоит из следующих основных элементов: гребень, основание (подошва), верховой (мокрый) и низовой (сухой) откосы. Расстояние (по вертикали) от гребня до основания называется высотой плотины. Высота плотины по длине изменяется от нуля до наибольшего значения в районе русла реки.

**Типы земляных плотин.** Тело плотин должно быть достаточно водонепроницаемо. Наиболее подходят для возведения плотин средние суглинки; глины и тяжелые суглинки при насыщении водой и замерзании пучатся, при высыхании дают трещины, поэтому при их применении необходимо сверху насыпать защитный слой более легкого грунта (около 1,0...1,5 м). Для плотин применяют также супеси и пески, но обычно в сочетании с дополнительными мероприятиями по уменьшению фильтрации воды через тело плотины. Поэтому земляные плотины в зависимости от грунтов, применяемых для их устройства, а также от грунтов, слагающих дно и берег балки, устраивают различных типов: однородные, с пластинчатым экраном, с жесткой диафрагмой, смешанные.

Для уменьшения фильтрации воды в теле плотины устраивают ядро из достаточно водонепроницаемого грунта (глины, тяжелого суглинка, глинобетона) трапециoidalного сечения с коэффициентом откоса 1:5...1:12. Толщину ядра рекомендуется вверху принимать не менее 1,0...1,5, внизу – не менее 3 м. Нижняя часть ядра, называемая замком, врезается в водонепроницаемый грунт не менее чем на 0,5 м и должна иметь ширину не менее 1,0 м. Верх ядра превышает максимальный уровень воды в пруду не менее чем на 0,5...0,75 м. Поверх ядра должен быть защитный слой грунта не меньше глубины промерзания.

Ядро применяют при насыпке тела плотины из водопроницаемых грунтов, но при достаточно водонепроницаемом основании. При насыпке тела плотины более водопроницаемый грунт употребляют на низовой откос; плотины с пластичным экраном (рис. 2.2, б). Экраном называется наклонная стенка, устраиваемая в теле плотины (вдоль верхового откоса) из глины или суглинка.

Тело плотины в этом случае насыпают из водопроницаемого грунта. Сверху экран прикрывают защитным слоем (от промерзания и образования трещин) толщиной не менее 1,5 м из песчано-гравелистых грунтов. Толщину экрана принимают вверху не менее 1,0 м, внизу не менее 2,0 м. Экран сопрягают с основанием плотины зубом (замком). Над максимальным уровнем воды в водохранилище экран возвышается не менее чем на 0,5...0,75 м.

В последнее время применяют слоистые торфяные экраны, экраны из глинобетона (смесь глины с песком и гравием), полимерные пленки, а также жесткие экраны из бетона и железобетона.

При проницаемом основании иногда устраивают понур, который является горизонтальным продолжением пластичного экрана в сторону пруда.

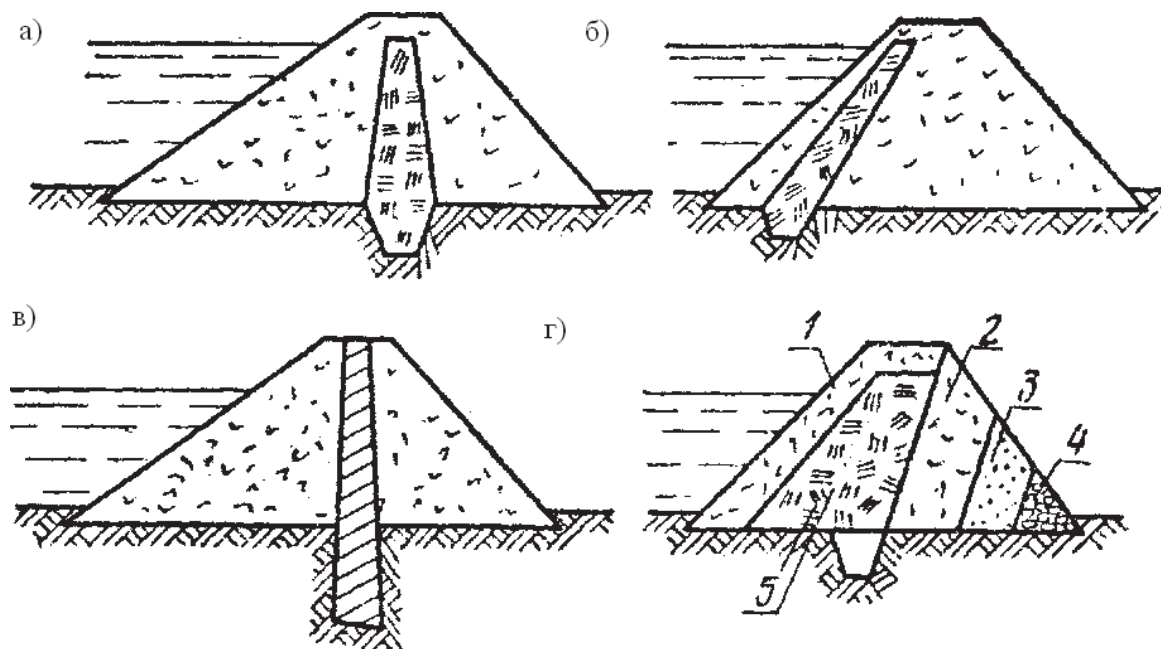


Рис. 2.2. Типы земляных плотин:

а – с пластинчатым ядром; б – с пластинчатым экраном; в – с жесткой диафрагмой; г – смешанные; 1 – защитный слой; 2 – супесь; 3 – песок; 4 – гравий; 5 – суглинок

При глубоком промерзании грунтов экран применять нецелесообразно. В этих случаях рекомендуется устраивать плотины с ядром, которое лучше, чем экран защищено от промерзания; плотины с жесткой диафрагмой из камня, железобетона и бетона устраивают при отсутствии подходящего грунта для ядра и экрана (рис. 2.2, в); смешанные плотины делают из разнородных материалов, причем с верховой стороны насыпают менее проницаемые грунты (рис. 2.2, г). Смешанные плотины часто устраивают при намывном способе их возведения.

Особое внимание при устройстве плотины обращают на то, чтобы не было фильтрации воды под плотинной. Фильтрация вызывает не только потери воды, но и вынос мелких частиц грунта, что ослабляет основание плотины и может привести ее к оседанию и разрушению. Если грунт под плотинной устойчив и водонепроницаем, то после снятия растительного слоя устраивают замок глубиной 0,5... 1,0 м. Замок – это траншея, прорезающая дно и берега балки по всей длине плотины (несколько выше проектного уровня воды), ширина ее по дну 1,0... 1,5 м, откосы половинные. Траншею послойно забивают водонепроницаемым грунтом – глиной (рис. 2.3).

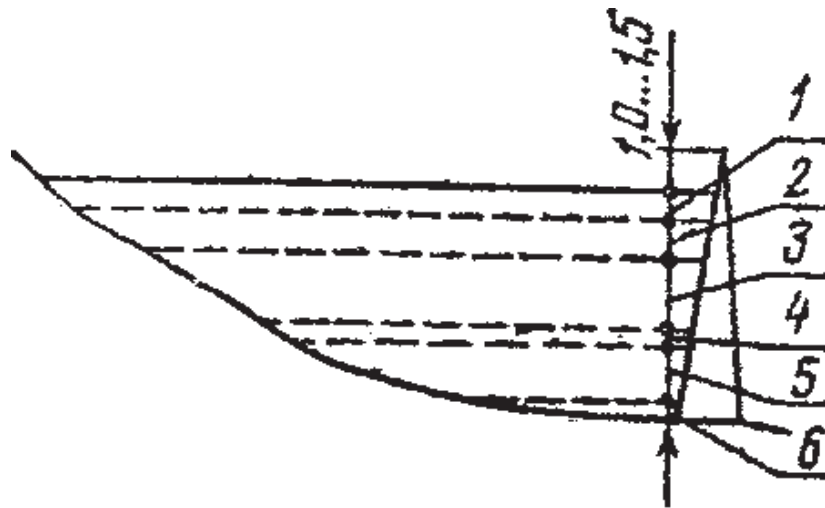


Рис. 2.3. Расчетные слои воды в продольном профиле пруда:  
 1, 2, 3, 4, 5, 6 – объемы воды соответственно на испарение, фильтрацию,  
 потребление, льдообразование, мертвый и на заиливание

Если водоупорный слой залегает на некоторой глубине от поверхности (но не глубже 3 м), то также устраивают замок (зуб) на такую глубину, чтобы он врезался в водоупорный слой не менее чем на 0,5...0,6 м. При глубине водоупорного слоя 3...6 м сверху строят замок на глубину 2...3 м, а ниже забивают шпунтовую стенку, которая должна на 1 м войти в водоупорный слой и на 0,5 м в замок. Сопряжение тела плотины с берегами балки выполняют по наклонным плоскостям короткими уступами; на вертикальных уступах образуются трещины.

*Поперечный профиль плотины.* Размеры поперечного профиля плотины определяют в зависимости от грунта, из которого насыпают тело плотины, а также с учетом грунта балки. От размеров поперечного профиля и грунтов зависят устойчивость плотины, способность сопротивляться сдвигу, а также ее стоимость. Ширину гребня плотины при отсутствии по ней автогужевого движения принимают равной минимум 3 м. Если по плотине проходит дорога, то ширину гребня назначают в соответствии с классом дороги, но не менее 4...6 м. Гребень плотины устраивают с уклоном от середины к краям (0,03...0,06).

Коэффициенты заложения откосов для небольших плотин зависят от грунта: для сухого откоса в суглинках – 1,5...2,0, в супесях – 2,0...2,5 и в песках – 2,5...3,0; для мокрого откоса – соответственно 2,5...3,0; 3,0...3,5 и 3,5...4,0. Чем больше высота плотины, тем положе откос.

Гребень плотины должен быть выше наивысшего уровня воды в водохранилище (при паводках). Это превышение гребня над наивысшим уровнем воды должно быть таким, чтобы не было перелива через гребень при образовании волн. Обычно оно равно 1...2 м в зависимости от волны, слоя воды на пороге водосброса и народнохозяйственной значимости плотины.



Высота плотины равна сумме максимальной глубины воды и превышения гребня над наивысшим уровнем воды. Глубина же воды зависит от потребного объема воды, вместимости чаши пруда и условий заполнения ее. Все эти вопросы решаются при водохозяйственном расчете пруда.

**Водохозяйственный расчет пруда.** При водохозяйственном расчете пруда определяют потребный объем воды и наполнение пруда.

Потребный объем воды в прудах складывается из мертвого (неприкосновенного) запаса, расходов воды на водоснабжение, орошение и другие хозяйственные нужды, потерь воды на фильтрацию и испарение (рис. 2.4).

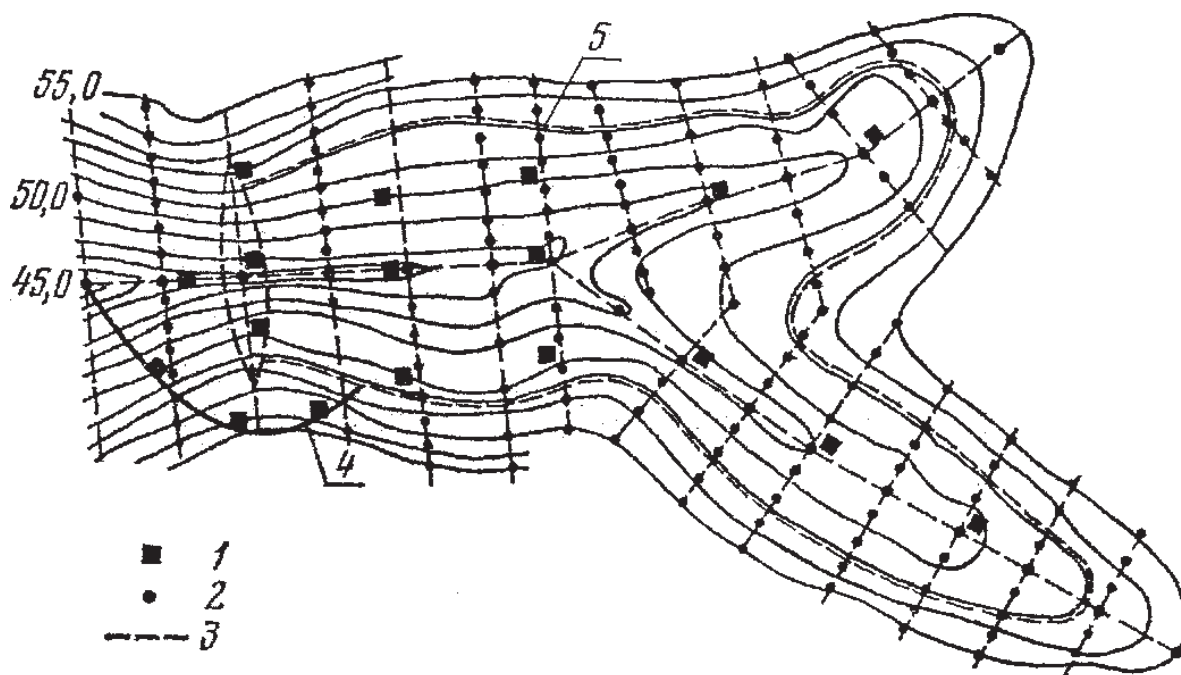


Рис. 2.4. План пруда в горизонталях: 1 – шурфы; 2 – пикеты; 3 – нивелирные ходы; 4 – линия водослива; 5 – урез поверхности воды

Мертвый запас должен быть таким, чтобы летом глубина воды была не менее 1,5...2 м (санитарная норма, чтобы не было нагрева и ухудшения воды), а зимой не менее 0,7... 1,0 м, не считая слоя воды на льдообразование (для перезимовки рыбы). Кроме того, мертвый объем используется для отложения наносов. Слой воды на заиливание принимают по аналогии с другими прудами или устанавливают специальными расчетами в зависимости от твердого стока и принятого срока очистки пруда. При облесенном водосборе или целине среднегодовой слой заиливания равен 1,7...4,0 см. При распаханых водосборах заиливание достигает 20...22 см в год. Чистку пруда предусматривают через 15...40 лет.

Объем воды на водоснабжение определяют в зависимости от вида потребителей (на бытовые нужды, для производственных предприятий,

тушения пожаров, водоснабжения скотных дворов и пр.), их числа и норм потребления.

Объем воды для орошения устанавливают в зависимости от оросительных норм и площади орошения.

Потери воды на испарение определяются по данным ближайших метеорологических станций, а при отсутствии данных – по формуле

$$e = 0,55 d 0,8(1 + 0,12v),$$

где  $e$  – среднесуточное испарение, мм (за год);  $d$  – среднесуточный дефицит влажности, мм;  $v$  – средняя суточная скорость ветра, м/с.

Приблизительный слой испарения с водной поверхности в год для некоторых пунктов составляет: Астрахань – 1000; Саратов – 800; Москва – 500; Санкт-Петербург – 400; Архангельск – 300 мм.

Потери воды на фильтрацию из прудов зависят от ряда факторов, для приближенных расчетов можно определить по табл. 2.5.

Особенно большая фильтрация наблюдается в первые годы после строительства пруда, но по мере заиления пруда она уменьшается. Иногда для борьбы с фильтрацией применяют ряд специальных мероприятий (кольматаж, солонцевание, полиэтиленовые пленки и др.).

Таблица 2.5

Потери воды на фильтрацию

Гидрологические условия балки	Годовая фильтрация	
	Слой воды, м	Доля объема пруда, %
Водонепроницаемые грунты и близкое залегание грунтовых вод (хорошие условия)	0,5	5...10
Слабоводопроницаемые грунты (средние условия)	0,5...1,0	10...20
Проницаемые неводоносные грунты (плохие условия)	1,0...2,0	20...40

Мертвому объему воды соответствует уровень мертвого объема (УМО). На отметке УМО располагают порог шлюза или трубу для забора или выпуска воды из пруда.

Полезный объем воды (на потребление) вместе с объемом воды на фильтрацию и испарение составляет рабочий объем.

Рабочий объем вместе с мертвым объемом дает полный объем пруда. Ему соответствует нормальный подпорный уровень (НПУ), который поддерживают в нормальных условиях эксплуатации. В чрезвычайных условиях эксплуатации временно допускается форсированный подпорный уровень (ФПУ), который выше НПУ.

Расчет наполнения прудов производят в большинстве случаев на сток весенних талых вод по формуле

$$W_c = FH\delta\sigma,$$

где  $W_c$  – суммарный весенний сток с водосборной площади, м<sup>3</sup>;  $F$  – площадь водосбора, м<sup>2</sup>;  $H$  – мощность снега перед весенним снеготаянием, м;  $\delta$  – плотность снега, кг/м<sup>3</sup>;  $\sigma$  – коэффициент стока.

Если пруд устраивают на постоянных водотоках (реках), то расчет наполнения пруда проводят по формуле

$$W = 31\,536\,qF,$$

где  $W$  – суммарный сток за год, м<sup>3</sup>;  $q$  – среднегодовой модуль стока, л/(с\*га);  $F$  – водосборная площадь, га.

Сток сильно изменяется как по отдельным районам России, так и по годам. Пруды обычно рассчитывают на сток при обеспеченности 80 %. В случае недостатка стока расчет проводят таким образом, чтобы недостаток пополнялся остатком от предыдущего года.

После расчета наполнения пруда вычисляют вместимость (объем) чаши пруда. Для этого на плане балки в горизонталях планиметром определяют площади, ограниченные каждой горизонталью и осью плотины. После этого находят объем слоя между каждой парой соседних горизонталей по формуле

$$V_{1-2} = (f_1 + f_2)h/2,$$

где  $V_{1-2}$  – объем между двумя соседними горизонталями, м<sup>3</sup>;  $h$  – высота сечения (превышение одной горизонтали над другой), м;  $f_1, f_2$  – площади, ограниченные этими горизонталями, м<sup>2</sup>.

Суммированием этих объемов между каждой парой горизонталей получают общий объем пруда.

Приближенно вместимость чаши пруда можно определить по формуле

$$V = KBHL,$$

где  $V$  – вместимость чаши пруда, м<sup>3</sup>;  $K$  – коэффициент, принимаемый в зависимости от формы поперечного сечения балки, равный 0,16...0,25;  $B$  – ширина пруда (водохранилища) у плотины, м;  $H$  – наибольшая глубина пруда у плотины, м;  $L$  – длина пруда, м.

При вычислении объема пруда по горизонталям получают объемы при разной глубине воды. По этим данным строят кривую объемов: откладывают по оси ординат глубины воды, а по оси абсцисс – объемы воды. Пользуясь этой кривой, по глубине воды можно определить соответствующий объем и наоборот. Аналогичная кривая может быть построена и для площади поверхности пруда.

*Водосбросные и водовыпускные сооружения.* Водосбросы устраивают для сброса избытка воды главным образом весной. Водовыпуски по-

зволяют выпустить из пруда всю воду или до определенного ее уровня. На плотинах высотой до 6 м эти сооружения могут совмещаться.

Часто применяют совмещенный водосброс-водовыпуск в теле плотины. На всю высоту плотины при ее насыпке оставляют прорезь с бетонными стенками и дном. Прорезь закрывают щитами, которые могут подниматься. При поднятых щитах сооружение работает как водовыпуск, через который можно выпускать всю воду (для очистки, отлова рыбы и т. п.). Прорезь обычно закрыта щитами, в этом случае происходит только сброс воды, когда её уровень находится выше НПУ. Иногда водосброс устраивают в виде канала в обход плотины, а водовыпуски – в виде труб в теле плотины или сифонов. Ширину отверстия водосброса рассчитывают на максимальный весенний сток.

*Выбор места под пруд и плотину.* При выборе места под пруд и плотину следует учитывать удобство их использования, природные и санитарные условия, а также экономические требования. Пруды должны иметь достаточную водосборную площадь для наполнения водой, но в то же время располагаться в верхних и средних частях балок, что позволит подать воду самотеком (без механического подъема) для орошения и водоснабжения. Грунты дна и берегов балки выше плотины выбирают слабопроницаемыми, в противном случае будут большие потери воды на фильтрацию. Уклоны дна балки под водохранилищем должны быть небольшими (не более 0,005), в этом случае объем пруда при одном и том же объеме плотины будет больше. Еще лучше, если балка расширяется или разветвляется выше намеченного места под плотину. Место под плотину желательно выбирать ниже выхода ключей или пластового выхода грунтовых вод, тогда пруд будет иметь дополнительное питание. Однако нельзя строить плотину в местах выхода ключей.

В санитарных целях пруды следует располагать выше населенных мест, ферм и других источников загрязнения, но недалеко от пунктов потребления воды. При этом пруд не должен затоплять и подтоплять ценных угодий.

Плотину надо устраивать в наиболее узком месте балки, при этом объем плотины будет меньше, а на 1 м<sup>3</sup> объема плотины получится большое количество объема воды в пруду. При выборе места под плотину необходимо учитывать и условия устройства водосборных сооружений. Плотину целесообразно также совмещать с направлением дороги.

Иногда пруды устраивают в оврагах, но в этом случае они должны быть закреплены и не должны размываться.

*Изыскания и составление проекта пруда.* Когда место под пруд выбрано, проводят изыскания. В первую очередь исследуют почвогрунты на такую глубину, чтобы захватить на 1,5...2 м водонепроницаемый слой. Для этого роют шурфы или устраивают скважины на дне и берегах балки: не

менее трех шурфов по оси будущей плотины, один на две балки ниже плотины, 2...3 шурфа по оси водослива и 8...12 шурфов на дне и берегах балки под будущим прудом. По шурфам устанавливают строение и род почвогрунта, определяют механический состав и водопроницаемость отдельных слоев.

Если почвогрунты позволяют создать в данном месте пруд, то проводят съемку и нивелировку балки.

После этого определяют водосборную площадь (по карте и в натуре), уточняют площади затопления и подтопления, намечают места для карьеров, выбирают тип плотины и вид сбросного сооружения (рис. 4), уточняют расчетный (максимальный) модуль стока, намечают тип водосбросного сооружения, выявляют древесные породы для обсадки пруда, тип крепления откосов и др.

По материалам изысканий составляют проект пруда и плотины.

Искусственный откос террасы и выемки закрепляют дерном, пластинами и пр.

Лесные полосы вокруг водоемов создают для защиты пруда от заиления, закрепления берегов, для уменьшения испарения и в санитарных целях. Ширина их в зависимости от площади и ширины пруда, характера и подверженности эрозии берегов балки может быть от 10...20 до 50...60 м. Первые два-три ряда от водоема состоят обычно из кустарниковой ивы, а последующие ряды создают по древесно-кустарниковому типу. Ассортимент пород подбирают согласно климатическим и почвенным условиям.

*Копани.* При отсутствии балок, пригодных для устройства прудов, устраивают копани. Их можно делать полностью в искусственной выемке грунта (без плотины) или при наличии небольших балок и ручьев сочетать с устройством небольшой плотины.

Место под копань выбирают с учетом рельефа и почвы, а также исходя из хозяйственных соображений. Копани устраивают на склонах и в естественных понижениях (впадинах), где на некоторой глубине залегают водонепроницаемые грунты. Грунты исследуют на глубину до 6 м. Место для копаней выбирают так же, как и для плотинных прудов. Копани питаются в основном весенними талыми водами, поэтому они должны иметь достаточную водосборную площадь. Для увеличения водосбора копани, расположенной на склоне, часто поперек склона устраивают водосборные каналы с валами.

Водоемы могут питаться и грунтовыми водами. В этом случае копани обеспечиваются водой более надежно. В соответствующих условиях рельефа копани могут подпитываться из постоянных водотоков (речек, ручьев), в этих условиях их можно устраивать с проточной водой. В парках и питомниках копани иногда заполняют водопроводной водой. Во избежа-

ние подтопления уровни воды в водоемах должны быть ниже поверхности земли не менее чем на 0,5...0,7 м.

При устройстве копаней плотинами, которые делают так же, как при напорных прудах, необходимый объем водоема достигается выемкой грунта в балке перед плотиной на глубину 2...4 м. Для предупреждения утечек воды и оползания откоса плотины не следует углублять дно балки около самой плотины. Откосы копани в сторону балки должны быть пологими, в хвостовой части – еще более пологими. Вынутая из копани земля, кроме гумусового слоя, идет на насыпку плотины.

Водосбросное сооружение устраивают в виде земляного канала с простейшим креплением русла (дерном, хворостяной выстилкой, плетнями, кустарниковой растительностью). Слой сбрасываемой воды принимают равным 0,3...0,4 м. Пруды-копани можно устраивать и на больших балках, но с большими уклонами дна; на одной балке можно построить несколько таких прудов.

При устройстве копаней без плотины на выбранном месте снимают дерн, проводят выемку котлована (экскаваторы, скреперы и др.). Вынутую землю используют для насыпки дамбы (кавальера) вокруг пруда (рис. 2.5).

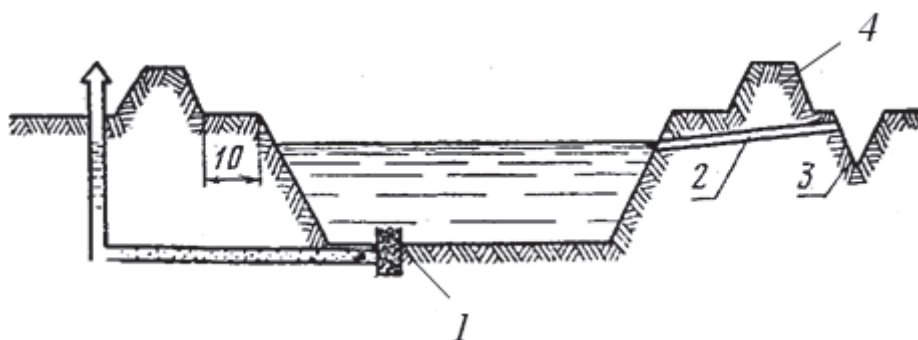


Рис. 2.5. Поперечный разрез копаней без плотины:

- 1 – водозаборное устройство с фильтрующей засыпкой; 2 – сливная труба;  
3 – бессточная канава для осветления воды; 4 – дамба (кавальер)

Копани бывают различной формы: квадратные, прямоугольные, овальные, круглые. Откосы в зависимости от грунта устраивают разной крутизны – от 1:1,5 до 1:3. Глубину выемки устанавливают с учетом санитарной глубины воды (не менее 1,5...2 м летом), испарения, фильтрации и потребления воды для хозяйственных целей, а также с учетом залегания водонепроницаемого слоя. Толщина этого слоя под копанью должна быть не менее 1,5...2 м. Выемку котлована рекомендуется закончить до наступления дождливой погоды.

Для поступления в копань воды, стекающей с водосборной площади, в дамбе делают 2...4 входных отверстия в виде порога, выстилают их дерном и для очистки воды перед отверстиями делают загущенные посадки

кустарников (ивы и др.). Эффективным способом очистки воды, поступающей в копань, является устройство за дамбой бессточной канавы с колодцами-отстойниками. Осветленная вода попадает в пруд по сливной трубе. При отсутствии очистных устройств копани быстро заиливаются.

Водозабор из копани рекомендуется проводить с помощью специальных водозаборных устройств в виде колодцев-фильтров. Облесение копаней проводят одновременно с их устройством. Лесные полосы (шириной 10...20 м) уменьшают заиливание, уменьшают испарение с водной поверхности, накапливают снег для питания копаней. Периодически копани очищают от ила и растительности.

Пруды целесообразно использовать комплексно: для водоснабжения, орошения, рыборазведения и как зону отдыха. Важное значение имеет выращивание в прудах ценных рыб, в основном карповых. Это можно делать во всех прудах, однако для разведения сеголетков (годовиков) необходимы специальные пруды. Поэтому организуются полносистемные рыбные хозяйства, которые имеют нерестовые, мальковые, выростные, нагульные, зимовальные и специальные пруды. Нерестовые пруды, в которых происходит икрометание и выход мальков из икры, располагают на ровных с небольшим уклоном участках, хорошо прогреваемых солнцем и защищенных от холодных ветров. Площадь прудов – 100...150 м<sup>2</sup>, глубина воды постепенно увеличивается от 0,15 до 1,25 м, чтобы создать различный температурный режим. Дно таких прудов покрывается луговой растительностью.

Мальковые пруды предназначены для выращивания мальков до 25...45-дневного возраста. Площадь прудов принимается по 0,25...1 га, глубина воды – 0,5...0,6 м. В выростных прудах из мальков выращивают сеголетков. Такие пруды устраивают площадью по 3...5 га с переменной глубиной от 0,25 до 1,5 м. В нагульных прудах выращивают товарную рыбу. Площадь прудов – до 20 га и более, глубина – 0,5...3 м. Зимовальные пруды служат для сохранения рыбного запаса зимой. Это проточные пруды площадью 0,3...1 га, глубиной 1,5...2,5 м. К специальным прудам относятся маточные, карантинные и др.

Все эти пруды создают таким образом, чтобы можно было обеспечить подачу воды в них из головного пруда, который часто является и нагульным, и выпуск ее из любого пруда. Все пруды, кроме нагульных и головных, создают устройством по внешнему контуру прудов оградительных земляных дамб. Для сброса воды в дамбах устраивают донные водовыпуски.

## 2.12. Оросительные системы

Основным условием для устройства *оросительной системы* или поливных участков является наличие надежного водоисточника с необходимым количеством пригодной для полива сельскохозяйственных культур

воды. *Источниками орошения* могут служить воды рек, озер, водохранилищ, а также подземные воды с содержанием солей не более 1,5 г (а солей натрия не более 1 г) на 1 л воды.

Если уровень воды любого водоема выше уровня поверхности орошаемого участка, то возможно *самотечное орошение*, то есть вода на поля при этом поступает *самотеком*. Если же для орошения воду нужно поднимать до уровня поверхности орошаемого поля, то для этого приходится создавать специальные установки – *насосные станции*. При таком способе будет уже *механическое орошение*.

В зависимости от способа распределения воды на поле и характера увлажнения корнеобитаемого слоя почвы выделяют следующие **виды орошения**: *поверхностное* (наземное), *подпочвенное*, орошение *дождеванием* и *лиманное*.

При *наземном* орошении вода к растениям подается по бороздам или сплошь по поверхности почвы. При этом на поле нарезают специальную сеть оросительных каналов (рис. 2.6), которая состоит из магистрального канала, распределительных каналов, временных оросителей, выводных и поливных борозд (полос, чеков). Такая сеть оросительных каналов с временными оросителями и поливными бороздами обеспечивает широкое применение механизмов при уходе за посевами и уборке урожая. Временные оросители и выводные борозды можно заменять гибкими перемещаемыми трубопроводами. Их раскладку и сборку осуществляют при помощи поливной машины, например, ПШН-165 на тракторе Т-28ХЗ.

При *наземном* орошении применяются следующие способы полива: *полив по мелким* (10...14 см) и *глубоким* (18...20 см) *бороздам* (для пропашных культур – хлопчатника, сахарной свеклы, кукурузы, картофеля и др.); *полив напуском* по узким полосам (для культур сплошного посева – пшеницы, ржи, ячменя, многолетних трав и др.) и *полив затоплением чеков* (при выращивании риса).

При *подпочвенном* орошении вода под небольшим давлением непрерывно подается к корням растений по специальным трубам, расположенным в подпахотном горизонте на глубине 40...50 см и на расстоянии друг от друга 70...120 см. Трубы или дрены имеют отверстия, через которые вода поступает в почву. Преимущество такого орошения, в сравнении с наземным, состоит в том, что оно не требует тщательной планировки поля и не затрудняет работу сельскохозяйственных машин.

Однако этот способ орошения характеризуется дороговизной и сложностью закладки оросительной сети. В последние годы его начинают шире применять в сельхозпроизводстве. При использовании датчиков состояния почвы, автоматизации полива, можно значительно повысить урожайность земельных участков.



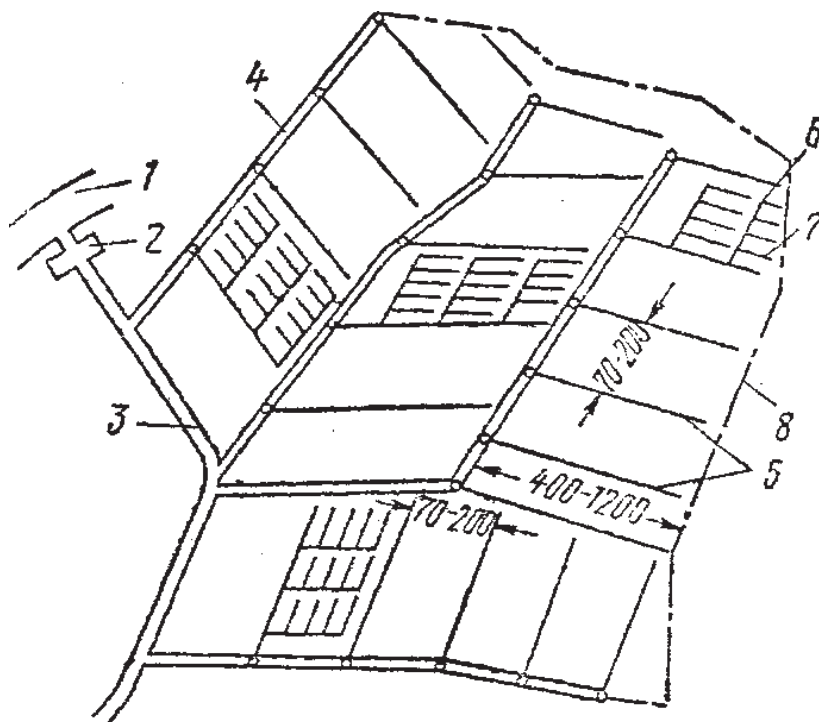


Рис. 2.6. Оросительная система и её элементы:

- 1 – источник орошения; 2 – головное водозаборное сооружение;  
 3 – магистральный канал; 4 – распределительный канал;  
 5 – временные оросители; 6 – выводные борозды; 7 – поливные борозды;  
 8 – водосбросная сеть

При орошении *дождеванием* вода разбрызгивается по полю в виде дождя при помощи специальных дождевальных установок. Например, для этого могут быть использованы установки: «Радуга», ДДН-70, ДДА-100МА, «Фрегат», «Волжанка», «Днепр» и др. Этот вид орошения имеет ряд преимуществ в сравнении с наземным орошением:

- отсутствует мелкая оросительная сеть, что обеспечивает свободное движение машин по полю;
- возможна подача небольших поливных норм, а это необходимо на легких, хорошо проницаемых почвах;
- не требуется тщательная планировка поля и не происходит большого всплывания и уплотнения почвы.

Дождевание является одним из наиболее прогрессивных видов орошения, оно все шире применяется при поливе полевых и овощных культур и культурных пастбищ.

При *лиманном (паводковом)* орошении почва увлажняется затоплением в период паводка талыми водами. Талые воды при этом удерживаются на склонах, в поймах рек системой сооружаемых валов, что обеспечивает хорошую весеннюю влагозарядку почв, но исключает возможность применения вегетационных поливов. Лиманное орошение широко приме-

няется в засушливых степных и лесостепных районах страны при выращивании как яровых зерновых, так и озимых культур, а также для повышения продуктивности естественных сенокосов и пастбищ.

Под посев яровых культур участки затапливают талой водой на 6...10 дней перед началом полевых работ. При этом почва промачивается на глубину 1,5...2 м. Затем воду сбрасывают и поле готовят к посеву. Площади, занятые озимыми культурами, затапливают водой слоем 20 см на 2...3 сут, кормовыми многолетними травами – на 4...6 сут, луга и пастбища – на срок до 15 сут. При лиманном орошении урожай зерна возрастает на 6...8 ц с 1 га, а сена – в 2...4 раза по сравнению с урожаями на суходольных лугах.

### **Контрольные вопросы**

- 1) Перечислите виды орошения и дайте их краткую характеристику.
- 2) Определите требования растений к водному режиму почвы.
- 3) Назовите принципы расчета оросительной нормы.
- 4) Что выражает гидромодуль?
- 5) Приведите формулу расчетного расхода оросительной системы.
- 6) Перечислите и дайте характеристику источников орошения.
- 7) Опишите принципы устройства прудов и копаней.
- 8) Приведите формулу расчета наполнения пруда от талых вод и постоянных притоков водотоков.
- 9) Назовите принципы проектирования оросительных систем.

## **3. ОСУШИТЕЛЬНАЯ МЕЛИОРАЦИЯ**

### **3.1. Переувлажнение при дерновом процессе почвообразования**

Естественное изреживание и осветление леса приводят к усиленному росту луговой растительности. На фоне смены леса, по В. Р. Вильямсу, под травянистой растительностью развивается новый процесс, приводящий к замедлению и полному затуханию подзолообразовательного процесса, начинается дерновый процесс почвообразования, его луговая стадия.

Природное лесовозобновление постепенно затухает, наступает господство луга под покровом леса, во время которого молодые поколения леса быстро отмирают и на поверхности луга остаются разрозненные группы деревьев, принадлежащие к более ранним поколениям.

В верхнем слое почвы накапливается органическое вещество за счет отложения отмершей луговой растительности, которая ограничивает доступ кислорода во внутренние слои почвы, влагоемкость этого слоя повышается.

Луговая растительность отмирает в начале зимы, до весны растительные остатки не разлагаются. Ранней весной в почве наступает количественный максимум влажности и, следовательно, минимум аэрации, поэтому в почве может протекать только анаэробный процесс, приводящий к образованию ульминовой кислоты.

Вследствие накопления органического вещества и уплотнения подстилки в почве на смену корневищным злакам приходят рыхлокустовые. Корневая система их проникает глубоко в рудяковый горизонт и постепенно его разрушает. В рыхлокустовую стадию создается комковатая структура почвы. Во время луговой стадии процессы подзолообразования затухают. Идет дальнейшее накопление органического вещества в верхнем слое почвы. Рыхлокустовые злаки вытесняются плотнокустовыми. Фаза плотнокустовых злаков может длиться десятки лет, иногда до шестидесяти. Плотнокустовые злаки развивают узел кущения выше поверхности почвы и переносят туда горизонт максимального накопления мертвого органического вещества. Этот горизонт постепенно приобретает свойства чистого органического вещества без примесей минеральных частиц почвы.

Накопление органического вещества в стадии плотнокустовых злаков происходит неравномерно по поверхности. Максимальное отложение наблюдается у основания узла кущения. Поверхность луга принимает кочковатую форму. Наличие кочек и большого количества органического вещества (торфа) на поверхности затрудняет сток и просачивание воды в почву. Вода застаивается на поверхности, пересыщая верхние слои почвы - начинается болотная стадия почвообразования, которая может длиться десятки лет.

Продолжительность всех фаз дернового периода почвообразовательного процесса зависит от питательного режима почвы, который находится в зависимости от водного режима, а последний – от рельефа местности.

На водоразделе, откуда зольные элементы смываются в нижнюю треть склона, фазы дернового процесса сменяются быстро и устанавливается фаза сфагнового болота.

В нижней трети склона, где материнская порода богата зольными элементами, продолжительность стадии дернового процесса возрастает. Фазы корневищных и рыхлокустовых злаков в нижней части склона более продолжительны.

### **3.2. Образование болот в результате зарастания водоемов**

В пониженных элементах рельефа и главным образом в поймах рек в результате зарастания водоемов часто образуются болота, для которых характерна большая мощность торфа (до 7 м) в центре и малая по краям.

Заращению водоемов и озер со дна и поверхности способствуют: небольшая глубина, отсутствие проточности и сильных волнений поверхности воды, хорошее прогревание воды в летнее время, солнечное освещение, достаточное содержание минеральных веществ, необходимых для жизни растений. При благоприятном сочетании этих факторов для растительности водоем начинает зарастать от берегов осоками и хвощами, при глубине 1...2 м – тростником, при глубине 2...3 м – камышом и другими влаголюбивыми растениями (рис. 3.1).

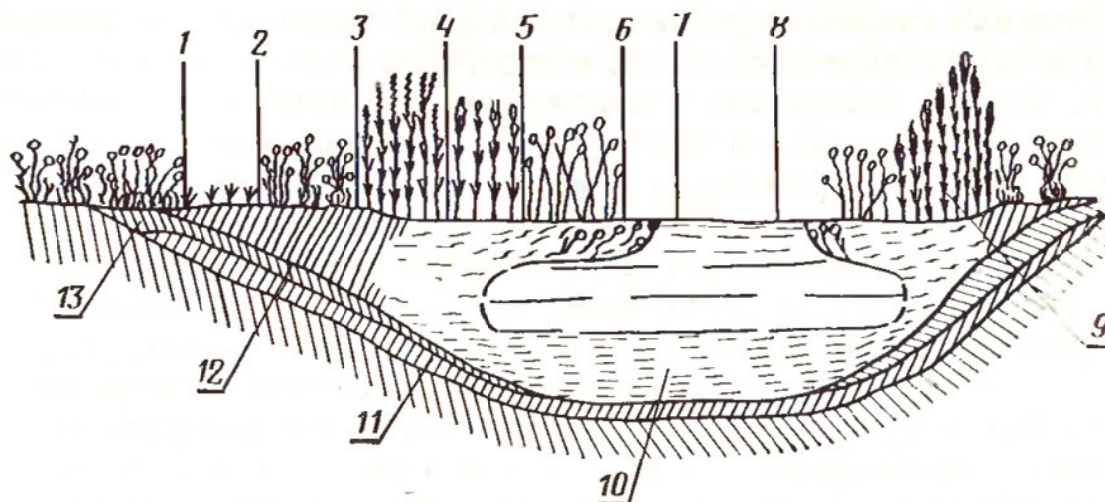


Рис. 3.1. Зоны зарастания стоячего водоема:

- 1 – злаков; 2, 3 – мелких и крупных осок; 4 – тростника; 5 – рогоза;
- 6 – камышей; 7 – рдестов и кувшинок; 8 – свободно плавающих водных растений;
- 9 – камышово-тростниковый; 10 – аморфный черпачный;
- 11 – слизистый с раковинами; 12 – осоковый; 13 – землистый

Одновременно идет зарастание водоема и со дна при глубинах, обеспечивающих жизнедеятельность растений. Вследствие отложения на дно отмирающих растений, организмов, продуктов микрофлоры и микрофауны (планктона) водоем постепенно мелеет. Отмершие растения вместе с корнями образуют плавучий ковер, мощность и плотность которого постепенно увеличиваются. Плавучий ковер медленно распространяется к середине водоема. В неглубоких местах он ложится на дно, заполняя весь объем водоема органической массой растений. На поверхности такого растительного ковра появляются гипновые мхи, тростники, у берегов водоема – осоки. Постепенно начинает нарастать торф зеленых мхов (гипновый). Прирост сырой массы торфа на таких болотах идет со скоростью 1...3 см в год.

### 3.3. Заболачивание земель при выклинивании грунтовых вод

В местах выхода грунтовых вод на поверхность земли могут образоваться болота. Чаще всего это происходит в нижней части склона или в поймах рек.

Грунтовые воды, питающие болото, содержат много зольных элементов и кальция, поэтому здесь бурно растут влаголюбивые растения. В условиях избытка влаги на болоте преобладает анаэробный процесс, сопровождающийся накоплением торфа. Мощность торфа может достигать пяти метров. Характер болота зависит от химического состава воды. При обильном снабжении болота минерализованными грунтовыми водами дольше сохраняется его низинный тип. По мере роста в высоту в пределах стадии развития его поверхность может подняться выше капиллярного уровня воды. В этом случае болото покрывается растительностью сфагновых болот и становится верховым.

Ширина выклинивания грунтовых вод зависит от уклона поверхности склона (рис. 3.2).

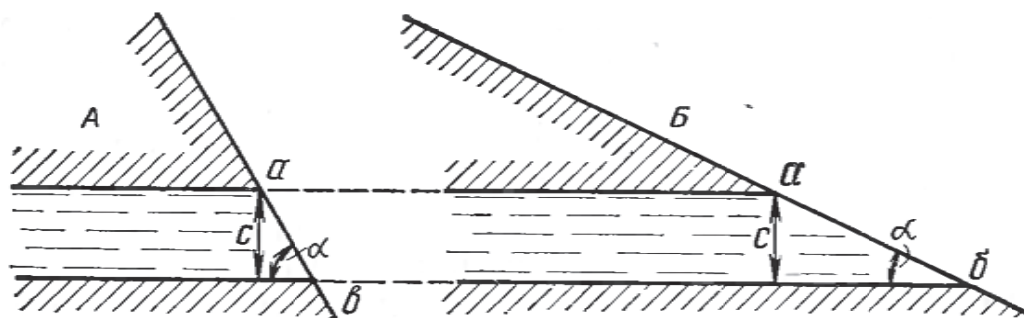


Рис. 3.2. Схемы выхода грунтовых вод на поверхность земли:  
А – выход ключей на крутом склоне; Б – выход грунтовых вод широким слоем на пологих склонах или поймах рек

При малых уклонах поверхности ширина выклинивания может достигать 1000 м и более. Такие болота часто встречаются в долинах рек и на пологих приречных склонах.

К поймам рек приурочены болота, образовавшиеся в результате просачивания вверх напорных грунтовых вод. В местах выклинивания напорных грунтовых вод зона питания водоносного слоя находится значительно выше образовавшегося болота. Водоносный слой, подстилаемый водоупором, сверху прикрыт водонепроницаемыми отложениями (суглинистые фунты, суглинки с прослойками песка или торфа). Для него характерен пьезометрический напор. Если в водоносном слое установить пьезометрические трубки, то уровень воды в них под влиянием напора поднимется до

линии пьезометрических напоров. В наиболее узких местах поперечного сечения потока грунтовых вод пьезометрический напор увеличивается.

Болота напорного питания встречаются в поймах рек; иногда водоносный слой залегает довольно глубоко (до 6 м).

### 3.4. Заболачивание пойм

Пойменные земли почти ежегодно заливаются паводковыми водами. В результате в пойму приносится большое количество аллювиальных отложений, под воздействием которых формируется ее рельеф.

Можно выделить прирусловую, центральную и притеррасную части поймы. *Прирусовая* часть, несколько возвышающаяся над остальной поймой, характеризуется аллювиальными легководопроницаемыми отложениями с глубоким залеганием грунтовых вод и беспокойным рельефом. *Центральная* часть преимущественно равнинная, сложена структурными (зернистая пойма) или бесструктурными суглинистыми или глинистыми (слоистая пойма) почвами; грунтовые воды, как правило, залегают неглубоко. *Притеррасная* часть более пониженная, чем центральная, сложена грунтом тяжелого механического состава, часто переувлажнена в результате выклинивания грунтовых вод со стороны коренного берега.

Болота в поймах рек образуются:

– при затоплении паводковыми водами, которые своевременно не сбрасываются с паводка, малых продольных уклонах речной долины, наличии понижений «блюдец», староречий, при зарастании и засоренности поймы растительными остатками, приносимыми паводковыми водами;

– при подпоре грунтовых вод рекой в случае высокого стояния уровня воды в ней, что бывает при зарастании русла реки, образовании конусов выноса в поймах в результате действия оврагов. Конусы выноса иногда создают на реках значительные подпоры воды (перепады), вызывающие нарушение режима реки на больших участках и способствующие заболачиванию поймы. Подпор грунтовых вод в ряде мест может создаваться гидротехническими сооружениями, шлюзами, водоподъемными плотинами и др.;

– при поступлении талых и ливневых вод с прилегающих склонов.

В результате постоянного или периодического переувлажнения в пойме реки преобладают анаэробные процессы, сопровождающиеся накоплением органических веществ и образованием мощных залежей торфа с высокой (до 30 %) зольностью, поэтому после осушения на таких торфяниках можно размещать луга, пастбища, возделывать овощные культуры и кормовые корнеплоды.

### 3.5. Типы водного питания и водный баланс болот и заболоченных земель

При выборе методов осушения болот и заболоченных земель очень важно правильно установить тип их водного питания, то есть комплекс взаимосвязанных природных условий, который определяет основные источники избыточного увлажнения земель. Это позволит уменьшить продолжительность осушения и срока окупаемости затрат на осушение и освоение осушенных земель.

Различают следующие *основные типы водного питания болот и заболоченных земель*: атмосферный, грунтовый, грунтово-напорный и намывной.

*Атмосферное* водное питание наблюдается на водораздельных верховных болотах, образующихся в результате подзолообразовательного процесса. Торфяники их имеют низкие зольность и плодородие. При использовании таких болот после осушения под сельскохозяйственные угодья требуется внесение органических и минеральных удобрений. Кислотность торфяных почв снижают известкованием.

*Грунтовое* водное питание встречается на болотах, расположенных в нижней части склона и в поймах рек. Грунтовые воды на болоте могут быть в виде бассейна (при образовании болота в результате зарастания водоема) или в виде потока. При содержании в воде большого количества зольных элементов (минеральных солей) такие болота имеют богатую растительность: осоки, камыши, тростники.

Торфяники болот грунтового питания отличаются высокой зольностью и после осушения могут стать высокоплодородными сельскохозяйственными угодьями.

*Напорно-грунтовое питание* характерно для болот, расположенных в нижней трети склона и поймах рек. Грунтовые воды здесь могут иметь сосредоточенный выход или скрытую напорность (когда поток сверху прикрыт водонепроницаемым почвогрунтом, суглинком аллювиального или делювиального происхождения или торфом, а снизу подстилается водоупором). Напорность грунтового потока обнаруживают закладкой шурфа или скважины. При доведении шурфа или скважины до напорного водоносного слоя уровень воды в шурфе или скважине повышается. При сильной напорности водоносного пласта вода из скважины может фонтанировать. Вследствие напорности верхние слои болота или избыточно увлажненных минеральных почв находятся в состоянии постоянного переувлажнения. При осушении таких земель необходимо снизить пьезометрический напор потока грунтовых вод.

*Намывное* питание встречается исключительно в поймах рек или озер в период затопления весенними паводковыми водами при разливе рек

или притоке воды с вышележащих водосборов. Оно может быть аллювиальным (при затоплении территории паводковыми водами рек) и делювиальным (при притоке воды с вышерасположенных склонов).

Паводковые воды содержат большое количество илистых частиц, смытых с полей. При осаждении ила в пойме рек происходит формирование микрорельефа поймы.

Пойменные болота могут иметь намывное или смешанное питание, грунтовое и намывное или грунтово-напорное и намывное. В этом случае необходимо установить преобладающее влияние того или другого типа.

### **3.6. Влияние осушения на почву**

При осушении почвы количество воды в ней уменьшается. Освободившиеся от воды поры в почве заполняются воздухом. Теплоемкость массы воды в 2,1...5,5 раза выше теплоемкости твердой фазы почвы, поэтому при осушении теплоемкость почвы снижается. В результате при тех же затратах тепла осушенная почва прогревается быстрее, чем переувлажненная. Тепловой режим ее верхних слоев более благоприятен для развития сельскохозяйственных культур, поскольку осушенная почва меньше испаряет влаги и меньше расходует тепла на испарение. По данным наблюдений, днем в летний период осушенные почвы бывают на 1,5...7 °С теплее неосушенных. Но ночью и зимой они сильнее охлаждаются, поэтому на таких почвах целесообразнее возделывать культуры более холодостойкие или с коротким вегетационным периодом.

В глинистых почвах при осушении коллоиды из состояния зелей переходят в состояние гелей, почвенные частицы склеиваются, что приводит к увеличению размеров пор. Илистые частицы по порам из верхних перемещаются в нижние слои. В торфяных почвах осушение вызывает превращение волокнистой структуры торфа в комковатую, идет процесс их минерализации. Все эти изменения снижают способность осушаемых почв адсорбировать воду, приводят к осадке осушенного слоя. Чем больше в почве находилось воды и коллоидных частиц, больше степень разложения торфа и глубина осушения, чем интенсивнее агротехника (глубокая вспашка, рыхление и др.), тем больше осадка осушенного слоя. В среднем для торфяных почв осадка составляет 10...30 % мощности осушенного слоя за первые пять лет осушения, в последующие годы осадка идет медленнее, для глинистых и суглинистых грунтов – 5...20 %.

На уплотненных (после осадки в процессе осушения) почвах условия для пастбы скота, движения людей и механизмов, ухода за сельскохозяйственными культурами более благоприятные.

В минеральных почвах в первые же годы осушения вследствие укрупнения пор и увеличения общей скважности водопроницаемость возрастает.



тает, в торфяных – в связи с интенсивным разложением торфа несколько уменьшается. Но как только торф минерализуется и приобретет комковатую структуру, водопроницаемость осушенного слоя вновь возрастет. С ростом водопроницаемости проникновение воды в глубь почвы увеличивается, улучшаются ее аэрация и воздухопроводность. Почва обогащается кислородом, создаются оптимальные условия для протекания биохимических и окислительных процессов в осушенном слое.

Болота, особенно верховые, бедны бактериями. Неосушенный торф на глубине 25 см от поверхности практически стерилен. В верхнем его слое преобладают анаэробные бактерии (нитрофицирующих бактерий практически нет), развиваются аммонизация, денитрификация, разлагается целлюлоза. На осушенных же торфяных землях при возделывании различных сельскохозяйственных культур процесс аэриозиса ускоряется, появляются новые виды бактерий, в том числе и нитрифицирующие.

С усилением окислительного процесса и деятельности аэробных бактерий в осушаемом слое возрастает минерализация торфа, накапливаются питательные вещества.

На осушенных землях активно развиваются низшие живые организмы (черви, многоножки и др.), способствующие повышению плодородия почвы, и в то же время сокращается количество вредных насекомых (например, малярийных комаров), местность оздоравливается.

В осушенной почве хорошо развивается корневая система растений. Корни проникают на значительную глубину, и растения в жаркую пору не страдают от перегрева верхних слоев почвы. Выращиваемые на осушенных землях культуры дают высокие урожаи.

### **3.7. Требования сельскохозяйственных культур к водному режиму почв. Нормы осушения**

С помощью осушительных мелиораций на болотном массиве создают оптимальные водный и воздушный режимы почвы.

При оптимальном водном режиме почвы обеспечивается необходимое для сельскохозяйственных культур соотношение влаги, тепла и воздуха, создаются условия для аэробного процесса. Для возделывания зерновых, колосовых в корнеобитаемом слое почвы должен содержаться воздух не менее 20...30 % объема и влага в размере 70...80 % полной влагоемкости. Для корнеплодов – соответственно 30...40 и 60...70 %, для трав – 15...20 и 80...85 %. Такие условия на осушаемой территории можно создавать отводом избыточных поверхностных вод и понижением уровня грунтовых вод.

Влагоемкость и аэрация почвы на осушенных землях зависят от глубины залегания уровня грунтовых вод (рис. 3.3).

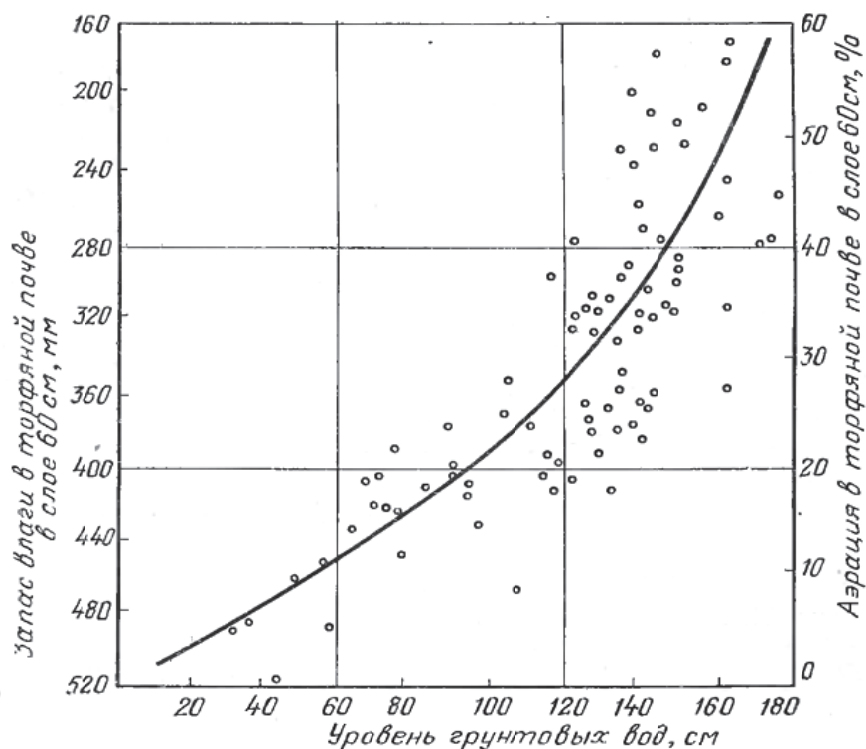


Рис. 3.3. Зависимость запасов влаги и аэрации в слое торфа толщиной 0...60 см от уровня грунтовых вод на этой территории: точками показаны данные замеров; в виде линии – эмпирическая зависимость (линия тренда)

Требования растений к воде по фазам роста и развития меняются, поэтому уровень грунтовых вод должен регулироваться в течение всей вегетации растений.

Понижение уровня грунтовых вод ниже поверхности земли, обеспечивающее влажность почвы, необходимую для произрастания сельскохозяйственных культур в вегетационный период, называется глубиной или *нормой осушения*  $H$  (рис. 3.4). Норма осушения зависит от вида выращиваемых культур, климатических условий, свойств осушенной почвы и ее структуры, характера агротехники.

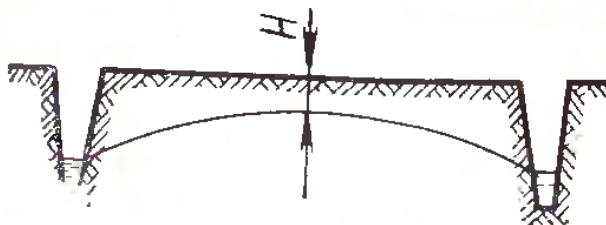


Рис. 3.4. Депрессионная кривая и норма осушения в поперечном разрезе участка осушения

В активном (корнеобитаемом) слое почвы осушенной территории в вегетационный период поддерживают влажность около 75...85 % наименьшей влагоемкости и аэрацию 17...22 %. В вегетационный период норма осушения по стадиям роста растений зависит от свойства осушенных почв, вида культур и сухости года. Ее увязывают с влажностью корнеобитаемого слоя почвы, осадками, испарением влаги растениями и почвой в период вегетации сельскохозяйственных культур.

За период вегетации требования сельскохозяйственных культур к глубине грунтовых вод на осушенных землях изменяются в зависимости от фазы их роста и развития. Например, рожь до колошения хорошо развивается при уровне грунтовых вод 0,4...0,6 м, а к фазе молочной спелости её уровень грунтовых вод необходимо довести до 0,75 м. Для овса – в начале вегетации необходимая глубина залегания грунтовых вод должна быть 0,4...0,5 м, а с момента выхода в трубку до конца вегетации – 0,7...0,75 м. Пастбищные травы в начале вегетации требуют понижения уровня грунтовых вод до 0,75 м, а к моменту наступления жаркой погоды – до 0,6 м. Луговые травы дают наилучший прирост урожая при норме осушения 0,5...0,55 м в течение всей вегетации. Лён наиболее благоприятно развивается при норме осушения 0,4...0,6 м.

В период от кущения до цветения потребность полевых культур в воде возрастает. После цветения она уменьшается. Луговые травы до первого укоса требуют много воды, во время укоса – мало, но затем в период последующего отрастания потребность в воде увеличивается. Норма осушения должна меняться в соответствии с этими потребностями.

При понижении грунтовых вод ниже требуемых норм осушения влажность почвы уменьшается. Предел влажности, который недоступен растениям, называют коэффициентом увядания (полуторная максимальная гигроскопическая влажность почвы). В засушливые годы, когда уровень грунтовых вод сильно понижается и в корнеобитаемой зоне нарушается капиллярная связь, влажность почвы близка по значению к коэффициенту увядания и растения испытывают недостаток влаги. Такое явление наблюдается на осушенных водораздельных болотах, на болотах грунтового питания с малой мощностью торфяной залежи, подстилаемой легко водопроницаемым слоем (песок), а также на минеральных избыточно увлажненных почвах.

### **3.8. Общие понятия о методах и способах осушения**

*Метод осушения* сельскохозяйственных культур – это принцип воздействия на факторы переувлажнения корнеобитаемого слоя. Он зависит от типа водного питания, планируемого использования осушаемых земель и определяет выбор конструкции системы, расположения осушительной сети в плане.

В мелиоративной практике применяют следующие **методы осушения**: ускорение стока воды с поверхности почвы, понижение уровня грунтовых вод, ограждение осушаемого массива от подтопления или затопления паводковыми водами реки или потоками воды с прилегающих склонов местности и др.

**Способ осушения** – это система технических мероприятий, обеспечивающих устранение избыточного увлажнения исходя из метода осушения и требований хозяйственного использования осушаемых земель. Основные **способы осушения**:

– *открытыми каналами*, отводящими поверхностные и грунтовые воды; горизонтальными и вертикальными дренажами, отводящими почвенно-грунтовые и частично поверхностные воды;

– *вертикальными водопоглощающими колодцами*, понижающими уровень грунтовых вод и отводящими воду в нижележащий песчаный слой;

– *ловчими каналами* или головным дренажем территории, подтопленной потоком грунтовых вод с вышерасположенной территории;

– *нагорными каналами*, отводящими поверхностные воды, стекающие с прилегающих склонов;

– *обвалованием земель* в целях защиты их от затопления водами рек в период паводков.

Осушительная система представляет собой комплекс инженерных сооружений и устройств для регулирования водного режима заболоченных и переувлажненных земель в соответствии с требованиями сельскохозяйственного производства.

В состав ее входят: осушаемые земли; регулирующая сеть каналов или дрен, отводящих поверхностные и грунтовые воды и регулирующих водный и воздушный режимы корнеобитаемого слоя почвы; ограждающая сеть, предназначенная для перехвата поверхностных и грунтовых вод, поступающих на осушаемую территорию с прилегающих к ней земель; проводящая сеть, транспортирующая воду из регулирующей и ограждающей сети за пределы осушаемой территории; водоприемник, принимающий воду с осушаемой территории; гидротехнические сооружения; дорожная сеть с различными сооружениями и др. Деление осушительной сети на регулирующую и проводящую надо считать условным, так как и проводящая, и регулирующая осушительная сеть оказывает большое осушительное действие на прилегающую к ней территорию.

### 3.9. Осушение открытыми каналами

*Открытые каналы*, или открытый дренаж, – наиболее простой и дешевый способ осушения болотных и избыточно увлажненных минеральных почв. Его применяют для ускоренного отвода поверхностных и понижения и отвода грунтовых вод.

Осушительные каналы получили распространение при атмосферном и грунтовом типах питания. Сеть мелких каналов должна создавать и поддерживать в корнеобитаемой зоне почвы на осушаемой территории оптимальные водный, воздушный, тепловой и питательный режимы, обеспечивающие получение высоких урожаев возделываемых культур.

*Осушение при грунтовом водном питании.* Болота и заболоченные почвы, расположенные в поймах рек, получают водное питание от грунтовых вод, текущих со стороны коренного берега. Грунтовые воды здесь представлены в виде потока, от объема которого зависит степень переувлажнения рассматриваемого массива. При благоприятных геологических условиях (наличии хорошо водопроницаемых грунтов) такой массив можно осушить глубокими одиночными каналами. Часто понизить уровень грунтовых вод можно и *урегулированием* (расчистка, углубление) русла реки.

Если приток грунтовых вод небольшой, то их уровень можно уменьшить снижением уровня воды в реке. Для этого достаточно осушить сетью мелких каналов полосу поймы вдоль реки шириной 800...1500 м. При значительном притоке – поток грунтовых вод перехватывают на выходе его в пойму ловчим каналом глубиной 1,5...2 м (рис. 3.5). Расстояние между рекой и ловчим каналом может достигать 1...2 км.

Ловчий канал довольно равномерно осушает прилегающую к нему территорию. Между ним и рекой образуется замкнутый бассейн. Если поток грунтовых вод имеет подпор со стороны реки, то его полностью может перехватить канал, глубина которого не доходит до водоупора. Если же подпора со стороны реки нет, чтобы перехватить весь поток грунтовых вод, необходимо глубину канала довести до водоупорного слоя. При полном перехвате потока грунтовых вод уровень в канале устанавливается ниже уровня воды в реке. При осушении земель не нужно перехватывать весь поток грунтовых вод, достаточно их понизить на глубину, определяемую условиями роста сельскохозяйственных культур. Так, средняя норма осушения зерновых культур за вегетационный период не превышает 1,2 м, то есть для такого понижения уровня грунтовых вод достаточно проложить неглубокий ловчий канал.

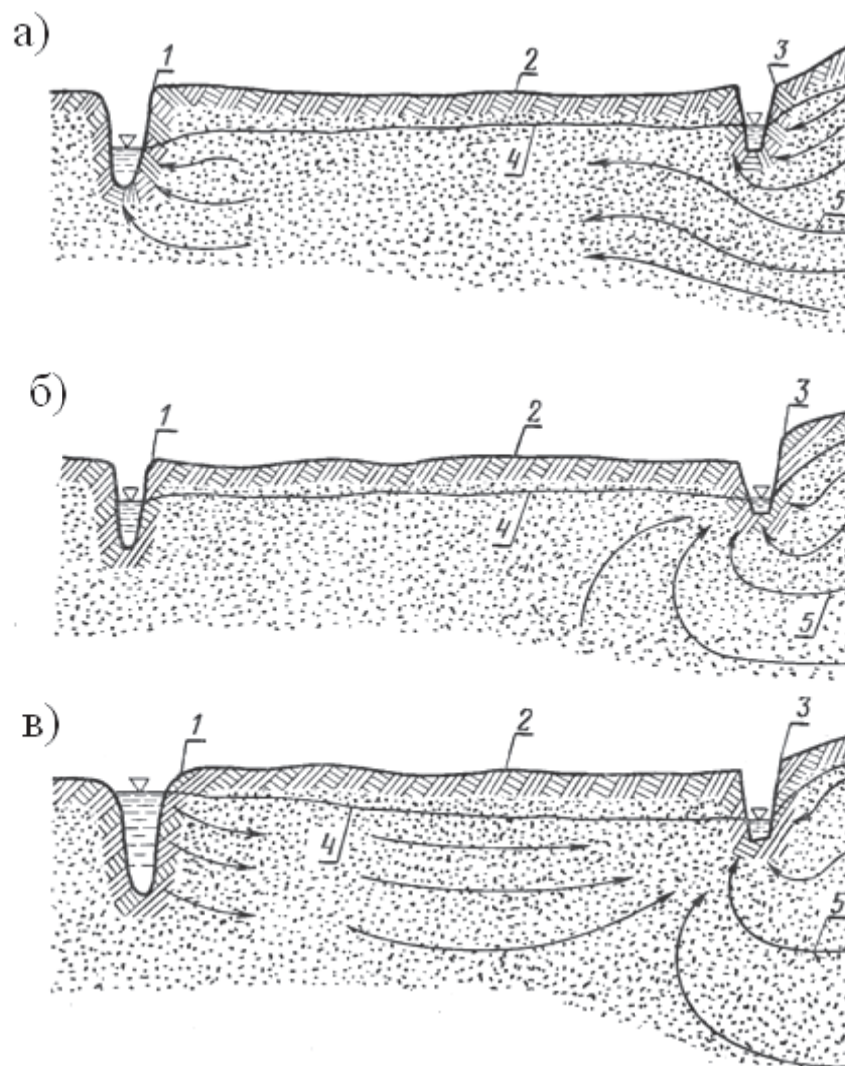


Рис. 3.5. Схемы осушительного действия ловчего канала в пойме реки: а – уровень воды в реке ниже, чем в ловчем канале; б – уровень воды в реке и в ловчем канале стоят на одинаковой отметке; в – уровень воды в реке ниже, чем в ловчем канале; 1 – река; 2 – пойма; 3 – ловчий канал; 4 – уровень грунтовых вод после осушения; 5 – линия тока грунтовых вод

*Осушение при грунтово-напорном водном питании.* Когда водоносный пласт покрыт сверху плохо водопроницаемыми грунтами (суглинки, торф), применение мелкой осушительной сети для осушения сельскохозяйственных земель не дает положительных результатов, так как не снижает напорности потока грунтовых вод. В этом случае устраивают ловчий дренаж – его конструкция зависит от мощности плохо водопроницаемых грунтов.

При мощности плохо водопроницаемого слоя до 1,5 м ловчим каналом прорезают всю его толщу. Дно канала должно входить в водопроницаемый горизонт на 0,2.. 0,3 м. Это обеспечивает перехват части грунтового потока и снижение его пьезометрического напора.

Если мощность плохо водопроницаемого слоя превышает 1,5 м, то устраивают открытые каналы с вертикальными колодцами фильтрами. Колодцы располагают по длине канала через 20...50 м, их диаметр принимают 5...15 см.

*Осушение при намывном типе водного питания.* Если переувлажнение и заболачивание земель вызвано разливом рек во время весеннего половодья, то для их осушения проводят следующие мероприятия: урегулируют русло реки (углубляют и прочищают дно и берега и др.) в целях увеличения пропускной способности; нарезают тальвеговую сеть каналов по наиболее пониженным элементам рельефа (дно каналов должно быть на 0,2...0,5 м ниже самых глубоких понижений рельефа в целях полного их осушения). Когда постройка тальвеговых каналов связана с большим объемом земляных работ, и каналы получаются глубокими (при пересечении бугров, перевалов и других препятствий), их заменяют (в местах пересечения препятствий) закрытыми трубами. Диаметр труб принимают не менее 0,5 м, чтобы можно было при заилении их очистить.

Если переувлажнение и заболачивание земель вызвано притоками со склонов паводковых и ливневых вод, то по их верхней границе нарезают нагорные каналы, а на прилегающих склонах проводят агротехнические и лесомелиоративные мероприятия по задержанию талых и ливневых вод.

### **3.10. Схемы расположения осушительных каналов**

Схемы расположения осушительных каналов (рис. 3.6) выбирают с учетом почвенных и топографических условий, а также последующего использования осушенных земель (пашня, сад и др.).

Деление каналов на осушители, транспортирующие собиратели и отводящие каналы условно, и определяется их территориальным расположением и глубиной. Так, осушительным принято называть самый мелкий канал, который осушает прилегающую к нему территорию и отводит воду в транспортирующий собиратель. Проводящий канал принимает воду от транспортирующих собирателей. Магистральный канал собирает воду от проводящих каналов. В летний период водоприемник должен беспрепятственно принимать воду из впадающих в него водоотводящих каналов, не создавая подпора воды во всех вышерасположенных каналах. Для перехвата воды, стекающей с вышележащих склонов, устраивают нагорные каналы.

На небольших осушаемых участках отдельные элементы осушительной системы отсутствуют. Мелкие осушительные каналы могут впадать в магистральный канал.

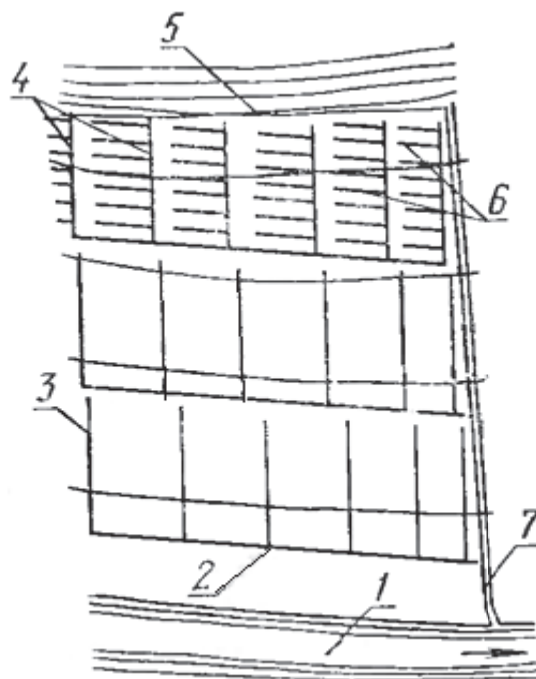


Рис. 3.6. Схема расположения открытых осушительных каналов:  
 1 – река – водоприёмник; 2 – канал первого порядка;  
 3 – канал второго порядка; 4 – собиратели; 5 – нагорный канал;  
 6 – осушители; 7 – магистральный канал

Осушительные каналы должны обеспечивать самотечный отвод воды за пределы осушаемой территории, поэтому глубина каналов старшего порядка должна быть больше глубины каналов младшего порядка (рис. 3.7).

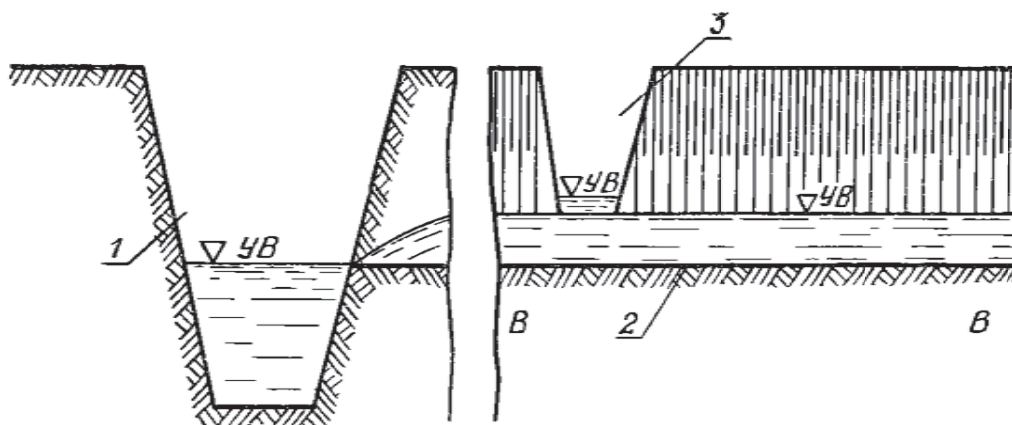


Рис. 3.7. Схема сопряжения осушительных каналов в вертикальной плоскости: 1 – канал первого порядка; 2 – дно канала второго порядка;  
 3 – канал третьего порядка (собиратели, осушители)



Глубину осушительных каналов обычно принимают на лугах и пастбищах 0,8...1 м, на полевых угодьях – 1...1,2 м, в садах – 1,2...1,4 м, ширину по дну – 0,2...0,4 м, длину – 700...1500 м, уклон – 0,0005...0,005, коэффициент заложения откосов – 1. Их нарезают под острым углом к горизонтالي местности, а при грунтовом питании болот – под острым или прямым углом к направлению потока грунтовых вод.

Магистральный канал проводят по самым низким местам осушаемой территории, по тальвегу минерального дна болота. Размеры поперечного сечения магистрального канала должны обеспечивать своевременный отвод поступающей в него воды. По длине магистрального канала не должно быть крутых поворотов.

Транспортирующие собиратели нарезают по возможности под прямым углом к горизонталям местности. Скорость течения воды в них должна быть не более 0,2...0,4 м/с, ширина по дну – 0,3...0,5 м, глубина – на 10...20 см больше глубины осушителей.

Пойменные болота и заболоченные земли часто осушают одиночными глубокими (более 1,5...2 м) каналами. По сравнению с мелкой осушительной сетью они имеют следующие преимущества: благодаря большой пропускной способности обеспечивают своевременный отвод поверхностных вод и необходимое понижение грунтовых вод к началу посевного периода; большое расстояние между каналами улучшает условия механизации сельскохозяйственных работ на осушаемой территории: устройство редкой сети глубоких каналов обходится дешевле строительства мелкой и частой осушительной сети; создаваемое вследствие их действия низкое стояние грунтовых вод осенью, зимой и ранней весной способствует интенсивному разложению торфа, что улучшает водный и воздушный режимы почвы.

Недостаток глубоких каналов – неравномерное и значительное понижение грунтовых вод в период вегетации растений, что может вызвать в засушливые годы пересушивание болотных земель. Однако при наличии сооружений по регулированию водного режима почв этот недостаток устраняется. Устройство шлюзов на каналах обеспечивает хорошее регулирование водного и воздушного режимов на осушаемой территории в период произрастания растений.

### **3.11. Сооружения на открытой осушительной сети**

На открытой осушительной сети устраивают следующие сооружения: *перепады и быстроток* – при значительных уклонах или перепадах местности вдоль канала; *мосты* – на каналах с максимальным расходом воды более 2,5 м<sup>3</sup>/с; *трубы-переезды* – на каналах с максимальным расходом воды менее 2,5 м<sup>3</sup>/с, их диаметр должен составлять 0,1...1,2 м; *шлюзы*

*регуляторы* – для временного перекрытия канала и для подъема уровня воды в нем. Их выполняют обычно из дерева, однопролетными, с шандорным затвором. На каналах, проходящих через осушенные торфяные болота, шлюзы строят после осадки торфа, то есть через два - три года после нарезки осушительной сети.

В настоящее время на осушительных системах часто устраивают сооружения из сборных железобетонных конструкций. Однако при осушении отдаленных объектов в труднодоступных местах можно выполнять эти сооружения из древесины. Их устраивают на свайных, рамно-лежневых или ряжевых опорах. На водоприемниках целесообразно строить долговечные мосты из сборных железобетонных конструкций. В лесу на проводящих каналах в местах пересечения с дорогами строят деревянные мосты. При ширине канала поверху до 4 м строят однопролетные мосты (рис. 3.8), при большей ширине – многопролетные.

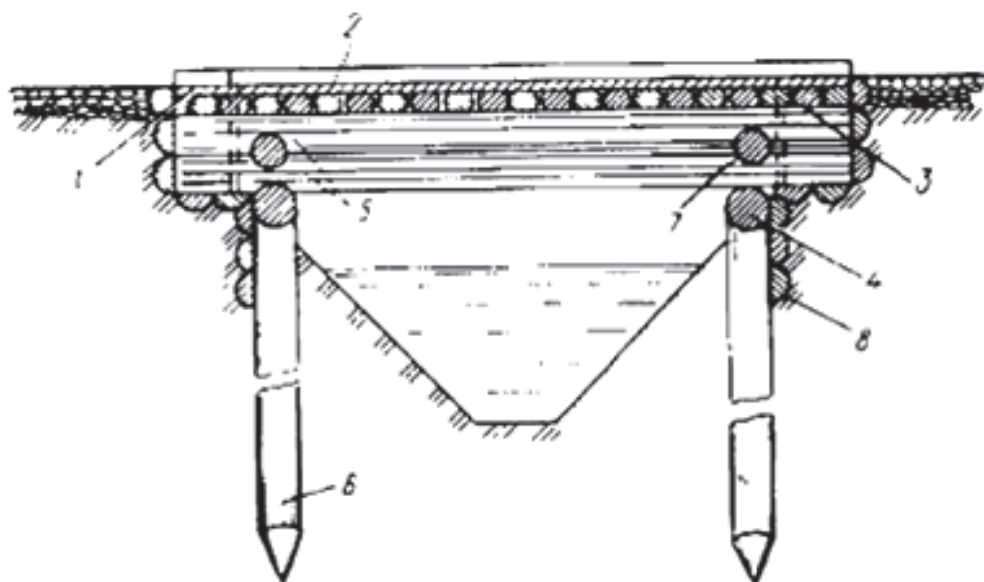


Рис. 3.8. Деревянный однопролетный балочный свайный мост:  
 1 – верхний настил; 2 – прижимные пластины; 3 – нижний настил;  
 4 – насадки; 5 – прогоны; 6 – деревянные сваи;  
 7 – с вязь поперечной устойчивости; 8 – боковая отмостка

Устройство мостов с четным числом пролетов нецелесообразно, так как в этом случае возникает необходимость забивки свай в середине канала (по его оси), что нарушает режим движения воды в канале, способствует засорению его влекомыми водой предметами, особенно в период половодий и паводков. Чтобы плавущие по воде предметы не скапливались под мостом, прогоны мостов (балки) должны быть подняты над бровками канала не менее чем на 0,3...0,5 м. Ширина намостов принимается не менее 5...6 м.

*Трубы-переезды* сооружают при расходе воды менее  $2 \text{ м}^3/\text{с}$ . Их изготавливают из колец, готовых железобетонных, металлических или пластмассовых труб диаметром  $0,4 \dots 1,2 \text{ м}$ . Дно канала в месте укладки трубы тщательно выравнивают с подсыпкой под трубу крупнозернистого песка слоем  $30 \text{ см}$ . На болотах при глубине торфа до  $2 \text{ м}$  на месте укладки трубы торф вынимают и вместо него укладывают песок. При глубине торфа более  $2 \text{ м}$  трубчатые переезды устраивают на сваях. Если трубу составляют из нескольких секций, то стыки их бетонируют, заливают битумом и покрывают рубероидом (рис. 3.9).

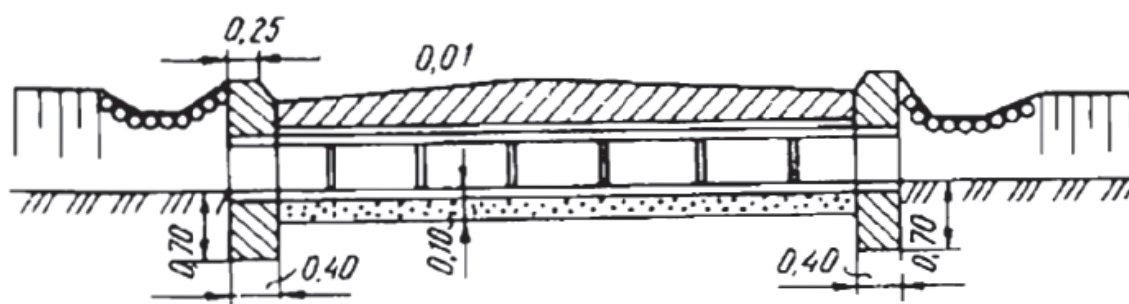


Рис. 3.9. Труба-переезд под дорогой (водопрopusкная труба):  
размеры элементов приведены в метрах

На концах труб обязательно ставят оголовки толщиной около  $0,4 \text{ м}$ . При устройстве труб-переездов на болотах следует применять кислотоупорный бетон. Дно трубы располагают на одном уровне с дном канала или несколько ниже его, чтобы труба не создавала подпора воды. Пешеходные переходные мостики обязательно устраивают в местах пересечения с существующей сетью тропинок. При отсутствии тропинок мостики ставят при впадении осушителей в проводящие каналы, а по каналам – через  $200 \dots 300 \text{ м}$ .

*Шлюзы-регуляторы* служат для регулирования уровня воды в каналах осушительной сети с целью снижения стока по каналам летом и улучшения увлажнения корнеобитаемой зоны в сухие периоды, а также в противопожарных целях. Наибольшее распространение имеют деревянные шлюзы (рис. 3.10). При строительстве такого шлюза поперек канала роют траншею, уходящую в сторону от бровок на расстояние  $1,5 \dots 2 \text{ м}$ .

Глубина траншеи должна быть несколько больше глубины канала. В траншею укладывают два направляющих бруса, скрепленных по концам болтами, между ними вбивают шпунтовый ряд на глубину не менее  $1 \dots 1,5 \text{ м}$  под дном канала. В средней части шпунтового ряда делают вырез для пропуска воды, закрываемый досками (шандорой), установленными в пазы между направляющими вертикальными брусьями. В нижней части выреза

на шпунтовый ряд в паз надевают горизонтальный брус. Для увеличения срока службы шлюза-регулятора его необходимо обработать антисептиком.

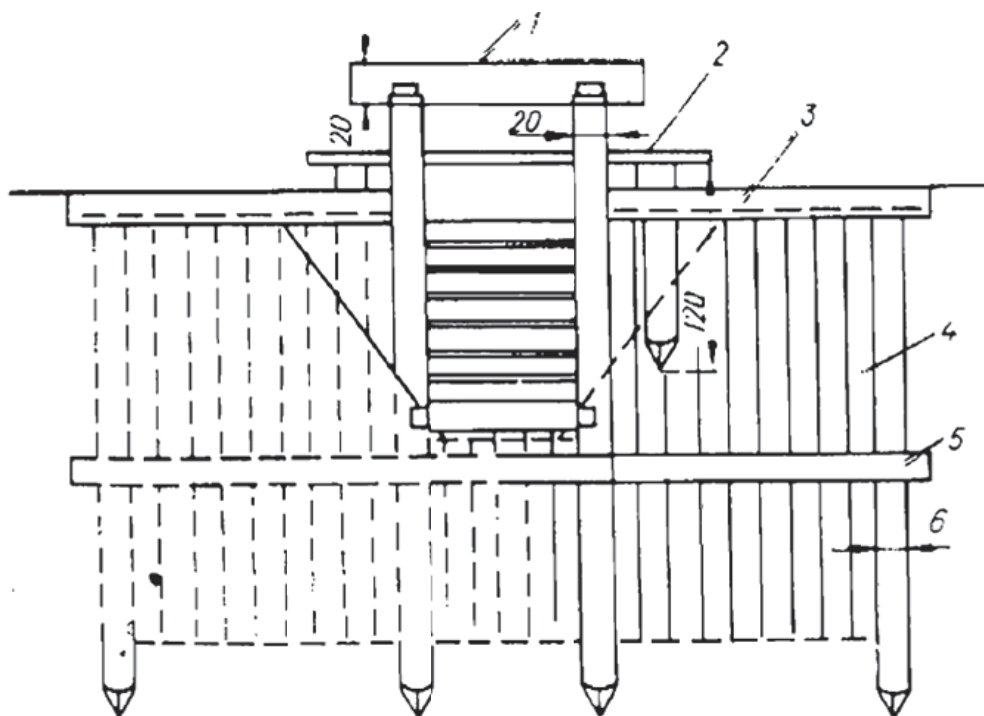


Рис. 3.10. Деревянный шлюз:  
1 – шапочный брус; 2 – служебный мостик; 3 – брус-насадка;  
4 – шпунтовая стенка; 5 – направляющие брусья; 6 – сваи

*Перепады* на осушительных и оросительных каналах устраивают открытые, ступенчатые. Они предназначены для уменьшения скорости движения воды на участках с большими уклонами. Перепад может иметь от одной до нескольких ступеней.

Бетонные перепады могут быть выполнены из сборных железобетонных конструкций (рис. 3.11). Входную часть перепада делают в виде раструба в целях рассредоточения потока на входе, принимая длину понура не менее двух-трех напоров. Ширину перепада рассчитывают также по формуле водослива с широким порогом.

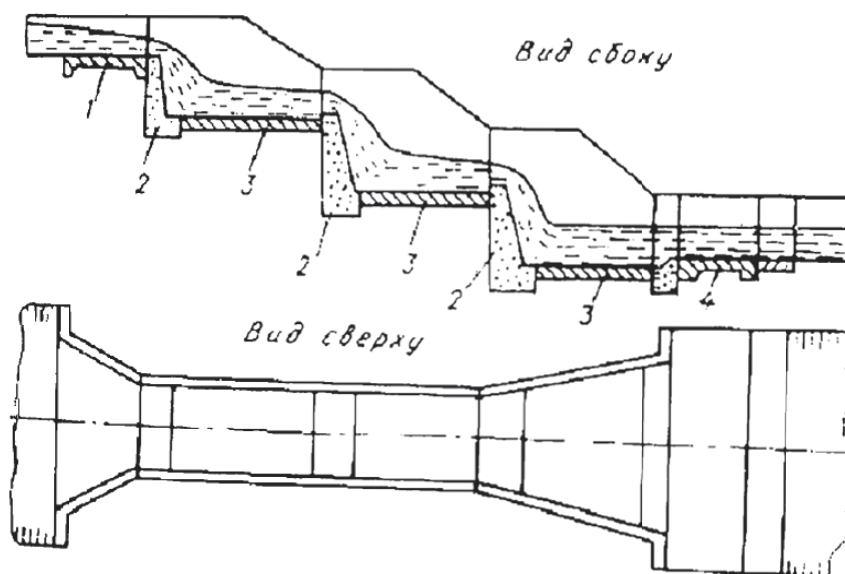


Рис. 3.11. Ступенчатый бетонный перепад:  
1 – понур; 2 – стенки падения; 3 – водобойная плита; 4 – выход

*Быстротоки* (рис. 3.12) устраивают в виде лотков обычно прямоугольного сечения. Входную и выходную часть, как и у перепадов, делают расширенной для рассредоточения потока и уменьшения вероятности разрушения сооружения. Для перевода скорости движения воды в спокойный режим на выходе из быстротока ставят успокоитель колодезного типа.

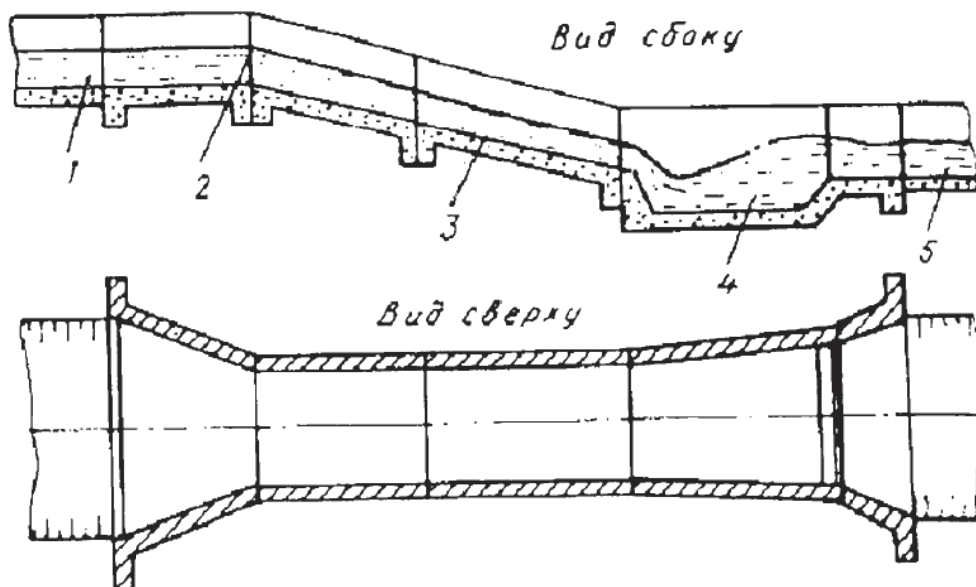


Рис. 3.12. Быстроток из сборного железобетона:  
1 – понур; 2 – вход; 3 – сливной пол; 4 – водобойный колодец; 5 – выход

### 3.12. Осушение закрытым дренажем

Закрытый дренаж применяют для осушения болот и избыточно увлажненных земель главным образом при грунтовом и грунтово-напорном водном питании. Его закладывают на глубину, обеспечивающую понижение грунтовых вод на требуемую норму осушения и создающую благоприятный водный режим в корнеобитаемом слое почвы. Грунтовая вода через стыки и щели проникает (вследствие разности напора, создаваемого в ее потоке дренажем) в дрены, а затем поступает в коллекторы и отводится с осушаемой территории.

Условные поверхности, которые окружают дренаж и имеют одинаковый напор, называются *экипотенциалами*. Грунтовая вода к дренажу движется по направлению, перпендикулярному экипотенциалам. Характер расположения экипотенциалов и линий токов воды зависит от мощности водоносного слоя, глубины залегания дрены.

Закрытый дренаж долговечен, срок его службы 50 лет и более. Он лучше регулирует водный режим осушаемой территории, чем открытый, создает хорошие условия для широкой механизации работ, способствует росту производительности труда при обработке почвы, посеве культур, уходе за посевами и уборке урожая.

Водоотводящие отверстия в дренажах могут быть выполнены в виде свободной трубчатой полости с крепленными стенками (трубчатый дренаж) и без крепления (кротовый дренаж) или заполнены пористым водопроводящим материалом – крупным щебнем, камнем, хворостом, фашиной, жердями (применяют редко).

Дренажную сеть подразделяют на *систематическую* и *выборочную*. При *систематической* схеме каналы и закрытые дрены равномерно располагают на осушаемой территории, на расчетном или нормативном расстоянии друг от друга. При *выборочной* схеме дренажную сеть устраивают только в переувлажненных местах, где уровень грунтовых вод стоит близко к поверхности почвы.

Систематическая дренажная сеть может быть продольной и поперечной. Продольную схему применяют при уклонах местности менее 0,005, поперечную – при уклонах более 0,005.

*Керамический дренаж.* Керамические дрены выполняют из глиняных, хорошо обожженных труб правильной цилиндрической или граненой формы. Их выпускают с внутренним диаметром 50, 75, 125, 150, 175, 200 и 250 мм длиной 333 мм, а трубы диаметром более 100 мм – длиной 500 мм. Осушительные дрены устраивают из труб диаметром 50...75 мм, коллекторы – из труб больших размеров.

Для укладки труб сначала отрывают траншею глубиной, равной глубине закладки дренажа. Ширина такой траншеи определяется шириной

дреноукладчика или экскаватора. Дно траншеи тщательно планируют. Осушительным дренам придают уклон не менее 0,002 и не более 0,01. Укладку ведут сверху вниз по уклону.

На разжиженных грунтах, в плывунах и торфе керамические трубы укладывают на предварительно проложенные по дну подкладки из теса или горбылей. Чтобы дрены не заилились, зазоры между трубами обкладывают фильтрующим материалом: мхом, гравием, толем, шлаком, стекловолокном, специальной искусственной тканью и др. В мелкозернистых оплывающих песках устраивают дополнительный фильтрующий слой не менее 5 см.

Для обеспечения достаточной пропускной способности и предотвращения заиливания скорость движения воды в дренах должна быть не менее 0,25 м/с в минеральных тяжелых глинистых грунтах и торфе, и не менее 0,4 м/с – в легких песчаных почвогрунтах. Максимальная скорость воды в дренах не должна превышать 1 м/с, так как при больших скоростях возможен размыв грунта в стыках дрен.

При впадении дрен в открытый коллектор (канал) их устья располагают выше дна канала не менее чем на 500 мм, при впадении в закрытый коллектор – расстояние между лотком трубы и расчетным уровнем воды в канале принимают не менее 200 мм.

*Пластмассовый дренаж.* Пластмассовые дрены устраивают из поливинилхлоридных или полиэтиленовых труб. Их выпускают наружным диаметром по стандартным размерам 50, 63, 75, 90, 110 и 125 мм в виде отрезков труб длиной 3...6 м или в виде ленты длиной 200...400 м, намотанной на катушку (в бухтах). На одном конце трубы делают конические расширения для стыковки отдельных звеньев. Водоприемные отверстия выполняют в виде щелей длиной 25...30 мм и шириной 0,4...0,6 мм и равномерно располагают по контуру трубы. Наиболее удобные для укладки трубы изготовлены в виде ленты.

К достоинствам пластмассового дренажа можно отнести: трубы легкие и транспортабельны; процесс укладки поддается механизации, т.е. сводится к минимуму ручной труд; также упрощается эксплуатация таких систем. Недостатки – относительная хрупкость труб из поливинилхлорида при низких температурах, склонность к химическому заилению.

На торфяных и тяжелых глинистых почвах на пашне и пастбищах пластмассовый дренаж закладывают на глубину 0,9...1,1 м, на лугах – 0,8...1 м. Расстояние между осушительными дренами назначают в зависимости от водно-физических свойств почв осушенной территории. Длина коллектора допускается не более 600 м и только при больших уклонах – до 1000 м. Оптимальный уклон коллекторов – 0,008...0,015, наименьший – 0,002.

*Кротовый дренаж.* Его применяют на торфах в тяжелых глинистых почвах в сочетании с керамическим, полиэтиленовым дренажем и открытыми каналами. Он способствует разрыхлению и повышению водопроницаемости почв. Кротовые дрены (рис. 3.13, а) отводят излишнюю влагу во влажные периоды года, в засушливую пору они бывают пустыми.

Летом в дневное время температура воздуха на поверхности почвы всегда выше температуры слоя почвы, в котором проложены кротовые дрены. Под влиянием разности температур возникает движение воздуха в дренах, что усиливает аэрацию верхних слоев почвы. Теплый атмосферный воздух приземного слоя, содержащий много влаги, попадая в дренаж, охлаждается, и часть водяных паров конденсируется и осаждается на стенках дренажа. Влажность почвы в зоне кротового дренажа повышается. Вследствие этого влажность кротованных земель во влажные периоды года бывает ниже, а в сухие периоды выше влажности некротованных земель. Урожаи сельскохозяйственных культур, выращиваемых на кротованных землях, в первые годы получают на 50...60 % выше, чем на некротованных. Таким образом, кротовый дренаж является хорошим регулятором водного и воздушного режимов торфяных и тяжелых по механическому составу почв. Действие кротовых дренажей сохраняется в течение 3...4 лет.

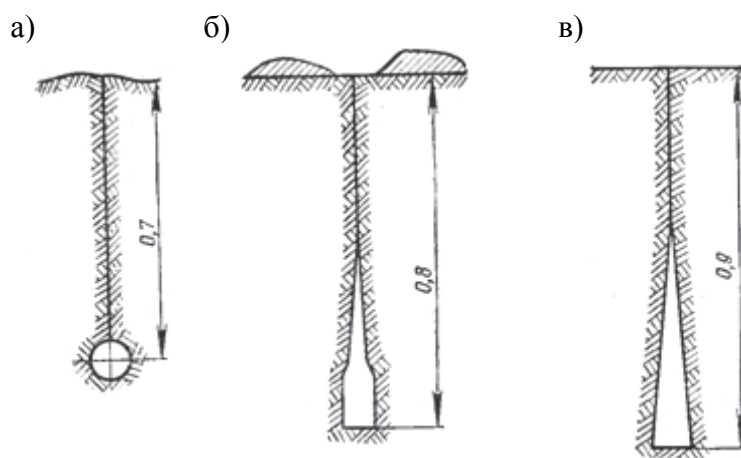


Рис. 3.13. Схемы кротовых (а) и щелевых (б, в) дренажей

Кротовый дренаж нарезают специальной кротодренажной машиной, например агрегатом Д-657. На торфяных почвах стенки кротового дренажа обычно не закрепляют. На малоустойчивых почвах для повышения прочности стен при нарезке через специальные трубки в кротовые дрены вводят смесь хорошо разложившегося торфа с раствором сульфата железа  $FeSO_4$ , которая проникает в грунт по периметру дренажа, или закрепляют периметр кротовых дренажей цементным раствором либо полимерным составом. Устье кротовой дренажа должно оканчиваться гончарной трубой, которая впадает в гончарную дренаж или канал, и находится выше расчетного



уровня воды в канале. Подтопленные кротовые дрены быстрее разрушаются, особенно в минеральных почвогрунтах.

*Щелевой дренаж.* На слаборазложившихся торфяных почвах с наличием корней и пней устройство кротового дренажа затруднено, поэтому на таких участках нарезают щелевые дрены (рис. 3.13, б). Длина щелевых дрен может достигать 300 м. Расстояние между ними в плотных торфяниках принимают 20...40 м, на торфах пониженной устойчивости и сильно переувлажненных – 15...25 м. Устья дрен при выходе в открытый канал закрепляют трубами. Срок действия щелевых дрен в торфяных грунтах не превышает 4... 6 лет. Щелевой дренаж, как и кротовый, работает круглый год. Во влажные периоды года он отводит излишнюю гравитационную влагу из корнеобитаемого слоя почвы, в засушливые – за счет конденсации парообразной влаги повышает влажность почвы.

*Строительство дренажа.* Различают три способа строительства дренажа: *траншейный*, *узкотраншейный* и *бестраншейный*. Наиболее часто применяют траншейный способ. Землеройными машинами нарезают траншею шириной 0,5 м с предусмотренной проектом глубиной. На дно траншеи трубоукладчиком или вручную укладывают дренажные трубы (керамические или полиэтиленовые). Зазоры в стыках труб не должны превышать 2 мм (при наличии надежной защиты дренажа от заиливания могут быть и больше). Поперечный сдвиг труб допускается не более чем на 1/3 толщины их стенки. Стыки керамических труб обкладывают фильтрующим материалом, мхом, гравием, шлаком, торфом, прессованным стекловолокном и засыпают вынутым грунтом.

*Траншейный* способ строительства наиболее трудоемкий, но качество его высокое, так как можно контролировать процесс укладки дрен и вручную исправлять дефекты. Его применяют при любых условиях, в любых почвогрунтах.

При *узкотраншейном* способе строительства дренаж устраивается из пластмассовых труб. Процесс укладки непрерывной пластмассовой ленты здесь совмещен с нарезкой траншеи. Объем земляных работ при этом меньше, а производительность труда выше по сравнению с траншейным способом строительства. Узкотраншейный способ можно применять в любых почвогрунтах.

При *бестраншейном* способе строительства все работы представляют единый технологический процесс. Бестраншейный дреноукладчик отрывает узкую щель и на ее дно укладывает гибкие пластмассовые перфорированные дренажные трубы внутренним диаметром 40...50 мм. Современные дреноукладчики, оборудованные системами глобального позиционирования ГЛОНАСС, обеспечивают высокую точность исполнения работ. Этот можно применять в любых почвогрунтах, за исключением тех, в которых содержится большое количество камней и крупных корней деревьев.

### 3.13. Сооружения на дренажной сети

Устья коллекторов и дрен выходят на поверхность земли (на откосы водоприемника) и подвержены неблагоприятному воздействию различных внешних факторов (могут разрушаться при высоких уровнях воды, образования льда, оползания откосов водоприемника и т.д.). Любая неисправность устья отрицательно сказывается на работе всей дренажной системы. Поэтому число устьев на системе принимают минимальным, а их конструкцию – надежной и прочной. Последняя дренажная трубка коллектора или дрены должна быть бетонной или асбестоцементной и заканчиваться в месте выхода на поверхность откоса железобетонным оголовком. Устье следует устраивать так, чтобы оно было защищено от обрушений откоса водоприемника, заносов и засорений.

Если коллектор впадает в быстротекущий поток, то трубу устья нельзя направлять против его течения. Нижний край трубы рекомендуется устанавливать на 100...150 мм выше расчетного уровня воды в водоприемнике в посевной период. Служба эксплуатации осушительной системы должна тщательно следить за работой устьев. Перед весенним снеготаянием нужно скалывать лед, своевременно устранять заторы воды, неисправности после пропуска паводка.

*Смотровые колодцы* необходимы для контроля и ухода за коллекторной сетью. Их устраивают во всех узлах дренажной системы, где сходится несколько коллекторов, в местах изменения вертикального или горизонтального направления коллектора, на прямолинейных участках дренажа через 100...400 м. Верх колодцев выводят на поверхность земли и закрывают крышкой или делают под землей ниже обрабатываемого слоя почвы, дно располагают на 300...450 мм ниже дна дренажных труб. На дне оседают наносы (ил), которые периодически удаляют. Смотровые колодцы могут выполнять функции перепадов при пересечении коллекторами местности с большим уклоном. Выполняют колодцы квадратного поперечного сечения шириной 70...80 см или круглого – диаметром 70...80 см из кирпича или бетона.

*Шлюзы* регулируют уровень грунтовых вод на дренажной системе. Их выполняют в виде колодцев-регуляторов в любой части коллекторов или в виде шандорного затвора в устье коллекторов. Закрытие шандор вызывает подпор воды в дренажной сети, что приводит к повышению уровня грунтовых вод и благоприятному в засушливый период увлажнению корнеобитаемого слоя почвы.

### 3.14. Осушение тяжелосуглинистых почвогрунтов

Избыточно увлажненные тяжелосуглинистые почвогрунты с преобладающим атмосферным водным питанием отличаются низкой водопроницаемостью, слабым гумусовым слоем, относятся к неструктурным грунтам. В них содержится очень мало гравитационной воды, поскольку разность между общим объемом пор и объемом капиллярных пор не превышает 10 %. С глубиной влажность почвы уменьшается.

Благоприятное регулирование водного режима таких почв обеспечивают следующие мероприятия: ускорение поверхностного стока, осушение земель закрытыми собирателями, осушение кротовым дренажем, введение правильных севооборотов (с посевом многолетних трав).

*Мероприятия по ускорению поверхностного стока* включают в себя:

- вспашку и рядовой посев культур вдоль склона;
- посев культур по загонам шириной 20...40 м;
- размежевание разъемными бороздами глубиной не менее 30 см для отвода поверхностных вод;
- устройство нагорных каналов по верхней границе осушаемой территории, при больших водосборах, и нагорных борозд – при небольших (нагорные каналы выводят в ближайшие понижения, а нагорные борозды – в разъемные борозды);
- рыхление подпахотного слоя на глубину 40...50 см вместе со вспашкой.

Эти мероприятия содействуют аккумуляции влаги и повышению аэрации почвы.

Устройство закрытых собирателей ускоряет сток поверхностных вод. В траншее, нарезанные через 40...60 м, глубиной 1,2...1,4 м укладывают трубы, по длине которых сделаны водоприемные отверстия. Отверстия закрывают фильтрующим материалом, а сверху трубы засыпают песком, шлаком, гравием или другим водопроницаемым материалом до подошвы пахотного слоя. Вода с поверхности почвы через фильтр и водоприемные отверстия поступает в трубы и отводится за пределы осушаемого слоя почвогрунта. Недостатки закрытых собирателей – невозможность механизации работ и высокая стоимость строительства.

Наибольшей эффективности осушения тяжелосуглинистых почвогрунтов достигают при устройстве кротового дренажа в сочетании с систематическим керамическим. Керамические дрены нарезают через 15...30 м глубиной 1,1...1,3 м. Кротовый дренаж закладывают поперек систематического на глубину 0,5...0,6 м с расстоянием между дренами 1...1,5 м. Он ускоряет отвод избыточной влаги из корнеобитаемого слоя, улучшает условия аэрации почвы, аккумулирует излишнюю воду в подпахотных слоях, усиливает действие систематического керамического дренажа.

Еще лучшие результаты дает сочетание систематического керамического дренажа с глубоким рыхлением тяжелых глинистых почв. Рыхление проводят поперек систематического дренажа специальными рыхлениями на глубину 0,7...0,8 м.

Для повышения плодородия слабокультуренных тяжелых глинистых и суглинистых осушенных почв северо-западной части РФ Северным научно-исследовательским институтом гидротехники и мелиорации и Северо-Западным научно-исследовательским институтом сельского хозяйства разработан комплекс агромелиоративных приемов обработки почвы, предусматривающий создание условий для быстрого отвода избыточной влаги весной, улучшение теплового режима почвы и усиление развития аэробной микрофлоры (рис. 3.14).

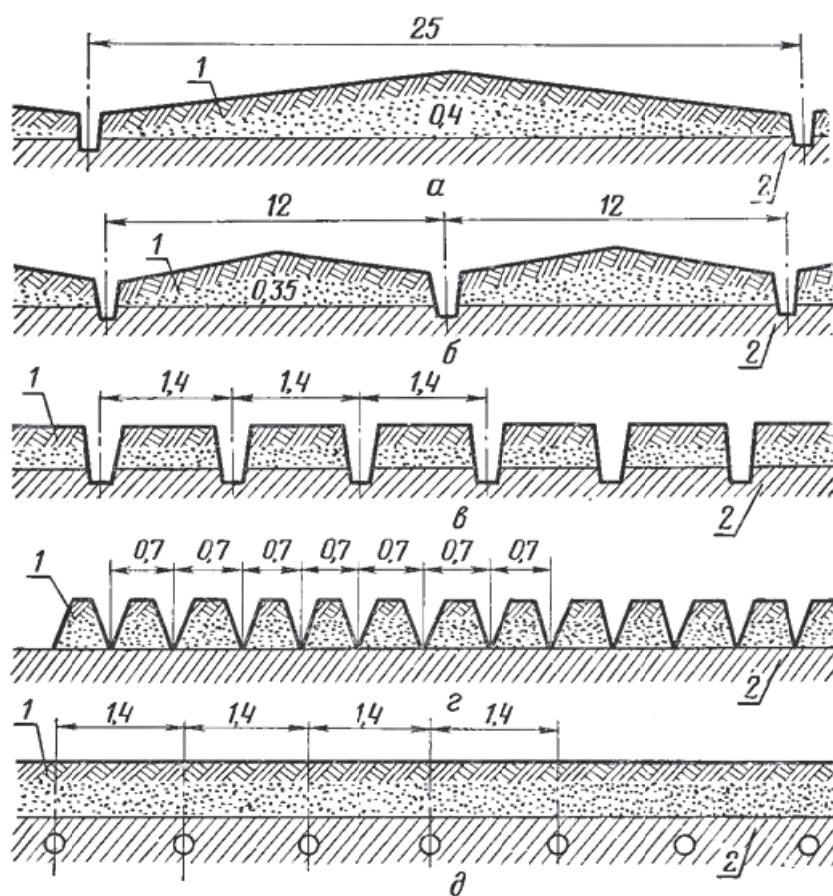


Рис. 3.14. Приемы регулирования водного и воздушных режимов почв:  
 а – профилирование; б – узкозагонная вспашка; в – грядование;  
 г – гребневание; д – кротование; 1 – пахотный слой; 2 – подпахотный слой

Кротование почвы в названном комплексе приемов отличается от обычного кротового дренажа. Его проводят на меньшую глубину – на 15...17 см ниже плужной подошвы, одновременно со вспашкой или отдельно. Кротовые дрены нарезают диаметром 7 см через 1...2 м.

В тяжелых глинистых и суглинистых почвах, на которых выполнен весь комплекс рекомендуемых агромелиоративных приемов обработки, улучшается аэрация, снижается кислотность почвенного раствора ( $pH$  с 5,3 до 7,1), значительно повышается степень доступного растениям фосфора, больше целлюлозных нитрифицирующих бактерий.

### **3.15. Дороги на осушаемой территории**

Нормальное функционирование осушительной системы и эффективное использование осушаемых земель возможны только при наличии дорог. Их следует прокладывать сразу после окончания работ по регулированию водоприемника и строительства открытых проводящих каналов.

Расположение дорог, особенно внутрихозяйственных, должно быть увязано с расположением осушительной сети, а их протяженность – по возможности минимальной.

На территории, осушенной открытыми каналами, дороги проводят вдоль крупных каналов (по наиболее осушенным местам), а также на каждом участке между каналами. Если дорога не проходит вдоль проводящего канала, ее трассу осушают двумя параллельными каналами, нарезаемыми с обеих ее сторон, глубиной 1...1,2 м. Ширину дороги принимают не менее 7 м, чтобы обеспечить проезд сельскохозяйственных машин и агрегатов. Полотна крупных дорог укрепляют гравием, щебнем. На минеральных почвах дороги отсыпают из грунтов, взятых из кавальеров, каналов, а на торфяниках – из минеральных, лучше песчаных.

Протяженность полевых дорог на 1 км<sup>2</sup> осушаемой территории допускается на овощных севооборотах 2...2,5, полевых – 1...1,4, на сенокосах и пастбищах – 0,5...0,7 км.

### **Контрольные вопросы**

- 1) Дайте определение и краткую характеристику следующим понятиям: болото, заболоченное место, избыточное увлажнение.
- 2) Какое влияние оказывает осушение на почву?
- 3) Какие требования сельскохозяйственных культур к водному режиму почв?
- 4) От чего зависит норма осушения?
- 5) Дайте характеристику методам и способам осушения.
- 6) Назовите принципы и схемы построения осушительных систем открытыми каналами.
- 7) Перечислите принципы и схемы устройства осушительных систем закрытым дренажем.
- 8) Дайте схему устройства дорог на осушаемой территории.

## 4. ВОДОПРИЕМНИКИ ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ. СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВИДЫ ОСУШЕНИЯ

### 4.1. Водоприемники

*Водоприемником* осушительной системы может быть река, озеро, пруд, ручей и т.д. Его задача – принимать воду с осушаемой территории (обычно магистрального канала) и обеспечивать бесподпорную работу осушительной системы. Подпор воды со стороны водоприемника снижает скорость движения воды, вызывает отложение наносов в каналах, уменьшает их пропускную способность, что приводит к подъему уровня грунтовых вод, заболачиванию осушаемой территории.

Часто в качестве водоприемников приходится использовать заболоченные реки. Но для того, чтобы такие реки могли без подпора принимать воду из осушительной системы, необходимо улучшить их гидрологический режим. С этой целью проводят мероприятия по регулированию русла водоприемника. Методы регулирования зависят от причин, вызывающих заболачивание русла.

Реки заболоченных древнеозерных пойм сильно заторфованы, имеют малую пропускную способность вследствие зарастания, заиления и заторфовывания, по длине русла наблюдаются перекаты. Уровень воды в них в летний период стоит близко к поверхности и подпирает грунтовые воды поймы. Такие реки не могут быть хорошим водоприемником.

При регулировании рек устраняют причины, вызывающие заболачивание, создают условия для своевременного приема и отвода воды с осушаемой территории без подпора осушительной сети: увеличивают площадь живого сечения и уклон по длине реки, уменьшают шероховатость русла. При этом русло углубляют и расширяют до таких размеров, при которых обеспечивается необходимое понижение уровня воды в реке и своевременный отвод паводковых вод. Водоприемник должен полностью вмещать и летние паводковые расходы. Откосы и дно его должны быть устойчивыми против размыва и оползания, очищены от зарослей кустарников и травянистой растительности. Расчистка русла уменьшает шероховатость, повышает скорость течения воды, обеспечивает пропуск тех же расходов воды при меньшей глубине его наполнения.

Дну реки при ее регулировании на всем протяжении следует придавать равномерный уклон – 0,002...0,0002, а руслу в плане – плавное криволинейное очертание. Увеличение уклона русла достигается спрямлением сильноизвилистых участков. При этом стремятся обычно не только сократить длину реки, но и придать ей в плане вид плавно изогнутого канала примерно с одинаковым поперечным сечением. Но к спрямлению отдельных извилистых участков прибегают в исключительных случаях только в

зоне избыточного увлажнения, когда другими приемами нельзя улучшить гидрологический режим реки, а также когда река почти полностью теряется в болотистом массиве. В других случаях в целях сохранения профиля реки ограничиваются расчисткой и углублением ее русла.

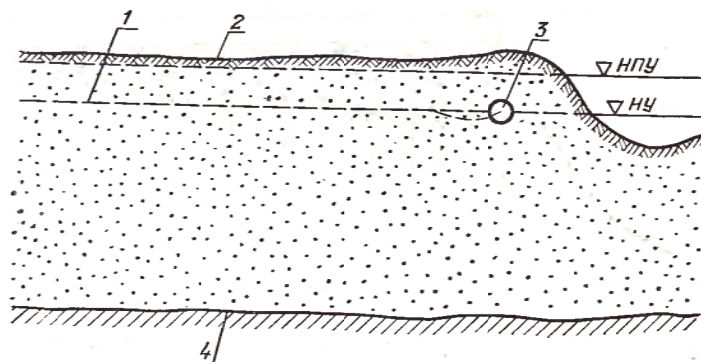
Река-водоприемник на всем протяжении должна иметь равномерный режим движения воды, что достигается выравниванием ширины русла устройством полузапруд или траверсов. На небольших заболоченных реках полузапруды выполняют из однорядного или двурядного плетня. Пространство между плетнями заполняют почвогрунтом или дерниной. Плетневые полузапруды прочно сопрягают с берегом реки. Их сооружают под углом 110...120 град по направлению течения воды. Длина полузапруд определяется шириной русла, высота – отметкой летнего уровня воды в реке. Расстояния между полузапрудами обычно принимают в пределах трех-четырех их длин. Скорость течения воды между полузапрудами уменьшается, усиливается осаждение наносов. Ширина русла в таких местах уменьшается, скорости движения воды в реке выравниваются.

#### 4.2. Осушение подтопленных пойменных земель в зоне рек

Подтопление сельскохозяйственных угодий на пойменных землях обусловлено высоким стоянием уровня воды в реке и подъемом вследствие этого уровня грунтовых вод. Водный и воздушный режимы в корнеобитаемом слое таких земель неблагоприятны для растений. Пойменные земли постепенно превращаются в избыточно увлажненные, их продуктивность в результате появления влаголюбивой растительности (осоки, хвоща и др.) снижается.

Для защиты от подтопления и предотвращения заболачивания поймы строят закрытый и открытый береговой дренаж вдоль реки на некотором расстоянии от берега. Его задача – перехватить фильтрующиеся воды из реки в пойму и снизить подпор грунтовых вод. Наиболее эффективен береговой дренаж (закрытый или открытый), проложенный на уровне (или ниже) отметок исходного (до подтопления) уровня реки (рис. 4.1). Сброс воды из берегового дренажа должен располагаться ниже места подпора (плотины).

Рис. 4.1. Схема берегового дренажа: 1 – уровень грунтовых вод до подпора рекой; 2 – уровень грунтовых вод после подпора; 3 – береговая дрена; 4 – водоупор



### 4.3. Обвалование рек

Для защиты пойменных земель от затопления паводковыми водами берега рек и их притоков обваловывают незатопляемыми и затопляемыми дамбами.

Гребень незатопляемых дамб устраивают выше наивысшего паводкового уровня на 1...2 м. Если пойменные земли будут заняты сельскохозяйственными культурами, до начала посева которых допускается затопление почвы водами ранних весенних паводков (несут ил, повышающий плодородие почв), то в дамбах устраивают шлюзы-регуляторы. Шлюзы регулируют сроки, продолжительность и глубину затопления пойм. Поверхностные и грунтовые воды удаляются с помощью закрытой или открытой осушительной сети (и значительно быстрее, чем понижается уровень воды за дамбой в реке) или сбрасываются самотеком через шлюз-регулятор.

При незатопляемых дамбах водным режимом обвалованных земель можно управлять в течение всего года.

Затопляемые дамбы строят в случае, когда в течение определенного времени допускается затопление территории. Вода поступает на обвалованные земли через гребень дамбы и шлюзы-регуляторы. Основное назначение таких дамб предотвращать летнее и осеннее затопление пойм. Они менее надежны, чем незатопляемые дамбы, не обеспечивают управления водным режимом обвалованных земель.

Чтобы не допустить затопления пойменных земель притоками обвалованной реки, в местах пересечения их русел с дамбой также устраивают шлюзы-регуляторы или притоки обваловывают.

Поперечное сечение дамб имеет форму трапеции (рис. 4.2). Ширину гребня затопляемой дамбы принимают 2...3, незатопляемой – 4...6 м. Заложение откосов зависит от высоты дамбы, характера грунта ее тела и обычно со стороны реки составляет 2...3,5, со стороны сухого откоса – 2...3.

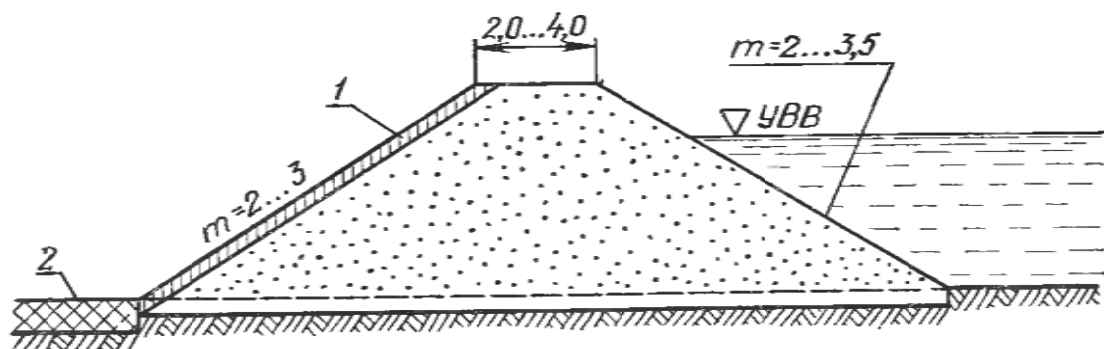


Рис. 4.2. Поперечное сечение дамбы при обваловании реки:  
1 – дерн; 2 – растительный слой; УВВ – уровень высоких вод



Мокрый откос дамбы укрепляют дерном, камнем, фашинами, сухой – покрывают плодородной почвой слоем 12...15 см и засевают травами. Плодородный растительный слой снимают с площади, отведенной под основание дамб, перед их отсыпкой. Если грунт дамбы водопроницаемый и рыхлый (песчаный, торф), то мокрый откос делают более пологим (1:5, 1:6), сверху покрывают слоем глины 0,8...1 м (экраном) и тщательно уплотняют. Но и после обвалования реки часть воды из нее будет просачиваться в пойму, и особенно в период высокого уровня воды в ней. Удаляется такая вода осушительной сетью поймы.

Обвалование рек – дорогостоящее мероприятие, поэтому к нему прибегают только в случае крайней необходимости: при защите от затопления населенных пунктов, ценных сельскохозяйственных угодий, садов, огородов, обширных лугов, пастбищ, полей и др. За рубежом обвалование широко применяют от затопления морскими приливами пологих морских берегов. На защищенных берегах (польдерах) возделывают сельскохозяйственные культуры. Они обычно покрыты мощным слоем плодородного ила и после осушения дают значительную осадку. Уровень поверхности польдеров бывает на 1,5...2 м ниже уровня моря.

#### **4.4. Кольматаж**

В пониженных местах поймы в период затопления весенними паводковыми водами при отсутствии течения воды интенсивно откладывается ил. Поверхность поймы постепенно повышается. Такое явление называют *кольматажем*.

Кольматаж может происходить естественным и искусственным (при вмешательстве человека) путем. Чтобы вызвать интенсивный процесс кольматации, в пойме устраивают мелкие отстойники в виде чеков. В отстойники пускают паводковую воду. После отстаивания осветленную воду сбрасывают в реку.

Кольматаж применяют в поймах, где речные воды несут большое количество наносов и где другие приемы мелиорации поймы по хозяйственным соображениям нецелесообразны.

#### **4.5. Осушение с помощью поглощающих колодцев**

Мелкие водоемы, замкнутые западины, в которых застаивается талая и дождевая вода, осушают с помощью вертикальных поглощающих колодцев (рис. 4.3). В низком месте дна водоема закладывают буровую скважину, которая прорезает водонепроницаемый верхний слой. Нижняя часть ее (забой) должна заканчиваться в хорошо водопроницаемом грунте, обычно песчаном. Диаметр скважины принимают 15...20 см. Стенки ее крепят ас-

бестоцементными или керамическими трубами. Верхний оголовок трубы оборудуют фильтром: из песка, мелкого и крупного гравия. Если верхний водонепроницаемый слой имеет небольшую мощность, то вместо поглощающего колодца-скважины устраивают колодец-шурф размером 1 x 1 м. Дно его должно касаться песчаного слоя.

Для предохранения от заиления нижнюю треть колодца заполняют мелким гравием, а сверху колодцы засыпают крупным гравием или кирпичной щебенкой.

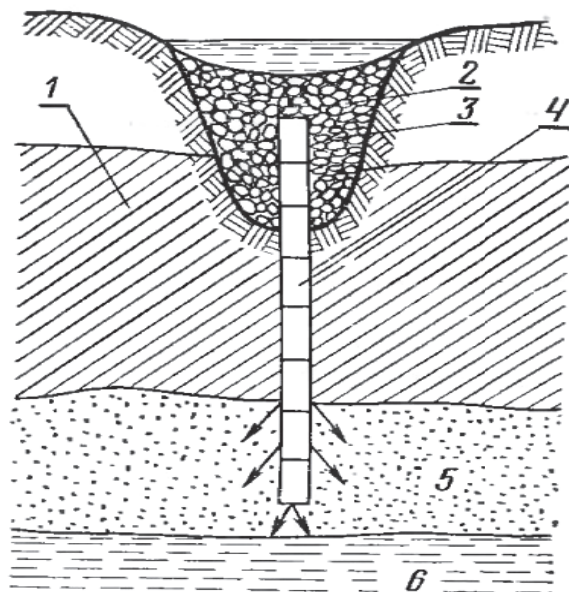


Рис. 4.3. Схема поглощающего колодца:  
 1 – глинистый слой – водоупор;  
 2 – стеновые элементы колодца (кирпич, бетонные плиты и т.п.);  
 3 – дренирующая засыпка (гравий);  
 4 – дренажные трубы; 5 – водоносный поглощающий слой (песок и др.);  
 6 – уровень грунтовых вод

#### 4.6. Осушение с машинным водоподъемом

Осушение с машинным водоподъемом применяют на землях, расположенных ниже уровня воды в водоприемнике – низменностях, прилегающих к морям, заливам, озерам, дельтам рек, впадающих в моря, на участках пойм, находящихся в подпоре со стороны реки. При этом стремятся, чтобы большая часть воды с осушаемой территории отводилась самотеком, оставшуюся часть воды перекачивают в водоприемник с помощью насосных станций.

Осушаемые низменности защищают от затопления обвалованием, от притока воды с прилегающих водосборов – нагорными каналами. Все водотоки, проходящие через осушаемую территорию, также обваловывают и в определенном месте на них сооружают самостоятельный спуск воды с водоприемника.

Осушительную систему выполняют в виде открытых каналов или дрен (рис. 4.4).

Глубина осушительной сети и расстояние между каналами и дренами зависят от свойств почвогрунта осушаемой территории и характера ее дальнейшего использования. Осушительные каналы должны иметь по возможности минимальный уклон (до 0,0005) в целях уменьшения высоты подъема воды при перекачке в водоприемник. Для повышения пропускной способности каналов при малом уклоне увеличивают их размеры (в основном ширину), что ведет к росту объема и стоимости работ по устройству и эксплуатации осушительной системы.

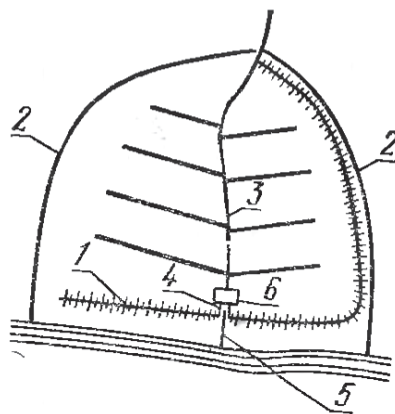


Рис. 4.4. Схема осушения с машинным водоподъемом: 1 – защитные валы; 2 – ограждающие каналы; 3 – магистральный канал; 4 – насосная станция; 5 – водовыпуск; 6 – водосборный бассейн

Осушительную систему обычно проектируют в двух вариантах с водосборным бассейном и без него. Потом варианты сравнивают и выбирают наиболее экономически эффективный. Устройство водосборного бассейна уменьшает зависимость работы насосной станции от изменяющихся во времени расходов (в зависимости от метеорологических и гидрогеологических факторов) в осушительных каналах и дренах и позволяет использовать на системе насосную станцию меньшей мощности.

Высота подъема воды насосными станциями при осушении обычно небольшая, поэтому они чаще бывают низконапорными.

#### 4.7. Осушение вертикальным дренажем

Осушение вертикальным дренажем применяют при однородном строении, достаточной мощности и хорошей водопроницаемости водоносного слоя, вызывающего заболачивание земель. На территории, нуждающейся в осушении, отрывают вертикальные колодцы или устраивают скважины. Воду, заполняющую их, откачивают насосами и отводят в водоприемники или используют на хозяйственные нужды. Этим достигается значительное понижение уровня грунтовых вод в зоне действия колодца или скважины.

Глубина колодца или скважины должна соответствовать нужной глубине откачки воды и выпускаемому насосному оборудованию. В нижней части колодца или скважины устанавливают фильтр, через который в них поступает грунтовая вода из водоносного горизонта.

#### **4.8. Увлажнение почв при вертикальном дренаже**

Ранней весной перед началом полевых работ, в годы с влажным вегетационным периодом, во время уборки урожая и в дождливую осень осушительно-увлажнительная система на базе вертикального дренажа должна работать в режиме осушения, то есть в работу включают все или часть скважин вертикального дренажа для понижения уровня грунтовых вод. Воду, откачиваемую из скважин, отводят за пределы осушаемой территории и в наливные водоемы. Изменением режима интенсивности откачки грунтовые воды поддерживают на оптимальном для возделываемых сельскохозяйственных культур уровне. В период интенсивной откачки вблизи скважин образуются глубокие воронки депрессии поверхности грунтовых вод, однако через 2...6 ч ее прекращения они заполняются водой, притекающей с прилегающей территории.

#### **Контрольные вопросы**

- 1) Перечислите виды водоприёмников осушительных систем и дайте им характеристику.
- 2) Раскройте принцип устройства водозащитных дамб.
- 3) Как осуществляется осушение подтопленных пойменных земель?
- 4) Как устроены поглощающие колодцы и вертикальные дренажные скважины?

### **5. КУЛЬТУРТЕХНИЧЕСКИЕ РАБОТЫ НА ОСУШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ**

После осушения территории в целях приведения неплодородной почвы в культурное состояние проводят комплекс культуртехнических мероприятий: срезку древесно-кустарниковой растительности, корчевку и удаление пней, очистку осушенной площади от камней, удаление кочек, планировку поверхности, первичную обработку поверхности почвы.

#### **5.1. Срезка и запашка древесно-кустарниковой растительности**

Для удаления крупных деревьев с осушаемых земель применяют обычные лесозаготовительные приемы. Стрельчатые деревья используют в качестве деловой древесины, нестрельчатые идут на дрова.

Мелкий лес и кустарник срезают кусторезами. Если гумусовый слой на осушаемых землях составляет 25 см и более, то кустарник высотой менее 25 см можно запахивать кустарниково-болотными плугами. Основная масса запахиваемого кустарника должна находиться в гумусовом слое, за-

глубление в нижележащие подзолистые слои допускается не более чем на 5 см. Через два-три года запаханная масса кустарника почти полностью разлагается. При этом почва получает дополнительно органической массы 45...80 т на 1 га, что улучшает ее водно-физические свойства и аэрацию, повышает плодородие. Перед запашкой с поверхности почвы следует убрать крупные камни и пни. До полного разложения запаханного кустарника вспашка почвы не допускается. Вместо нее рекомендуется проводить обработку тяжелыми дисковыми боронами. Запашка кустарника в гумусовый слой обходится значительно дешевле его срезки кусторезами.

Торфяные почвы, заросшие кустарником и мелким лесом, засоренные погребенной древесиной, покрытые пнями и кочками, фрезеруют различными фрезерующими агрегатами. При этом кустарниковая растительность и погребенная древесина измельчаются и перемешиваются с почвогрунтом (на глубину 40 см). Фрезерующий агрегат за один проход выполняет весь комплекс работ по подготовке поверхности почвы к посеву.

## **5.2. Химический способ удаления древесно-кустарниковой растительности**

На участках с небольшим гумусовым слоем (менее 25 см) древесно-кустарниковую растительность удаляют химическими средствами. Заросшие участки опрыскивают эмульсией или водными растворами различных солей и эфиров: бутиловым эфиром 2,4-Д, аминной солью 2,4-Д, кртолиновым препаратом. При попадании на растения они проникают внутрь листьев и побегов и, нарушая процессы обмена веществ, вызывают их отмирание. Дозы химических средств зависят от вида, возраста и мощности кустарников и древесной поросли и обычно составляют 3...6 кг/га.

Большие площади осушаемых земель для удаления древесно-кустарниковой растительности опрыскивают химическими средствами с самолетов. Для сведения отдельных групп кустарника и древесной поросли используют тракторные опрыскиватели. Чтобы полностью уничтожить кустарники и древесную поросль, часто требуется два-три опрыскивания. Повторные опрыскивания проводят на следующий год. Полное отмирание стволов, корней, кустов, древесной породы обычно наступает не ранее чем на второй год после опрыскивания. Засохший кустарник высотой до 4 м запахивают кустарниково-болотным плугом.

Для ломки более высокого отмершего кустарника и подкорчевки неповрежденных стволов применяют якорную цепь длиной 50...60 м с тяжелым грузом посередине, натянутую между двумя параллельно идущими на расстоянии 25...30 м тракторами. Сломанный кустарник сгребают тракторными граблями в кучи и сжигают.

### **5.3. Удаление камней**

Камни, нередко засоряющие пахотный слой почвы, затрудняют или делают практически невозможной работу сельскохозяйственных машин, поэтому перед первичной обработкой почвы осушаемую территорию очищают от них.

Крупные камни (диаметром более 0,5 м и массой 5...8 т), залегающие в подпахотном слое и выступающие на поверхность, выкорчевывают корчевателями-погрузчиками и вывозят за пределы осушаемого участка на прицепах-самосвалах, прицепных лыжах-самосвалах или на стальных листах. Мелкие камни (диаметром менее 0,5 м) собирают камнеуборочной машиной в кучу или также вывозят за пределы осушаемого участка.

### **5.4. Удаление кочек**

Сильная закороченность осушаемой площади мешает успешному ее освоению, затрудняет вспашку и последующую обработку почвы. Появление кочек связано с многочисленными факторами. На низинных болотах много кочек растительного происхождения, которые образуются в результате плотного сплетения крепких эластичных корневищ осок, бесколенника, луговика дернистого и других растений. На верховых и переходных болотах часто встречаются пушицевые и моховые кочки, которые сливаются в моховые гряды и бугры. Земляные кочки образуются при бессистемном выпасе скота, в результате деятельности кротов и муравьев и т.д.

Земляные и небольшие растительные кочки легко удаляются тяжелыми дисковыми боронами и болотными навесными фрезами. Растительные и моховые кочки высотой более 20 см запахивают кустарниково-болотными плугами. Более крупные кочки сначала разделяют навесными рельсовыми боронами и фрезами или прикатывают тяжелыми катками, а затем запахивают. Валунные и пнистые кочки ликвидируют камнеуборочными машинами-корчевателями. После удаления кочек осушенный участок вспахивают кустарниково-болотным плугом.

### **5.5. Первичная обработка почвы**

Вспашку целинной почвы проводят кустарниково-болотными плугами, легкой минеральной со слабой дерниной – обычными плугами. Торфяные почвы с плотной дерниной вначале обрабатывают тяжелыми дисковыми боронами в два следа (вдоль и поперек участка), а затем вспахивают с полным оборотом пласта. Глубина вспашки определяется мощностью гумусового слоя: для минеральных почв она составляет 20...22 см, для торфяных – 30...35 см.

Осушаемые участки целесообразно вспахивать летом или осенью в год, предшествующий освоению участка под посев сельскохозяйственных культур. Это позволяет использовать технику в наименее напряженный период года, и, кроме того, почва при летней вспашке хорошо аэрируется, интенсивнее идет процесс нитрификации, разложения мелких и средних корневых остатков древесной и травянистой растительности.

Разделка пласта необходима для создания рыхлого слоя почвы мощностью не менее 1/2...2/3 глубины основной обработки, а также чтобы избежать распыления гумусового слоя. Ее выполняют в один-два прохода фрезерующими барабанами или в два-четыре прохода дисковыми боронами.

В сухую погоду нельзя допускать больших разрывов между вспашкой и разделкой пласта. Движение агрегатов, разделяющих пласт, должно быть диагонально-перекрестным. Это позволяет повысить интенсивность обработки пласта, не выворачивать дернину на поверхность и лучше выравнивать поле.

Прикатывание обработанного участка устраняет дефект вспашки и способствует созданию более благоприятного водного режима почвы. Выполняют его различными катками. Прикатывание почв с хорошо разложившимся торфом должно быть сравнительно слабым, а переходных и верховых болот с малоразложившимся торфом – сильным.

## 5.6. Удобрение почвы

Осушаемые верховые и переходные болота и большинство минеральных почв имеют повышенную кислотность и нуждаются в известковании. Известкование снижает кислотность, улучшает агрегатный состав почвенных частиц и в целом водно-физические свойства почвы, повышает растворимость фосфатов.

На слабокислые почвы (при  $pH$  солевой вытяжки 6...7) рекомендуется вносить известь 0,5...1 т/га, на среднекислые (при  $pH = 4,5...6$ ) – 1...2, на сильнокислые ( $pH = 2,5...3,5$ ) – 3...4 т/га. При выборе дозы внесения извести необходимо учитывать не только кислотность почвы, но и какие культуры будут возделываться на ней. Например, овес, озимая рожь, картофель и люпин дают хорошие урожаи на почвах с повышенной кислотностью. На слабокислых почвах рекомендуется возделывать яровую и озимую пшеницу, горох, вику, лен, многолетние злаковые травы, кукурузу, капусту.

По данным В. Р. Вильямса, срок действия известкования составляет 7...9 лет, после чего его повторяют.

Большинство осушаемых болот бедно калием, поэтому при освоении их необходимо в почву вносить калийные удобрения. Но поскольку в чистом виде калий разрушает структуру почвы, его сочетают с суперфосфатными и органическими удобрениями. При выращивании зерновых культур

и трав доза внесения калийных удобрений в первые годы обычно составляет 120 кг/га, при возделывании картофеля и овощных культур – 200 кг/га. Срок действия калийных удобрений непродолжителен.

Низинные болота в первые годы освоения нуждаются в азотных и фосфорных удобрениях, поскольку большее количество азота и фосфора в них содержится в недоступной для растений форме. Например, доза внесения фосфора в первый год освоения должна составлять 45...60 кг/га. В процессе окультуривания верхнего слоя и минерализации торфа нерастворимые формы азота и фосфора переходят в растворимые и дозы внесения азотных и фосфорных удобрений постепенно уменьшаются.

Значительному повышению плодородия осушаемых земель способствует внесение навоза. На осваиваемых низинных болотах доза навоза должна составлять 10...20 т/га, на переходных и верховых – 20...40 т/га. Навоз следует вносить в почву ежегодно.

Сельскохозяйственные культуры, выращиваемые на осушаемых землях, испытывают также недостаток в микроудобрениях: меди, боре, марганце и т.д. Так, внесение медных микроудобрений может повысить урожайность зерновых культур в 5...8 раз.

### **Контрольные вопросы**

- 1) Перечислите и охарактеризуйте культуртехнические мероприятия.
- 2) Как проводится рекультивация закороченных сенокосов и пастбищ?
- 3) Как проводится рекультивация пирогенных торфяно-болотных почв?

## **6. ВЕРТИКАЛЬНАЯ ПЛАНИРОВКА ТЕРРИТОРИЙ**

### **6.1. Рельеф и его оценка**

*Вертикальная планировка* – это система мероприятий на территории, подвергающейся использованию, по отводу поверхностных вод с территории, защите от наводнений и других природных и техногенных воздействий на территорию, взаимному размещению различных сооружений и коммуникаций относительно поверхности земли с переустройством рельефа местности, при необходимости.

При использовании территории для различных целей необходимо учитывать естественное состояние рельефа. Необходимость изменения рельефа принимается при проектировании территории в зависимости от плана использования отдельных его участков.



Для сельскохозяйственных целей пригодность территорий определяется технологией возделывания культур. При строительстве населенных пунктов требуется решать множество вопросов по размещению улиц, предприятий, жилых микрорайонов, дорог и прочего необходимого на момент разработки проекта или строительства.

Вертикальная планировка ведет к изменению существующей местности, точнее рельефа. Существующий рельеф изменяют даже в том случае, когда он удовлетворяет требованиям планировки, застройки и благоустройства.

Объемы земляных работ при преобразовании существующего рельефа зависят от сложности рельефа, наличия площадей, неудобных для освоения территорий, и в значительной степени от планировочного решения как территории в целом, так и отдельных его элементов.

К неудобным или непригодным для застройки относятся территории, на которых затруднено или невозможно строительство без проведения значительных по объему и сложности работ по инженерной подготовке и благоустройству. Это территории, подверженные затоплению, с развитой овражной системой, с высоким горизонтом грунтовых вод и пр. В этом случае увеличивается объем земляных работ для приведения территории до необходимого состояния.

Рельеф изменяют путем его вертикальной планировки. Таким образом, вертикальная планировка связана с земляными работами, т. е. перемещением грунта с участков выемки на участки насыпи. Земляные работы в комплексе освоения территории занимают важное место как по объему, так и по стоимости. При больших объемах земляных работ стоимость освоения территории значительно возрастает, поэтому следует стремиться по возможности сокращать объемы земляных работ и наиболее рационально использовать существующий рельеф местности.

Отметки существующего рельефа, который отображается на топографических и геодезических планах и подосновах горизонталями, называют *черными отметками*. *Горизонтали* – это проекции на горизонтальную плоскость линий пересечения существующей поверхности земли горизонтальными плоскостями, расположенными по высоте на равных расстояниях одна от другой. Каждая горизонталь имеет *абсолютную отметку*, отсчитанную от принятого нуля – **для России: уровня Балтийского моря**. Таким образом, каждая горизонталь соединяет точки с одинаковыми отметками, и поэтому они не могут пересекаться. Разность отметок между двумя соседними горизонталями называется *шагом горизонталей* или высотой сечения рельефа, а расстояние между ними в плане – *заложением*. На участках с одним уклоном поверхности расстояния между горизонталями будут одинаковые, при увеличении уклона они будут уменьшаться, а при уменьшении – увеличиваться.

Принимаемый для изображения рельефа шаг горизонталей зависит от крутизны поверхности и принятого масштаба плана. При масштабах плана 1:5000, 1:10 000, 1:25 000 шаг горизонталей принимается равным 1, 2, 5 м, а при масштабах 1:2000, 1:1000, 1:500 – 0,2; 0,5 или 1 м.

Отметка любой точки, расположенной между горизонталями, определяется методом интерполяции. Искомую отметку определяют по формуле

$$H_x = H_A + (H_B - H_A)L_1/L,$$

где  $H_x$  – отметка расчётной точки, м;  $H_A$  – отметка нижележащей горизонтали, м;  $H_B$  – отметка вышележащей горизонтали, м;  $L_1$  – кратчайшее расстояние между рассматриваемой точкой и нижележащей горизонталью, м;  $L$  – расстояние между горизонталями по кратчайшей линии, проходящей через расчётную точку, м.

Отметки преобразованного в результате планировки рельефа называются *проектными* или *красными отметками*, а горизонтали, проходящие через них, – *проектными* или *красными горизонталями*.

Работы по проектированию вертикальной планировки территории проводятся на всех стадиях разработки горизонтальной планировки: проектов генеральных планов, проектов детальной планировки и проектов застройки.

## 6.2. Этапы вертикальной планировки

Этапы разработки вертикальной планировки заключаются в геодезических, геологических, климатических и экологических изысканиях местности, составлении планов местности, оценке рельефа, составлении схемы вертикальной планировки и разработки рабочих чертежей.

Для разработки проектов вертикальной планировки необходимо располагать исходными материалами. Это – задания, планировочные решения, материалы предшествующей стадии проектирования и материалы изысканий, в которые входят геодезические, гидрологические, гидрогеологические и экологические исследования, данные о расположении в плане и в высотном отношении и типах подземных инженерных сооружений, зеленых насаждений, наземных сооружений, составе и размерах транспортного и пешеходного движения и прочего.

Особое значение имеют *геодезические изыскания*, дающие основной материал для проектирования – топографические планы, отображающие рельеф территории и высотное расположение сооружений.

Гидрологические и гидрогеологические изыскания устанавливают горизонты воды в водоемах и их колебания, геологическое строение территории, характеристику грунтов, площадь распространения и глубину залегания подземных вод и скальных пород, а также определяют участки, подверженные физико-геологическим процессам (овраги, оползни, карсты).

*Климатические изыскания* позволяют прогнозировать развитие гидрологических процессов на территории в экстремальных ситуациях в течение продолжительного периода, не учет которых может привести к катастрофическим последствиям.

Результаты *экологических изысканий* помогают решать вопросы выбора территорий с учетом экологических требований.

Естественный рельеф представляет собой совокупность различных форм поверхности земли в их естественном состоянии. К элементам рельефа относятся водоразделы, тальвеги, холмы, плато, овраги и т. д. Основные формы рельефа: равнинный, пересеченный и горный. Равнинный рельеф представляет собой достаточно ровные территории, пересеченный рельеф характеризуется чередованием возвышенностей и низин, а горный - наличием гор различной высоты и крутизны.

Наиболее существенное значение имеет крутизна склонов, характеризующаяся уклоном, который определяется как отношение разности отметок склона в каких-либо точках (по кратчайшему расстоянию) к горизонтальной проекции линии, соединяющей эти точки. Уклон обычно выражается в процентах, десятичных дробях или промилле (тысячные доли). Например, уклоны, равные 0,5 и 2 %, равны уклонам 0,005 и 0,02 и уклонам 5 и 20 ‰.

Уклон поверхности земли участка территории определяется следующим образом

$$i = \frac{\Delta h}{l},$$

где  $i$  – уклон поверхности рассматриваемого участка;  $\Delta h$  – разность отметок между двумя точками или превышение одной точки над другой, м;  $l$  – расстояние между точками, м.

При оценке территории основное внимание уделяется существующему рельефу. Определяют наличие и расположение водоразделов и тальвегов, основные направления стока поверхностных вод, участки территорий с различными уклонами, территории, требующие мероприятий по инженерной подготовке, и пр. В зависимости от этих и других факторов проводится функциональное зонирование территории, и определяются основные мероприятия, обеспечивающие использование территорий в необходимых целях.

Для использования территории по степени сложности рельеф подразделяется на следующие типы: простой, относительно простой, относительно сложный и сложный (табл. 6.1).

Естественный рельеф оценивается для выявления его характера и степени ровности. Для этого на геоподоснове местность разделяется на участки по степени крутизны рельефа с различной градацией уклонов, на-

пример: 0...1 %; 1...2 %; 2...3 % и т. д. Такой анализ рельефа устанавливает пригодность территории для градостроительных и других целей.

Таблица 6.1

Типы рельефа по степени сложности

Тип рельефа по степени сложности	Характеристика рельефа территории
Простой	Равнинные нерасчлененные участки. Равномерный уклон по территории в любом направлении не менее 0,005
Относительно простой	Равнинные участки с незначительной волнистостью. Равномерный уклон по территории в любом направлении не менее 0,005
Относительно сложный	Участки с незначительной холмистостью, с отдельными буграми, котлованами, тальвегами и т. п., с относительной глубиной или высотой их не более 2 м на площади не более 50 % территории. Средний уклон на территории в любом направлении не менее 0,005
Сложный	Более 50 % территории занято участками с холмами, оврагами и прочее или участками с очень малыми уклонами при наличии бессточных понижений

Большие требования к рельефу предъявляются при сооружении промышленных предприятий, которые в современных условиях занимают значительные территории. В промышленных зонах помимо крупных производственных корпусов размещают железнодорожные пути и автомобильные проезды, различные инженерные сооружения, что требует достаточно ровной поверхности с небольшими уклонами (обычно до 1,5...2 %).

Таким образом, рельеф и вертикальная планировка оказывают прямое или косвенное влияние на решение многих задач по использованию территорий.

### 6.3. Цель и основные задачи вертикальной планировки

Основная цель вертикальной планировки заключается в создании спланированных поверхностей, удовлетворяющих требованиям инженерного благоустройства территории: для размещения различных объектов, сельхозугодий, населенных мест, зданий и сооружений, прокладки дорог, улиц, проездов, подземных инженерных коммуникаций и пр.

К основным задачам вертикальной планировки относятся:

- организация отвода поверхностных вод (дождевых, талых, избытка поливочных и других) с территорий;
- обеспечение допустимых уклонов дорог, городских улиц, площадей и перекрестков для безопасного и удобного движения всех видов транспорта и пешеходов;

– создание благоприятных условий для размещения различных объектов, зданий и сооружений, а также прокладки подземных инженерных сетей;

– организация рельефа при наличии неблагоприятных физико-геологических процессов (затопление территории, подтопление ее грунтовыми водами, оврагообразования и т.д.);

– придание рельефу наибольшей архитектурной выразительности;

– создание в необходимых случаях искусственного рельефа;

– решение задач при сооружении крупных и уникальных сооружений (спортивного центра, аэродрома и пр.).

Организацию поверхностного водоотвода осуществляют со всех территорий с использованием поверхности рельефа, различных водоотводных систем, которые выводят поверхностный сток за пределы используемых территорий.

Отметки планируемой поверхности назначают таким образом, чтобы максимально сохранить существующий рельеф, зеленые насаждения и почвенный покров. Поэтому вертикальная планировка проводится главным образом на территориях, занятых дорогами, городскими улицами и площадями, а также на участках, предназначенных для использования рассматриваемой территории для других целей, например, строительства зданий и сооружений. В зависимости от назначения территории отдельным ее участкам придаются допустимые нормами продольные и поперечные уклоны.

На остальных территориях вертикальную планировку следует проектировать с учетом соображений поверхностного водоотвода. На бессточных участках, с малым уклоном поверхности земли, устраиваются специальные водостоки. А на территориях с большими уклонами, где возможна эрозия почв, устраиваются защитные сооружения с организованной водоотводной системой. Вертикальная планировка территории не должна приводить к таким отрицательным явлениям, как возникновение оползневых и просадочных процессов, оврагообразования, нарушение режима грунтовых вод и возникновение заболоченных участков.

Планировочные отметки территории определяют, исходя из условия минимального объема земляных работ с учетом их нулевого баланса, т. е. равенства вынимаемых во время строительства грунтов и подсыпки. При этом следует учитывать очередность строительства и при необходимости рассматривать объемы земляных работ не только в отдельных участках (например, в микрорайонах), но и более крупных территориях в целом.

Проектирование вертикальной планировки наиболее целесообразно вести одновременно с разработкой планировочного решения и в комплексе с мероприятиями по организации стока поверхностных вод, защите территорий от затопления, подтопления и т. д.

Эффективность работ по вертикальной планировке определяют следующие технико-экономические показатели:

- наименьший объем земляных работ при наибольшей эффективности проектных решений;
- одинаковый объем выемок и насыпей (баланс земляных масс), когда отпадает необходимость в вывозе грунта с планируемой территории или привозе его;
- всемерное сокращение дальности перемещения грунта (транспортного объема) с участков выемок в насыпи.

#### **6.4. Методы вертикальной планировки**

Основными методами вертикальной планировки являются: схема вертикальной планировки или метод проектных отметок, метод проектных профилей и метод проектных (красных) горизонталей.

*Схему вертикальной планировки* разрабатывают на материалах геодезической подосновы и генерального плана территории.

На этой стадии проектирования вертикальной планировки определяются основные, наиболее целесообразные решения по общему высотному расположению всех элементов территории, по организации поверхностного водоотвода и по прокладке подъездных путей к площадкам осваиваемых территорий, городских улиц и дорог, а также мероприятия по освоению и благоустройству территорий, подверженных физико-геологическим процессам. Масштаб схемы зависит от размеров территории и сложности рельефа и может быть 1:5000; 1:2000; 1:1000.

Основные исходные материалы для разработки схемы вертикальной планировки – топографический план (геоподоснова), генеральный план (план улично-дорожной сети), материалы геологических, гидрогеологических и гидрологических изысканий, климатические данные многолетних наблюдений, данные по существующим инженерным сетям, зданиям и сооружениям, зеленым насаждениям, отметки существующих дорог, жилой застройки, инженерных сооружений. Геоподоснова, используемая для разработки схемы вертикальной планировки, отображает рельеф в горизонталях сечением 0,5; 1 м.

При составлении схемы вертикальной планировки определяют проектные (красные) отметки в точках пересечения осей дорог, улиц на перекрестках и в местах изменения рельефа по трассе улиц и проектные продольные уклоны. Схемы вертикальной планировки следует разрабатывать одновременно с проработкой проекта планировки для выявления оптимального технико-экономического решения при сравнении различных вариантов.

Следует отметить, что, как правило, новые участки территорий имеют преимущества для выбора наилучших схем вертикальной планировки

по сравнению со сложившимися и используемыми участками. На территориях, где имеются неизменяемые участки, проект привязывается к этим участкам.

При разработке схемы вертикальной планировки определяют отметки существующего рельефа (черные отметки) с топографического плана. Черные отметки определяют интерполяцией между горизонталями, отображающими существующий рельеф. Расстояние между точками принимают по плану в соответствии с масштабом. Затем между точками определяют средний уклон поверхности земли

$$i = \frac{Z_2^3 - Z_1^3}{L},$$

где  $i$  – средний уклон поверхности земли между точками;  $Z_1^3$  и  $Z_2^3$  – отметки поверхности земли начальной и конечной точек, м;  $L$  – расстояние между этими точками, м.

Сравнивая полученный уклон с допустимыми минимальным и максимальным уклонами, принимают проектный уклон. Значение проектного уклона округляется до тысячных долей в меньшую или большую сторону в зависимости от того, что необходимо получить в расчетной точке: насыпь или выемку. Допустимые продольные уклоны участков территорий различного назначения рассмотрены в соответствующих разделах. Уклоны территорий довольно часто не соответствуют допустимым условиям. В таких случаях допустимые продольные уклоны создают срезкой грунта на одних участках и подсыпкой на других. После принятия проектного уклона вычисляют проектную отметку расчетной (конечной) точки по формуле

$$Z^{np}_2 = Z^{np}_1 + Li^{np},$$

где  $Z^{np}_1$  и  $Z^{np}_2$  – проектные отметки поверхности земли начальной и конечной точек, м;  $i^{np}$  – принятый проектный уклон участка между точками.

Разность между проектной отметкой и отметкой существующего рельефа в точке называют рабочей отметкой

$$H^p = Z^{np} - Z^3,$$

где  $H^p$  – рабочая отметка в расчетной точке, м;  $Z^{np}$  – проектная (красная) отметка поверхности земли, м;  $Z^3$  – отметка поверхности земли существующего рельефа (чёрная или натурная), м.

Положительное значение рабочей отметки обозначает необходимость подсыпки грунта в этой точке, а отрицательное – срезки или выемки. Проектные (красные) отметки назначаются таким образом, чтобы рабочие отметки не превышали допустимые значения (например, для дорог и улиц 0,5 м).

Большие срезки и насыпи повлекут за собой значительные объемы земляных работ. Объёмы земляных работ можно снизить, уменьшая расстояния между точками, добавляя точки в местах излома поверхности земли, чтобы приблизить проектные уклоны к среднему уклону существующего рельефа между точками.

На схеме вертикальной планировки участка территории поселения с улично-дорожной сетью, например на перекрестках, в местах пересечения осей проезжих частей улиц и в точках изменения уклона наносят существующие (черные) и проектные (красные) отметки, а также рабочие отметки со своим знаком. Стрелкой показывают направление продольного уклона улицы от более высоких отметок к пониженным. Над стрелкой отмечают проектный продольный уклон, а под ней – расстояние между точками, ограничивающими участок улицы с этим уклоном.

Для обеспечения минимальных расстояний перевозок земли из выемок, а также подвоза грунта на насыпаемые участки, необходимо обеспечить разные знаки рабочих отметок в начальной и конечной точках расчетного участка. При этом необходимо подобрать проектные отметки так, чтобы снизить объёмы выемок и насыпей, а также их равенство.

Следует помнить, что переломы продольного профиля (отрезки с разным уклоном) в некоторых случаях сопрягаются вертикальными выпуклыми или вогнутыми кривыми, имеющими определенные наименьшие допустимые радиусы. Процесс проектирования схемы вертикальной планировки состоит из двух последовательных этапов. На первом, предварительном этапе, тщательно изучаются рельеф местности по геоподоснове и в натуре, а также материалы инженерных изысканий. Особое внимание уделяется участкам со сложным рельефом местности. Определяют территории с различным доминирующим уклоном поверхности, выделяют участки, на которых недопустима срезка грунта (возможность затопления, высокий горизонт подземных вод, трудность разработки грунта и т. п.), и другие вопросы, характерные для проектируемого объекта.

Таким образом, на предварительном этапе разработки схемы вертикальной планировки при проработке генерального плана выбирают оптимальный его вариант и приступают ко второму – основному этапу, в котором разрабатывается окончательная схема вертикальной планировки.

Вертикальная планировка *методом профилей* заключается в проектировании продольных и поперечных профилей отдельных объектов территории. Метод используется главным образом при проектировании протяженных линейных сооружений, таких как дороги, водоотводные каналы, улицы, железнодорожные и трамвайные пути, коллекторы и подземные коммуникации, набережные и пр. Метод продольных и поперечных профилей позволяет определить высотное расположение объектов по отношению к существующей поверхности.



Профили представляют собой разрезы существующей и проектируемой поверхности в каком-либо сечении, определяющие их взаимное расположение. В градостроительной практике метод профилей используют главным образом при разработке вертикальной планировки трасс улиц и дорог, а также инженерных коммуникаций. На плане улицы указывают оси продольных профилей, пикеты и расположение поперечных профилей, красные линии, границы тротуаров, проезжей части, озеленения и т. д.

Продольный профиль определяет высотное положение улицы, и его проектирование заключается в нанесении проектной линии и определении продольных уклонов. Продольные профили обычно проектируют по оси улицы, но могут составляться и по лоткам проезжей части. Исходным материалом для проектирования продольных профилей служат схема или проект вертикальной планировки города или жилого района, устанавливающие отметки на перекрестках и в местах изменения рельефа. На основе этих отметок проектируют продольный профиль улицы. Незначительные коррективы исходных отметок возможны лишь в том случае, если они не нарушают общих принципов вертикальной планировки города или его района.

На генплан улицы наносят ось проезжей части или другую линию, по которой будет строиться профиль. Затем ось разбивают на пикеты по характерным точкам местности (центр перекрестка, место изменения уклона и т.п.) через 20...50 м. Продольный профиль проектируется в масштабе горизонтальных расстояний, соответствующем масштабу плана улицы, а именно 1:2000, 1:1000 или 1:500, а вертикальные расстояния принимаются в 10 раз крупнее (1:200, 1:100, 1:50 соответственно).

Отметки существующей поверхности для продольного профиля определяют методом интерполяции между горизонталями по линии данного профиля (черные отметки); линия, соединяющая эти отметки и отображающая существующий рельеф, называется черной линией. Отметки точек проектируемого продольного профиля называются красными отметками, а линия, их соединяющая, – красной линией. На продольном профиле ниже черной линии и параллельно ей наносят почвенно-геологический разрез. На продольном профиле отмечают рабочие отметки (со стороны красной линии: при насыпе – сверху, при срезке – снизу). Под профилем пишут уклоны и расстояния с данными уклонами, красные и черные отметки, расстояния между пикетами и номера пикетов.

Основное требование к проектированию продольного профиля - обеспечение плавности. Сопряжения двух смежных участков продольного профиля, имеющих противоположное направление уклонов, образуют переломы, которые создают неудобства для движения автомобиля, особенно при значительных скоростях. Для смягчения продольного профиля улицы на переломах проектируют вертикальные кривые, обеспечивающие видимость и плавность движения. Выпуклые вертикальные кривые рассчиты-

вают таким образом, чтобы обеспечить видимость и необходимую длину участка торможения при опасности. Вогнутые вертикальные кривые рассчитывают из условия смягчения толчка и допустимой величины перегрузки рессор автомобиля при проезде перелома профиля.

Поперечные профили по улицам составляют, как правило, в пределах красных линий. Следует различать планировочные или конструктивные поперечные профили, которые устанавливают элементы улиц, и рабочие профили, фиксирующие высотные отметки его переломных точек. На рабочих поперечных профилях наносят отметки существующей поверхности и проектные отметки в характерных точках, поперечные уклоны и расстояния. Поперечные профили проектируют по разрезам перпендикулярно оси городской улицы или дороги по пикетам, соответствующим продольному профилю, как правило, в масштабах: горизонтальном – 1:200 и вертикальном – 1:100. Их вертикальную планировку следует проектировать в увязке с отметками продольного профиля.

В поперечном профиле улиц и дорог в целях обеспечения стока поверхностных вод всем элементам (проезжей части, тротуарам, полосам зеленых насаждений) придается поперечный уклон, направленный к лоткам проезжих частей. Поперечный профиль улицы проектируют с учетом организации стока поверхностных вод с территорий микрорайонов и других участков на улицу, поэтому отметки по красной линии должны быть выше отметок лотков.

Поперечные профили проезжей части проектируют двускатными или односкатными, причем последние применяют при ширине проезжей части до 10,5 м и одностороннем движении транспорта. Двускатные профили, как правило, проектируют выпуклыми с расположением гребня по оси проезжей части. Тротуарам и полосам зеленых насаждений придается односкатный профиль с поперечным уклоном, направленным в сторону лотка. Поперечные уклоны на проезжих частях и тротуарах принимаются в пределах 0,015...0,025 при монолитных покрытиях и 0,020...0,030 при штучных покрытиях (брусчатых, мозаичных, булыжных).

При проектировании улицы или дороги с расположением их элементов в разных уровнях или при их высотном положении выше или ниже прилегающей территории уровни разделяют с помощью искусственных откосов или подпорных стенок.

Поперечные профили служат для разбивки на месте работ элементов улицы и установления проектных отметок. Помимо этого их используют для определения объемов земляных работ (выемок и насыпей), а также общего баланса земляных масс.

Метод продольных профилей при проектировании инженерных коммуникаций позволяет избежать пересечений с другими инженерными ком-

муникациями на одном уровне, а также избежать ошибок в назначении глубин заложения коммуникаций.

**Метод проектных горизонталей.** На основе разработанной схемы вертикальной планировки, т.е. принципиального высотного решения территории города и определения проектных продольных уклонов по улицам, приступают к детальной проработке необходимого изменения существующего рельефа. Такую детальную разработку вертикальной планировки осуществляют *методом проектных (красных) горизонталей*, которые наносят на геоподоснову, совмещенную с генеральным планом, с показанными на ней улицами, зданиями, площадками и другими элементами. Таким образом, вертикальная планировка, разработанная в красных горизонталях, позволяет не только определить проектные отметки любой точки территории, но и рабочие отметки, а следовательно, участки срезки и подсыпки грунта.

Красные горизонталы в отличие от горизонталей существующего рельефа показывают проектируемый рельеф территории, т. е. поверхность, преобразованную в целях планировки, застройки и благоустройства. Красные горизонталы в зависимости от масштаба проектируются сечениями через 0,1; 0,2; 0,25 и 0,5 м, которые называются шагом горизонталей.

На основе схемы вертикальной планировки и генерального плана методом проектных горизонталей разрабатывают вертикальную планировку отдельных элементов и участков города: улиц, площадей, микрорайонов, парков и пр. Этот метод совмещает на одном чертеже план и профили и дает полное представление о сечениях проектируемого рельефа в любых направлениях и деталях его внешней формы. Поскольку проектные горизонталы, отметки характерных точек зданий и сооружений и план совмещены, что в итоге составляет проект их расположения и привязки, появляется возможность комплексного решения горизонтального и вертикального проектов планировки и благоустройства.

Расположение горизонталей существующего рельефа и проектных горизонталей относительно друг друга дает представление о характере изменения рельефа в результате проведения вертикальной планировки. Когда проектная горизонталь располагается ниже одноименной черной горизонтали в сторону падения уклона, требуется подсыпка территории, выше – срезка грунта. Начертание черных и красных горизонталей позволяет определить линию нулевых работ, т.е. границу участков срезки и подсыпки грунта, которая проходит через точки пересечения горизонталей, имеющих одинаковые отметки.

Основными величинами, определяющими расположение проектных горизонталей, являются: уклон, превышение одной горизонтали над другой (шаг горизонталей) и расстояние между ними. При проектировании вертикальной планировки в красных горизонталях определяют расстояние

между ними, которое будет одинаковым на участке территории с постоянным уклоном.

При проектировании вертикальной планировки методом красных горизонталей их отметки должны быть кратны принятому шагу горизонталей. Так, при шаге горизонталей 0,2 м проектные горизонтали будут иметь, например, отметки 100,00; 100,20; 100,40 и т.д. Исходные отметки для проектирования вертикальной планировки в основном выражаются числами, кратными принятому шагу горизонталей. При разработке проектов вертикальной планировки каких-либо территорий за исходные принимаются отметки по красным линиям, а при проектировании вертикальной планировки улиц, площадей, стоянок и прочее исходными являются отметки пересечений осей улиц.

Поскольку исходные отметки, как правило, не кратны шагу горизонталей, то необходимо в первую очередь определить точку расположения ближайшей по значению проектной горизонтали. Расстояние от исходной точки до точки ближайшей горизонтали определяют по формуле

$$l_{\Gamma} = \frac{Z_{\Gamma} - Z_{\text{и.т}}^{\text{пр}}}{i_{\text{пр}}^{\text{пр}}},$$

где  $l_{\Gamma}$  – расстояние, м, от точки до ближайшей горизонтали в направлении продольной оси;  $Z_{\Gamma}$  – отметка горизонтали, м;  $Z_{\text{и.т}}^{\text{пр}}$  – проектная отметка исходной точки, м;  $i_{\text{пр}}^{\text{пр}}$  – проектный уклон в продольном направлении проектируемой поверхности.

Следующая горизонталь от построенной горизонтали проходит на расстоянии (заложение шага горизонталей), определяемом по формуле,

$$l_{\text{ш}} = \frac{\Delta h}{i_{\text{пр}}^{\text{пр}}},$$

где  $l_{\text{ш}}$  – расстояние до следующей горизонтали, м;  $\Delta h$  – шаг горизонталей, м.

Разрабатывая проект вертикальной планировки территории в проектных горизонталях, следует иметь в виду, что для уменьшения объемов земляных работ красные горизонтали должны располагаться как можно ближе к черным, имеющим такую же отметку. Совпадение их показывает, что в данном месте не нужна ни подсыпка, ни срезка грунта.

### Контрольные вопросы

- 1) Вспомните и назовите основные элементы рельефа местности.
- 2) Как определяется уклон местности?
- 3) Как определяются красная, чёрная и рабочая отметки?
- 4) Как оценивается местность по уклону поверхности земли?
- 5) Перечислите этапы вертикальной планировки и их результаты.

- 6) Какие цели преследуются при вертикальной планировке?
- 7) В чем заключаются основные задачи вертикальной планировки?
- 8) Опишите методы вертикальной планировки и особенности их использования.
- 9) Для каких объектов используется метод профилей?
- 10) Какой шаг горизонталей принимается в методе проектных горизонталей?
- 11) В чём смысл вертикальной привязки объектов?

## 7. АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ

### 7.1. Общие сведения об автомобильных дорогах

*Автомобильная дорога* – объект транспортной инфраструктуры, предназначенный для движения транспортных средств и включающий в себя земельные участки в границах полосы отвода автомобильной дороги и расположенные на них или под ними конструктивные элементы и дорожные сооружения, являющиеся ее технологической частью, – защитные дорожные сооружения, искусственные дорожные сооружения, производственные объекты, элементы обустройства автомобильных дорог.

*Автомобильная дорога* – комплекс инженерных сооружений, предназначенных для перевозки пассажиров и грузов, безопасного и удобного движения колесных транспортных средств.

Дороги, соединяющие населенные пункты, промышленные центры, предприятия и сельскохозяйственные районы между собой и с погрузочно-разгрузочными пунктами других видов транспорта, образуют сеть автомобильных дорог.

Автомобильные дороги, предназначенные для движения всех видов колёсного транспорта, можно отнести к дорогам общего назначения. Дороги, предназначенные для особых грузов (сельскохозяйственной продукции, леса, полезных ископаемых и т.п.) или специальной техники, можно отнести к дорогам специального назначения. По принадлежности автомобильные дороги могут быть отнесены к общегосударственным, муниципальным и частным.

Рациональное расположение сети автомобильных дорог должно соответствовать направлениям главных грузовых и пассажирских перевозок.

Чем ниже подчиненность дороги, тем большую роль в выборе ее направления играют конкретные грузопотоки. Полностью подчиняются направлению грузопотоков *внутрихозяйственные дороги*, обслуживающие перевозки между полевыми участками, отделениями и центральными усадьбами сельхозпредприятий, а также на предприятиях по заготовке леса, полезных ископаемых и т.п.

Основными видами подвижного состава автомобильных дорог являются различные типы автомобилей: легковые и грузовые автомобили, автобусы, автопоезда. В сельскохозяйственных районах на дорогах возможно движение тракторных поездов с несколькими прицепами.

## 7.2. Характеристики движения по автомобильным дорогам

Автомобили, различные по типам, степени загрузки и грузоподъемности, следуя в одном направлении с разными скоростями по самостоятельным маршрутам, образуют на дороге *транспортный поток*.

*Грузооборот* – произведение количества перевозимых грузов в тоннах на расстояние перевозок в километрах (т·км); *пассажирооборот* – произведение количества пассажиров на расстояние, измеряется в пассажиро-километрах.

*Интенсивность движения* – количество транспортных средств, проезжающих по дороге в единицу времени. При исчислении интенсивности движения на дорогах учитывают не только число автомобилей, но и число тракторов, сельскохозяйственных машин, мотоциклов, гужевого транспорта. Интенсивность движения зависит от многих факторов: грузонапряженности, неравномерности и продолжительности перевозок, коэффициента использования пробега, грузоподъемности автомобиля и др.

Поэтому для характеристики количества автомобилей, которое дорога может пропустить, фактическую интенсивность движения обычно приводят к эквивалентному количеству легковых автомобилей. Для этого вводят *коэффициенты приведения*, характеризующие, сколько легковых автомобилей могло бы проехать по участку дороги за время проезда одного грузового автомобиля или автопоезда.

При проектировании дорог движение чаще всего характеризуют средним за год количеством автомобилей, проезжающих по участку в сутки, называемым среднегодовой суточной интенсивностью движения.

*Расчетная интенсивность движения* внутрихозяйственных дорог связана со среднегодовой суточной интенсивностью зависимостью

$$N_p = N_{c.c} K_{общ},$$

где  $N_p$  – расчётная интенсивность движения, авт/сут;  $N_{c.c}$  – среднегодовая суточная интенсивность движения автомобилей, авт/сут;  $K_{общ}$  – обобщенный коэффициент, учитывающий среднюю грузоподъемность грузовых автомобилей и их долю в транспортном потоке, неравномерность движения по месяцам года и часам суток, рельеф местности и расстояние между развязками движения,  $K_{общ} = 1,5 \dots 1,6$ .

Расчетную интенсивность движения в пиковом месяце определяют по формуле

$$N = QK / (TPK_{\text{п}}K_{\text{г}}),$$

где  $Q$  – грузовая напряженность участка дороги;  $T$  – расчетное число суток перевозок, определяется заданием или продолжительностью уборки сельскохозяйственных культур с территории, обслуживаемой данным участком дороги (примерно 10 сут для полевых и 30 сут для кормовых севооборотов);  $P$  – средневзвешенная грузоподъемность расчетного транспортного средства:

$$P = P_1\alpha_1 + P_2\alpha_2 + \dots + P_i\alpha_i,$$

здесь  $P_i$  и  $\alpha_i$  – соответственно грузоподъемность и доля участия автомобилей данной марки в грузовых перевозках;  $K_{\text{п}}$  – коэффициент использования пробега автомобиля – отношение пробега автомобиля с грузом к общему пробегу,  $K_{\text{п}} = 0,5$  (из условия, что обратный путь без грузов);  $K_{\text{г}}$  – коэффициент использования грузоподъемности автомобиля при условии 100%-го использования грузоподъемности автомобиля,  $K_{\text{г}} = 1,0$ .

*Грузонапряженность дороги* – количество грузов в тоннах, перевозимых через данное сечение дороги в обоих направлениях в единицу времени. Участок дороги, в пределах которого грузонапряженность не меняется, называют *экономическим перегонном*.

Категорию дороги, в том числе и внутривладельческой, следует определять исходя из расчетного объема грузовых перевозок суммарно в обоих направлениях в месяц пик. Объем перевозок может быть определен в соответствии с генеральными схемами развития дорог или планами развития сельскохозяйственных предприятий и организаций на перспективу (не менее чем на 15 лет), тяготеющих к каждой дороге, и других факторов.

*Провозной способностью* называют наибольшее количество грузов, которое может быть перевезено по дороге в единицу времени (т/ч, т/сут, т/год). Она зависит от пропускной способности и грузоподъемности транспортных средств.

Пропускная способность дороги – наибольшее количество автомобилей, которое можно пропустить в единицу времени, соблюдая правила технической эксплуатации и дорожного движения. Она зависит от числа полос движения, состояния поверхности дороги.

*Расчетная скорость* – это максимально обеспеченная по условиям безопасности движения, взаимодействия с дорогой и динамическими характеристиками скорость одиночных автомобилей при нормальных условиях погоды. По расчетной скорости, присущей данной категории дорог, устанавливаются технические показатели проектируемой дороги.

*Проезжаемость* дороги определяется возможностью движения с заданной скоростью в различные периоды года. Различают проезжаемость для всех видов транспортных средств и проезжаемость для определенных типов транспорта (автобусов, тяжелых грузовых автомобилей, автопоездов).

*Безопасность движения* обеспечивается соблюдением нормативных требований к проектированию геометрических элементов дороги, выполнением указаний по проектированию пересечений и примыканий автомобильных дорог, соответствующим обустройством придорожной полосы, устройством в нужных местах парапетов, столбиков, тумб, ограждений, дорожных знаков, пологих откосов и т.д.

### 7.3. Классификация автомобильных дорог общего пользования

Автомобильные дороги общего пользования в зависимости от условий проезда и доступа к ним транспортных средств подразделяются на *автомагистрали, скоростные дороги и обычные дороги*.

Классификация автомобильных дорог в зависимости от расчетной интенсивности движения приведена в табл. 7.1.

Таблица 7.1

Категория автодороги и расчетная интенсивность движения

Категория автомобильной дороги		Расчетная интенсивность движения, приведенных ед./сут
IA (автомагистраль)		Свыше 14 000
IB (скоростная дорога)		Свыше 14 000
Обычные дороги	IV	Свыше 14 000
	II	Свыше 6000
	III	Свыше 2000 до 6000
	IV	Свыше 200 до 2000
	V	Свыше 200
Примечания: 1) При применении одинаковых требований для дорог IA, IB, IV категорий они отнесены к категории I. 2) Категорию дороги следует устанавливать в зависимости от ее значения в сети автомобильных дорог, а также требований заказчика		

При определении расчетной интенсивности движения автомобилей по прогнозным данным, коэффициенты приведения интенсивности движения различных транспортных средств к легковому автомобилю следует принимать по табл. 7.2.

Автомобильные дороги на всем протяжении или на отдельных участках подразделяются на *дороги общего пользования* и *ведомственные*. Автомобильные дороги общего пользования предназначены для пропуска автотранспортных средств габаритами: по длине одиночных автомобилей до 12 м и автопоездов до 20 м, по ширине до 2,55 м, по высоте до 4 м для дорог категорий I...IV и до 3,8 м для дорог категории V.

Автомобильные дороги категорий I...II (III) рекомендуется прокладывать в обход населенных пунктов с устройством подъездов к ним. В



целях обеспечения в дальнейшем возможной реконструкции дорог принимают расстояние от бровки земляного полотна до линии застройки населенных пунктов в соответствии с генеральными планами дорог, но не менее 200 м.

Таблица 7.2

Коэффициенты приведения к легковым автомобилям

Типы транспортных средств	Коэффициент приведения
Легковые автомобили и мотоциклы, микроавтобусы	1,0
Грузовые автомобили грузоподъемностью, т:	
До 2	1,3
Свыше 2 до 6	1,4
Свыше 6 до 8	1,6
Свыше 8 до 14	1,8
Свыше 14	2,0
Автопоезда грузоподъемностью, т:	
До 12	1,8
Свыше 12 до 20	2,2
Свыше 20 до 30	2,7
Свыше 30	3,2
Автобусы малой вместимости	1,4
То же, средней вместимости	2,5
То же, большой вместимости	3,0
Автобусы сочлененные и троллейбусы	4,6
Примечание – Коэффициенты приведения для специальных автомобилей следует принимать как для базовых автомобилей соответствующей грузоподъемности	

В отдельных случаях, когда по технико-экономическим расчетам установлена целесообразность проектирования дороги категорий I...III через населенные пункты, их предусматривают в соответствии с требованиями для поселений и санитарных правил и норм.

Основные параметры поперечного профиля проезжей части и земляного полотна автомобильных дорог принимают в зависимости от их категории по табл. 7.3.

Дополнительные полосы проезжей части для грузового движения в сторону подъема при смешанном составе транспортного потока следует предусматривать на участках дорог категории II, исключая дороги с четырьмя полосами движения, а также на участках дорог категории III при интенсивности движения свыше 4000 приведенных ед/сут (достигаемой в первые пять лет эксплуатации), при продольном уклоне более 30 ‰ и длине участка свыше 1 км, при уклоне более 40 ‰ и длине участка свыше 0,5 км.

Ширину дополнительной полосы движения принимают равной 3,5 м на всем протяжении подъема. Протяженность дополнительной полосы за подъемом принимают по табл. 7.4. Переход к уширенной проезжей части следует осуществлять на участке длиной 60 м.

Таблица 7.3

## Основные параметры поперечного профиля автомобильных дорог

Категория дороги	Число полос движения	Ширина земляного полотна, м	Ширина, м					
			полосы движения	укрепленной полосы обочины	центральной разделительной полосы	остановочной полосы	обочины	укрепленной полосы на разделительной полосе
IA	4; 6; 8	28,5; 36; 43,5	3,75	0,75	6	2,50	3,75	1
IB	4; 6; 8	27,5; 35; 42,5	3,75	0,75	5	2,50	3,75	1
IV	4; 6; 8	21; 28; 17,5	3,75/3,50	0,75/0,50	5	2,50	3,75	1
II	2; 4	15; 12	3,75/3,50	0,75/0,50	–	2,50	3,75/2,5	–
III	2	12	3,0	0,50	–	–	2,5	–
IV	2	10	3,00	0,50	–	–	2,0	–
V	1	4,5 + 3,5 = 8	4,5	–	–	–	1,75	–

Примечания:  
1) Ширину центральной разделительной полосы с ограждением по оси на дорогах категории IB допускается принимать равной ширине полосы для установки ограждения плюс полоса безопасности.  
2) В обоснованных случаях на дорогах категории II допускается устройство четырехполосной проезжей части с шириной полосы движения 3,5 м при расчетной скорости движения не более 100 км/ч

На участках дорог категории V с уклонами более 60 % в местах с неблагоприятными гидрологическими условиями и с легкоразмываемыми грунтами, с уменьшенной шириной обочин предусматривают устройство разъездов. Расстояния между разъездами принимают равными расстояниям видимости встречного автомобиля, но не более 1 км. Ширину земляного полотна и проезжей части на разъездах принимают по нормам дорог категории IV, а наименьшую длину разъезда – 30 м. Переход от однополосной проезжей части к двухполосной осуществляют на протяжении 10 м.

Таблица 7.4

## Протяженность дополнительной полосы за подъемом

Интенсивность движения в сторону подъема, приведенных ед./сут	4000	5000	6500	8000 и более
Общая протяженность полосы за пределами подъема, м	50	100	150	200

## 7.4. Внутрихозяйственные автомобильные дороги

Внутрихозяйственные автомобильные дороги в сельскохозяйственных предприятиях и организациях в зависимости от их назначения и расчетного объема грузовых перевозок подразделяют на категории I-с, II-с, III-с (табл. 7.5).

Таблица 7.5

Категории внутрихозяйственных автомобильных дорог

Категория дороги	Расчетный объем грузовых перевозок, тыс. т нетто в месяц пик	Назначение
I-с	Более 10	Дороги, соединяющие центральные усадьбы сельскохозяйственных предприятий и организаций с их бригадами и отделениями, фермами, полевыми станциями, пунктами заготовки, хранения, первичной переработки продукции и другими объектами, автомобильные дороги, соединяющие бригады, отделения, фермы хозяйств, другие сельскохозяйственные объекты с дорогами общего пользования и между собой, за исключением полевых, вспомогательных и внутриплощадочных дорог.
II-с III-с	До 10 -	То же. Дороги полевые, вспомогательные, предназначенные для транспортного обслуживания отдельных сельскохозяйственных угодий или их составных частей

Если в связи с предполагаемым транзитным движением, массовыми перевозками легковесных грузов (плотностью менее  $0,8 \text{ т/м}^3$ ), а также с учетом движения автобусов, легковых автомобилей и сельскохозяйственных машин общая расчетная интенсивность движения в обоих направлениях на дорогах, относящихся по расчетному объему перевозок к дорогам II-с категории, превышает 150 физических транспортных единиц в среднемесячные сутки наиболее напряженного в году месяца (месяца пик), то указанные в табл. 7.6 внутрихозяйственные дороги следует проектировать по нормам, установленным для дорог I-с категории.

В зависимости от назначения и интенсивности движения внутрихозяйственные дороги могут быть: межхозяйственные, внутрихозяйственные, полевые, эксплуатационные и скотопроегонные.

*Межхозяйственные дороги* соединяют центры хозяйств между собой или являются подъездами к районным центрам, станциям железных дорог, пристаням и аэродромам. *Внутрихозяйственные дороги* соединяют хозяйственные центры сельхозпредприятий с межхозяйственными дорогами,

фермами, бригадами, полевыми станами, севооборотными и сенокосными участками или связывают перечисленные объекты между собой.

*Полевые дороги* соединяют между собой отдельные поля севооборота с внутрихозяйственными или межхозяйственными дорогами и служат для вывозки урожая с полей, а также для обеспечения других нужд сельскохозяйственного производства. По назначению их разделяют на основные и вспомогательные. *Основные* дороги – постоянные, они обеспечивают подъезд к полевым участкам и полям севооборота, к межхозяйственным и внутрихозяйственным дорогам. Трассируют их вдоль границ полей и каналов. *Вспомогательные* дороги – временные, т.к. их устраивают на период полевых работ. Они служат для перевозки урожая с полей, доставки удобрений и посевного материала на поля, для обслуживания машинно-тракторных агрегатов, а также для их холостых поворотов при выполнении полевых работ.

Таблица 7.6

Основные параметры внутрихозяйственных дорог

Параметры	Категория дороги		
	I-с	II-с	III-с
Расчетный объем грузовых перевозок в месяц пик, тыс. т	Более 10	До 10	-
Расчетная скорость, км/ч	70 (60, 40)	60 (40, 30)	40 (30, 30)
Число полос движения	2	1	1
Ширина полосы движения, м	3	-	-
Ширина проезжей части, м	6	4,5	3,5
Ширина обочины, м	2	1,75	1,5
Ширина земляного полотна, м	10	8,0	6,5
Наибольшие продольные уклоны, ‰	60 (70, 80)	70 (80, 90)	80 (90, 90)
Наименьшая расчетная видимость, м			
в плане	100 (75, 50)	75 (50, 40)	50 (40, 25)
встречного автомобиля	200 (150, 100)	150 (100, 80)	100 (80, 50)
Наименьшие радиусы кривых, м:			
в плане	200 (150, 80)	150 (80, 80)	80 (80, 80)
в продольном профиле, тыс. м:			
выпуклых	4,0 (2,5; 1,0)	2,5 (1,0; 0,6)	1,0 (0,6; 0,4)
вогнутых	2,5 (2,0; 1,0)	2,0 (1,0; 0,6)	1,0 (0,6; 0,4)
вогнутых в трудных условиях	0,8 (0,6; 0,3)	0,6 (0,3; 0,2)	
Примечания:			
1) В скобках указаны параметры для трудных и особо трудных участков.			
2) Ширину земляного полотна, возводимого на ценных сельскохозяйственных угодьях (мелиорированные земли, многолетние плодовые насаждения, участки с высоким плодородием почв), допускается уменьшить до 8 м для дорог I-с; до 6 м – для дорог II-с и 5,5 м – для дорог III-с категории			

*Эксплуатационные дороги* предназначены для осмотра, ремонта водотоков и сооружений мелиоративной системы. Они необходимы для доставки стройматериалов и оборудования, требуемых при ремонте каналов и сооружений мелиоративных систем. Их располагают вдоль магистрального канала и главных распределителей. Ширину проезжей части принимают равной 3 м.

*Скотопрогонные дороги* предназначены для переходов скота на пастбища, выгулы и водопой. Их подразделяют на *основные (магистральные)* для перегона скота от фермы или летнего лагеря на пастбище и *внутрипастбищные*. Вдоль скотопрогонов с обеих сторон устанавливают изгородь, чтобы исключить повреждение скотом открытых каналов и поправку посевов. Скотопрогоны по возможности прокладывают прямолинейно без крутых поворотов. Ширину основных скотопрогонов ориентировочно принимают для гуртов из 100 коров 20...25 м, из 100 голов молодняка 1...2 лет – 15...20 м, отар овец из 800...1000 голов – 23...35 м, табунов из 100 лошадей – 20 м; а внутрипастбищных – 8...10 м.

Пастбищные участки можно располагать по одну или обе стороны от скотопрогона. Полосу скотопрогонов укрепляют песком, гравием или посевом многолетних трав, образующих плотную дернину.

На минеральных грунтах и при глубине торфа до 0,3 м полоса скотопрогона профилируется по типу грунтовой дороги с поперечным уклоном 2...3 %, треугольными кюветами глубиной 0,3...1 м с пологими откосами  $m = 3...5$ . При наличии торфа глубиной более 0,3 м полоса скотопрогона профилируется в виде грунтовой дороги с трапецеидальными кюветами глубиной 0,5...1 м и заложением откосов не менее  $m = 2$ .

*Тракторные дороги* предназначены для движения тракторов, тракторных поездов, сельскохозяйственных, строительных и других самоходных машин на гусеничном ходу. Проектируют *на отдельном земляном полотне* при интенсивности движения в наиболее грузонапряженном месяце более 10 транспортных единиц в сутки. Эти дороги располагают рядом с соответствующими внутрихозяйственными дорогами, как правило, с подветренной стороны господствующих ветров в летний период. *На совместном земляном полотне* с раздельными полосами движения для автомобилей и машин на гусеничном ходу *тракторные дороги* проектируют: при интенсивности движения не менее 10 машин на гусеничном ходу в сутки; на подходах к мостам; при пересечении болот; при трассировании дороги по ценным сельскохозяйственным угодьям. В этих случаях используют для движения машин на гусеничном ходу одну из укрепленных обочин автомобильной дороги, ширина которой должна быть не менее 4,5 м.

Тракторные дороги, как правило, проектируют грунтовыми, серповидного профиля в нулевых отметках (высотой до 0,3 м) с обеспечением водоот-

вода кюветами треугольного профиля. При необходимости на тракторных дорогах устраивают разъезды шириной 8...13 м и длиной не менее 15 м.

*Внутриплощадочные дороги*, располагаемые в пределах животноводческих комплексов, птицефабрик, ферм, тепличных комбинатов и других подобных объектов, в зависимости от их назначения следует подразделять на *производственные*, обеспечивающие технологические и хозяйственные перевозки в пределах площадки сельскохозяйственного объекта, а также связь с внутривозвездными дорогами, расположенными за пределами ограждения территории площадки, и *вспомогательные*, обеспечивающие нерегулярный проезд пожарных машин и других специальных транспортных средств (авто- и электрокаров, автопогрузчиков и т.п.).

*Внутриплощадочные дороги* обычно проектируют по замкнутой прямоугольной (кольцевой), тупиковой или смешанной схемам движения транспорта. На крупных сельскохозяйственных производственных комплексах предпочтение отдают схемам дорог с кольцевым движением транспортных средств.

При устройстве тупиковых дорог должны быть предусмотрены в конце тупика площадки для разворота транспортных средств, размеры которых следует принимать в зависимости от габаритов транспортных средств и перевозимых грузов, но не менее 25×15 м для площадок прямоугольной формы.

Радиусы кривых в плане по оси проезжей части следует принимать не менее 60 м без устройства виражей и переходных кривых. При намечаемом движении автомобилей и тракторов с полуприцепами радиус кривой допускается уменьшать до 30 м, а при движении одиночных транспортных средств – до 15 м.

Параметры внутриплощадочных дорог принимают в зависимости от их назначения (табл. 7.7).

Таблица 7.7

Параметры внутриплощадочных дорог

Параметры	Значение параметров для дорог, м	
	производственных	вспомогательных
Ширина проезжей части при движении транспортных средств:		
двустороннем	6,0	—
одностороннем	4,5	3,5
Ширина обочины	1,0	0,75
Ширина укрепления обочины	0,5	0,5

Продольные уклоны внутриплощадочных дорог следует назначать в увязке с проектом вертикальной планировки прилегающей к дороге территории предприятия и принимать, как правило, не менее 5 и не более 30 ‰.

## 7.5. Размещение дорог в плане

*Внутрихозяйственные дороги* и их отдельные участки должны:

- располагаться в комплексе с размещением полей севооборота, садово-ягодных участков, пастбищ, сенокосов и других сельскохозяйственных угодий, усадеб бригад и отделений, полевых станов, схем и проектов землеустройства и районной планировки административных районов;
- с наибольшим экономическим эффектом обеспечивать производственные, пассажирские и культурно-бытовые перевозки;
- максимально использовать благоприятные рельефные, инженерно-геологические и гидрологические условия;
- отвечать требованиям рационального использования земель и охраны окружающей природной среды.

Площадь сельскохозяйственных угодий, занимаемая внутрихозяйственной дорогой, должна быть минимальной и включать полосу, необходимую для размещения земляного полотна, водоотводных каналов и предохранительных полос в виде уступа шириной 1 м с каждой стороны дороги, откладываемых от подошвы насыпи или бровки выемки либо от внешней кромки откоса водоотводной канавы.

Намечаемая сеть автомобильных дорог с твердым покрытием должна быть запроектирована с таким расчетом, чтобы максимальное расстояние от поля до дороги не превышало 1 км на минеральных заболоченных землях и 0,5 км на торфяных. На землях легкого механического состава (супеси, легкие суглинки) и участках, используемых под сенокосы, допускается увеличивать расстояние от поля до дороги до 2 км.

Дороги размещают по возможности вдоль границ хозяйств, полей севооборотов, рек-водоприемников оросительных систем, у истоков открытой регулирующей сети по местам с минимальной залежью торфа, вдоль осушительных каналов всех порядков, кроме каналов с двусторонним впадением дрен. Дороги разного назначения необходимо совмещать, не следует занимать под дороги ценные угодья.

На землях с закрытой осушительной сетью дороги проектируют вдоль истоков дрен. В конце тупиковых дорог предусматривают площадки для разворота транспорта. Ширину полос отвода земель для размещения всех элементов дорог обосновывают расчетом.

Строить дорогу по кратчайшему направлению препятствуют элементы рельефа, водные преграды, заповедники и другие препятствия. Нецелесообразно также прокладывать дороги по высокоплодородным землям, ценным для сельского хозяйства. Удлинение дороги, вызванное введением углов поворота, характеризуют коэффициентом развития, или *коэффициентом удлинения*, равным отношению фактической длины дороги к длине прямой, соединяющей начальный и конечный ее пункты («воздушной

линии»). К развитию трассы, или вынужденному удлинению дороги, прибегают на участках, где уклоны местности превышают допустимые продольные уклоны для проектируемой дороги.

В горных районах трассу дороги удлиняют, проектируя серпантины. *Серпантины* – это участки трассы, на которых резко (до 180°) изменяется ее направление с размещением кривых не внутри, а снаружи угла поворота. Трасса дороги по серпантинам позволяет уменьшать продольные уклоны дороги и объемы земляных работ.

Положение геометрической оси дороги на местности называется ее *трассой*. Проектирование на планах трассы дороги называется *трассированием дороги*. Поскольку трасса при обходе препятствий, на подъемах на холмы и спусках в понижения местности меняет свое направление в плане и продольном профиле, она является пространственной линией. Графическое изображение проекции трассы на горизонтальную плоскость, выполненное в уменьшенном масштабе, называют *планом трассы*.

Изменение направления дороги характеризуется *углом поворота* – это угол между ее продолжением и последующим направлением трассы. Чтобы обеспечить плавность и требуемую скорость движения, во внутренние углы поворота вписывают *круговые* и *переходные кривые*. Угол поворота и круговая линия определяются следующими элементами: *углом поворота*  $\alpha$ ; *радиусом кривой*  $R$ ; *длиной кривой*  $K$  (расстояние от начала кривой (НК) до конца кривой (КК) по окружности); *тангенсом*  $T$  – расстоянием от вершины угла (ВУ) до начала или конца кривой НК и КК); *биссектрисой*  $B$  – расстоянием от вершины угла до середины кривой; и *домедром*  $D$  (показывает, на сколько сумма двух тангенсов длиннее кривой).

Элементы кривой связаны между собой тригонометрическими соотношениями:

$$T = R \operatorname{tg}(\alpha/2);$$

$$B = R(\sec(\alpha/2) - 1);$$

$$K = \pi R \alpha/180.$$

Чтобы определить элементы круговой кривой, необходимо задаться радиусом и измерить угол поворота. Радиусы круговых кривых назначают из условия, что при переходе автомобиля с прямолинейного участка дороги на кривую возникает центробежная сила.

Для уменьшения *центробежной силы* имеется практически одна возможность – *увеличить радиус кривой*. Если по местным условиям увеличить радиус поворота нельзя, то прибегают к соответствующему изменению поперечного уклона проезжей части дороги, т.е. ее устраивают одностатной с наклоном в сторону центра кривой. Радиус кривой, при котором обеспечивается устойчивое движение автомобиля, определяют по формуле



$$R \geq v^2/127(0,3\varphi \pm i),$$

где  $v$  – скорость движения автомобиля, км/ч;  $\varphi$  – коэффициент сцепления колес автомобиля с покрытием; при сухом чистом покрытии  $\varphi = 0,7$ , при влажном  $\varphi = 0,5$ ; при особо неблагоприятных условиях  $\varphi = 0,1$  (обычно в расчетах принимают  $\varphi = 0,2$ , что соответствует мокрому и грязному покрытию);  $i$  – поперечный уклон проезжей части, в расчётах для районов с частыми гололедами принимается  $i = 0,040$ .

При положительном уклоне радиус будет меньше, следовательно, при малых радиусах проезжую часть дороги надо устраивать с уклоном в сторону центра кривой ( $+i$ ), т.е. делать односкатной. Радиусы кривых в плане для дорог I-с и II-с рекомендуется применять не менее 1500 м.

Для составления продольного профиля и определения протяженности трассы дороги на ней через каждые 100 м (в населенных пунктах через 50 или 20 м) устанавливают *пикеты*, считая нулевой пикет в начальной точке трассы. Через 10 пикетов ставят *километровый знак*. *Круговые кривые* вписывают, если угол поворота составляет более  $10^\circ$ . Для разбивки на пикеты при наличии круговой кривой необходимо вычислить пикетажные значения НК и КК. Положение НК и КК на плане получится, если от вершины угла ВУ отложить по обоим направлениям трассы длину тангенса Т в масштабе плана. Пикет НК получится, если вычесть из пикетажного значения вершины угла ВУ длину тангенса Т. Пикет КК будет определен, если к значению НК прибавить длину кривой  $K$  или же к значению вершины угла ВУ прибавить значение тангенса Т и вычесть значение домера Д, что является проверкой правильности вычислений.

Следует обратить внимание на то, что пикетаж разбивают круговой кривой, а разбивка его от НК до ВУ – вспомогательное построение.

По известным значениям НК и КК легко разбить пикетаж по круговой кривой и следующему за КК прямолинейному участку трассы до очередной вершины угла поворота. Длину прямой вставки между кривыми согласно нормам определяют в зависимости от расчетной скорости (она должна быть не менее 200 м).

Аналогично по следующей кривой определяют значения НК и КК и таким образом разбивают пикетаж до конца трассы. Положение прямолинейного участка трассы на плане и на местности определяется его направлением (румбом) и длиной.

Участок закругления дороги с односкатным поперечным профилем и уклоном проезжей части и обочин в сторону центра кривой называют *виражом*. Вираж устраивают на всем протяжении круговой кривой. Переход от двускатного поперечного профиля на прямолинейном участке к односкатному осуществляется на *отгоне виража* – прилегающей к основной кривой переходной кривой – или на прямом участке дороги. Вираж образуют путем плавного вращения внешней плоскости проезжей части

вокруг оси дороги, а затем, при необходимости, – вокруг внутренней кромки проезжей части. Поперечные уклоны проезжей части на виражах назначают в зависимости от расчетной скорости движения автомобиля и радиуса горизонтальной кривой. По всей длине круговой кривой поперечные уклоны проезжей части и обочин не меняются.

Поскольку на поворотах движение усложняется и автомобиль занимает более широкую полосу, т.к. его передние колеса движутся по траекториям большего радиуса, чем задние, на кривых малых радиусов делают *уширение проезжей части*.

За счет внутренней обочины уширение делают одинаковым по всей длине кривой. Изменение его от нуля до расчетного значения в начале кривой производят плавно на участке отвода уширения, который совмещают с отгоном виража.

Полное уширение двухполосной части зависит от радиуса кривой в плане и длины автопоезда. Так, при длине автопоезда 11...25 м оно составляет 0,4...0,35 м.

## **7.6. Пересечения и примыкания автомобильных дорог**

Проектирование пересечений и примыканий автомобильных дорог производят из условий обеспечения максимальной безопасности и удобства движения автомобилей с наименьшими потерями времени в пределах пересечения или примыкания, с учетом перспективных интенсивности и состава движения по направлениям. Положение и параметры съездов назначают исходя из условия обеспечения удобств движения для наиболее громоздкой предполагаемой техники. Безопасность и удобство движения по пересечениям и примыканиям обеспечиваются хорошей видимостью и понятностью проезда к ним.

Пересечения и примыкания автомобильных дорог рекомендуется проектировать на прямолинейных в плане участках соединяющихся дорог. Недопустимо проектировать пересечения в конце или начале участков значительного протяжения с большими уклонами.

Скотопрогоны при пересечении ими дорог I-с и II-с категорий надлежит отводить под ближайшие искусственные сооружения с соответствующим их обустройством (укрепление дна и подходов к сооружению, устройство направляющих ограждений и др.). При отсутствии вблизи искусственных сооружений, отвечающих требованиям скотопрогона, указанные пересечения следует предусматривать в одном уровне.

Переезды следует располагать, как правило, на прямых участках железных и внутрихозяйственных дорог под углом не менее 60°. Пересечения внутрихозяйственной дороги с железнодорожными путями должны быть оборудованы устройствами в соответствии с типовыми проектами

переездов и согласованы с министерством или ведомством, в ведении которых находятся железнодорожные пути.

Вертикальное расстояние от проводов воздушных телефонных и телеграфных линий до поверхности проезжей части в местах пересечений с внутрихозяйственными дорогами всех категорий должно быть не менее 6 м для проезда транспортных средств (с учетом грузов) и сельскохозяйственных машин высотой до 4 м, и не менее 8 м для проезда транспортных средств и сельскохозяйственных машин высотой более 4 м.

### **7.7. Продольный профиль дороги**

*Продольным профилем дороги, улицы* называют развернутую в плоскости чертежа проекцию по оси дороги на вертикальную плоскость. Продольный профиль позволяет более наглядно показать крутизну отдельных участков дороги, расположение элементов дороги относительно существующей и проектируемой поверхности земли, высотное расположение элементов других инженерных систем относительно дороги в местах пересечения дороги с этими коммуникациями.

Продольный уклон является одной из важнейших характеристик транспортных качеств автомобильной дороги. Если естественные уклоны местности не соответствуют допустимым для эффективного использования автомобилей, в таких случаях уклон дороги делают более пологим, чем уклон поверхности земли. Для этого срезают часть грунта на подъемах на возвышенность или, наоборот, подсыпают его в местах перехода через пониженные участки рельефа.

Обычно продольный профиль строят в условных отметках, которые проставляют в сетке профиля с точностью до двух значащих цифр после запятой ( $\pm 0,01$  м).

Переломы продольного профиля, образующиеся при изменении уклона, вызывают ряд неудобств для движения: выпуклые места на дороге ограничивают видимость расположенного впереди участка дороги, а на переломах, имеющих сравнительно малый радиус кривизны, при высоких скоростях движения возникает опасность потери управления автомобилем в связи с разгрузкой передней оси; на вогнутых переломах из-за внезапного изменения направления движения возникает толчок, неприятный для пассажиров и перегружающий подвеску автомобиля. Поэтому переломы продольного профиля смягчают введением сопрягающих вертикальных кривых.

Основные требования, предъявляемые к продольному профилю:

1) Продольный уклон зависит от рельефа местности. Наибольшие допустимые продольные уклоны дороги определяются ее категорией и эксплуатационными требованиями. Если по дороге предполагается движение большегрузных автомобилей с прицепами, то продольные уклоны не

должны превышать 70 ‰. Для улучшения эксплуатационных показателей дорогу всегда стремятся проектировать с возможно меньшими продольными уклонами.

Наименьшие продольные уклоны также можно ограничивать. Например, если дорога проходит в выемке, то для лучшего водоотвода дороги и кюветы проектируют с продольными уклонами не менее 5...10 ‰.

2) Рекомендуемую, или руководящую, рабочую отметку земляного полотна, т.е. требуемую высоту насыпи, принимают по техническим условиям и рассчитывают с учетом характера увлажнения местности, дорожно-климатической зоны и качества грунтов.

3) Наименьшие радиусы вертикальных выпуклых и вогнутых кривых регламентируются нормами.

4) Расстояние между вершинами разноименных переломов проектной линии – шаг проектирования – на равнинной местности для дорог I-с категории должно быть не менее 150 м, для дорог II-с категории – не менее 100 м.

5) Расчетная видимость поверхности дороги должна быть не менее приведенной в нормах [20]. Видимость встречного автомобиля должна быть, соответственно, в два раза больше.

## 7.8. Элементы поперечного профиля и основные параметры

*Поперечным профилем* называют представленный на чертеже разрез дороги в вертикальной плоскости, перпендикулярной к ее продольной оси. Поперечный профиль включает следующие элементы (рис. 7.1):

–  *проезжая часть*  – главный конструктивный элемент, обеспечивающий движение транспорта;

–  *обочины*  – боковые полосы, примыкающие к проезжей части; служат для дорожной одежды упором, позволяют повышать безопасность движения и, кроме того, предназначаются для вынужденных остановок автомобилей, временного складирования строительных материалов; проезжая часть и обочина составляют  *дорожное полотно* ;

–  *водоотводные сооружения*  – продольные каналы (кюветы, кюветы-резервы и резервы), располагаемые по краям земляного полотна и сопрягаемыми с ними откосами;

–  *обрезы*  – полосы между водоотводящими сооружениями и границами полос отвода; предназначаются для устройства объездных транспортных путей, длительного складирования строительных материалов, размещения декоративных и снегозащитных зеленых насаждений, а в ряде случаев – благоустроенных площадок для отдыха и др.;

–  *кювет-резерв*  – уширенный и углубленный кювет, устраиваемый при разработке грунта для возведения насыпи. Откос кювета-резерва служит продолжением откоса насыпи;

– *резерв* – отличается от кювета-резерва устройством бермы (горизонтальной полосы шириной не менее 2 м) между откосами насыпи и резерва;

– *нагорная канава* – служит для перехвата поверхностных вод перед выемкой и отвода их в ближайшие пониженные места; устраивают при косогорности более 1:10;

– *банкет* – призма треугольного поперечного сечения, отсыпана из грунта, вынутаго из нагорной канавы;

– *полоса отвода* – участок земли, отводимый под строительство дороги, на котором размещают все перечисленные элементы дороги и дорожные сооружения.

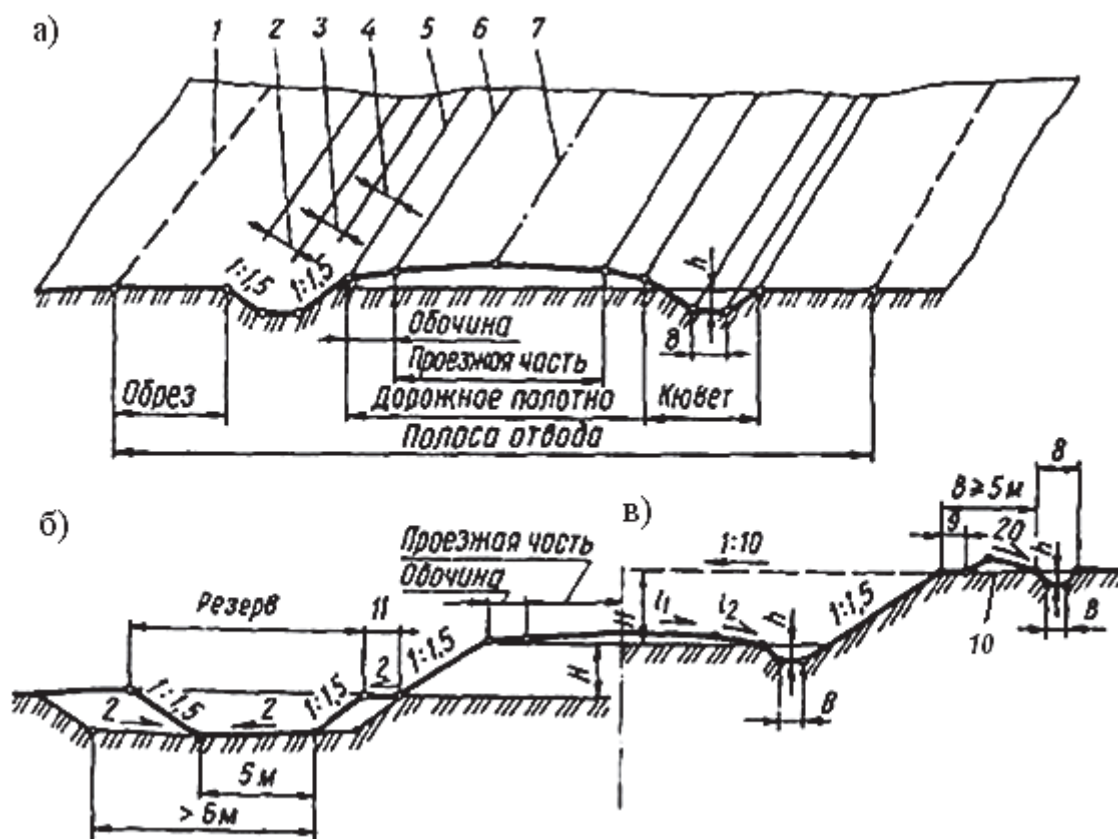


Рис. 7.1. Основные элементы дороги в поперечном профиле: а – при насыпях высотой до 1,0 м (с кюветом или с кювет-резервом); б – при насыпях высотой 1,0...6,0 м при пылеватых, суглинистых и глинистых грунтах и высотой 1,0...8,0 м при суглинистых и супесчаных (с устройством кювет-резерва или резерва); в – в выемке глубиной 5,0...12,0 м при косогорности ( $i_{\text{кос}} \geq 1:10$ ); 1 – граница полосы отвода; 2 – внешний откос кювета; 3 – дно кювета; 4 – внутренний откос кювета; 5 – бровка земляного полотна; 6 – кромка проезжей части; 7 – ось дороги; 8 – нагорная канава; 9 – берма (шириной не менее 1 м); 10 – банкет; 11 – берма (шириной не менее 2 м);  $B$  – расстояние между бровкой выемки и нагорной канавой

В поперечном профиле сельских улиц, кроме проезжей части, размещают следующие элементы (рис. 7.2):

- тротуары и дорожки (аллеи) для пешеходов с покрытиями, обеспечивающими удобство передвижения при различных погодных условиях; покрытия должны отвечать соответствующим архитектурным и санитарно-гигиеническим требованиям;

- велосипедные дорожки, устраиваемые, если в перспективе на проектируемой улице предусматривается интенсивное (более 50 велосипедов в 1 ч) движение; покрытие должно быть облегченного типа;

- наземные (осветительные мачты и мачты средств связи) и подземные инженерные сети (водопровод, газопровод и др.);

- зеленые насаждения (защитные и декоративные) и газоны (разделительные полосы).

Для дорог II-с категории при отсутствии или нерегулярном движении автопоездов допускается ширину проезжей части принимать 3,5 м, ширину обочин – 2,25 м, в том числе укрепленных – 1,25 м.

Ширину земляного полотна, возводимого на ценных сельскохозяйственных угодьях, допускается принимать: 8 м – для дорог I-с категории, 7 м – для дорог II-с категории, 5 м – для дорог III-с категории. К ценным сельскохозяйственным угодьям относятся орошаемые, осушенные и другие мелиорированные земли, участки, занятые многолетними плодовыми насаждениями, виноградниками, а также участки с высоким естественным плодородием почв и другие приравняемые к ним земельные угодья.

Основные параметры поперечного профиля земляного полотна и проезжей части внутрихозяйственных дорог приведены в табл. 7.8.

Таблица 7.8

Основные параметры поперечного профиля внутрихозяйственных дорог

Параметры поперечного профиля	Значения параметров для дорог категорий		
	I-с	II-с	III-с
Число полос движения	2	1	1
Ширина, м:			
полосы движения	3	4,5	3,5
проезжей части	6	4,5	3,5
обочины	2	1,75	1,5
укрепления обочин	0,5	0,75	0,5
земляного полотна	10	8	6,5

На участках дорог, где требуется установка ограждений барьерного типа, при регулярном движении широкогабаритных сельскохозяйственных машин (шириной более 5 м) ширина земляного полотна должна быть увеличена за счет уширения обочин.

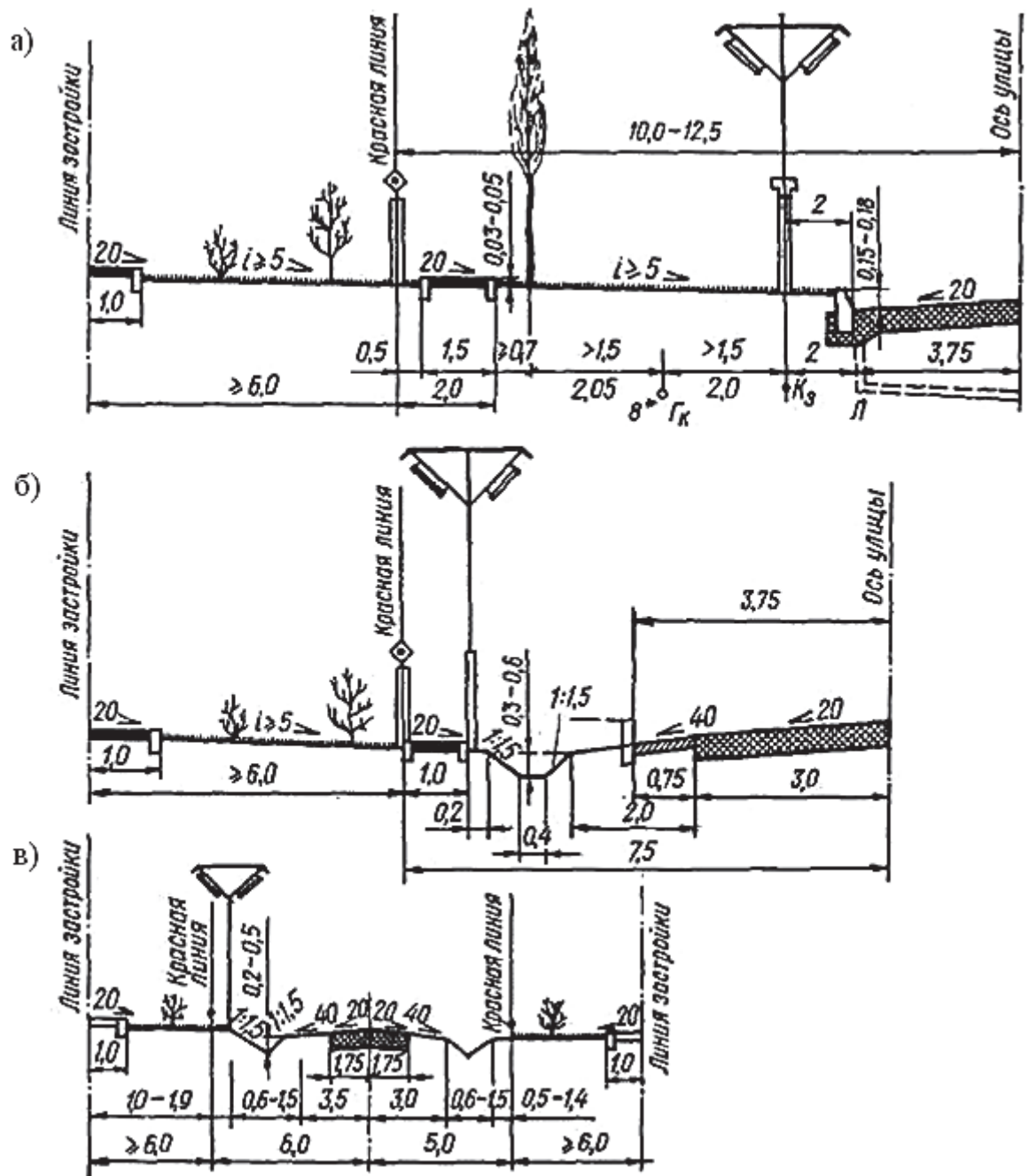


Рис. 7.2. Поперечные профили сельской улицы: а – с бортовым камнем (бордюром); б – с боковыми канавами; в – с проездами к жилым домам

Для дорог I-с и II-с категорий при радиусах кривых в плане 1000 м и менее необходимо предусматривать уширение проезжей части с внутренней стороны кривой за счет обочин, при этом ширина обочин после уширения проезжей части должна быть не менее 1 м.

На внутрихозяйственных дорогах, по которым предполагается регулярное движение широкогабаритных сельскохозяйственных машин и транспортных средств, следует предусматривать устройство площадок для

разъезда с покрытием, аналогичным принятому для данной категории дороги, за счет уширения одной обочины и соответственно земляного полотна.

Расстояние между площадками надлежит принимать равным расстоянию видимости встречного транспортного средства, но не менее 0,5 км. При этом площадки должны, как правило, совмещаться с местами съездов на поля.

Ширину площадок для разъезда следует принимать 8, 10 и 13 м и длиной не менее 15 м в зависимости от габаритов техники. Участки перехода от однополосной проезжей части к площадке для разъезда должны быть длиной не менее 15 м, а от двухполосной проезжей части – не менее 10 м.

Проезжую часть следует принимать с двухскатным поперечным профилем на прямолинейных участках дорог и на кривых в плане радиусом более 600 м для дорог I-с категории; более 400 м для дорог II-с категории, и более 300 м для дорог III-с категории.

На кривых участках дорог в плане с меньшими радиусами следует предусматривать устройство виражей.

На прямых участках и кривых в плане радиусом более 400 м дорог II-с категории с монолитным цементобетонным покрытием допускается устраивать проезжую часть с односкатным поперечным профилем.

Поперечные уклоны проезжей части при двухскатном поперечном профиле следует назначать в зависимости от типа дорожной одежды с учетом данных табл. 7.9.

Таблица 7.9

Поперечные уклоны проезжей части дороги

Типы дорожных одежд	Поперечный уклон проезжей части, ‰
Капитальные с покрытием:	
асфальтобетонным и цементобетонным	15...20
остальных видов	20...25
Облегченные	25...30
Переходные	30...35
Низшие	35...40

Поперечные уклоны обочин следует принимать больше поперечных уклонов проезжей части на 10...20 ‰.

Уклоны виража должны быть не менее поперечных уклонов проезжей части на прямых участках. Переход от двухскатного (односкатного) поперечного профиля проезжей части дороги на прямых участках к односкатному на виражах следует осуществлять *на протяжении переходной кривой*, а при ее отсутствии – *на прилегающем к кривой прямом участке*.

Поперечный уклон обочин на вираже следует принимать одинаковым с уклоном проезжей части дороги. Переход от принятого уклона обо-



чин на прямых участках дороги к уклону проезжей части на виражах следует производить на протяжении не менее 10 м от начала отгона виража.

## 7.9. Земляное полотно

Основные элементы земляного полотна:

– *верхняя часть земляного полотна (рабочий слой)* – зона, ограниченная по высоте снизу глубиной, равной  $2/3$  глубины промерзания, но не менее 1,5 м от верха покрытия; для выемок, участков с нулевыми отметками или низких насыпей в рабочий слой могут входить грунты в природном залегании с ненарушенной структурой;

– *откосная часть* – зоны, ограниченные поверхностями откосов и вертикалями, проходящими через бровки насыпей или выемок; снизу откосные зоны ограничены основанием насыпи или выемки;

– *ядро насыпи* – зона, расположенная ниже рабочего слоя и ограниченная снизу основанием насыпи, а с боков – вертикалями, проходящими через бровки насыпи;

– *основание насыпи* – зона, расположенная под насыпью в пределах естественной грунтовой толщи; мощность основания, принимаемая в расчет, устанавливается в зависимости от инженерно-геологических условий, в частности от свойств грунтов, но не менее ширины насыпи по низу;

– *основание выемки* – зона, расположенная ниже нижней границы рабочего слоя; мощность основания, учитываемая при проектировании, устанавливается в зависимости от инженерно-геологических условий грунтового массива и может достигать размера, равного заложению откоса.

В состав земляного полотна входят также *система поверхностного водоотвода* (лотки, кюветы, канавы) и различного типа *специальные удерживающие и поддерживающие конструкции*, предназначенные для обеспечения устойчивости самого земляного полотна или склонов, на которых оно располагается (рис. 7.3).

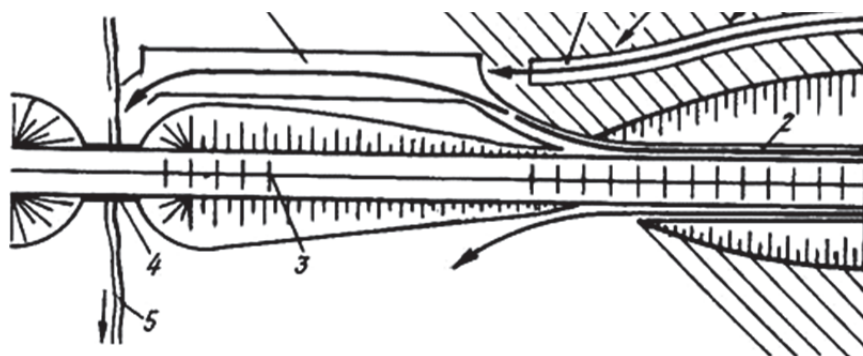


Рис. 7.3. Система дорожного водоотвода: 1 – нагорная канава; 2 – кювет; 3 – поперечные уклоны; 4 – водопропускное сооружение; 5 – водоток; 6 – резерв

Земляное полотно должно быть прочным, устойчивым и стабильным, т.е. его элементы не должны разрушаться или давать деформации, недопустимые с позиций нормальных условий эксплуатации дороги с учетом условий и срока ее службы.

Земляное полотно устраивают в виде насыпей или в выемках (рис. 7.4). Высота насыпей или глубина выемок определяются в результате проектирования поперечного профиля. Наиболее рациональное решение при сложном рельефе получают при проектировании поперечного профиля вместе с земляным полотном (рис. 7.5).

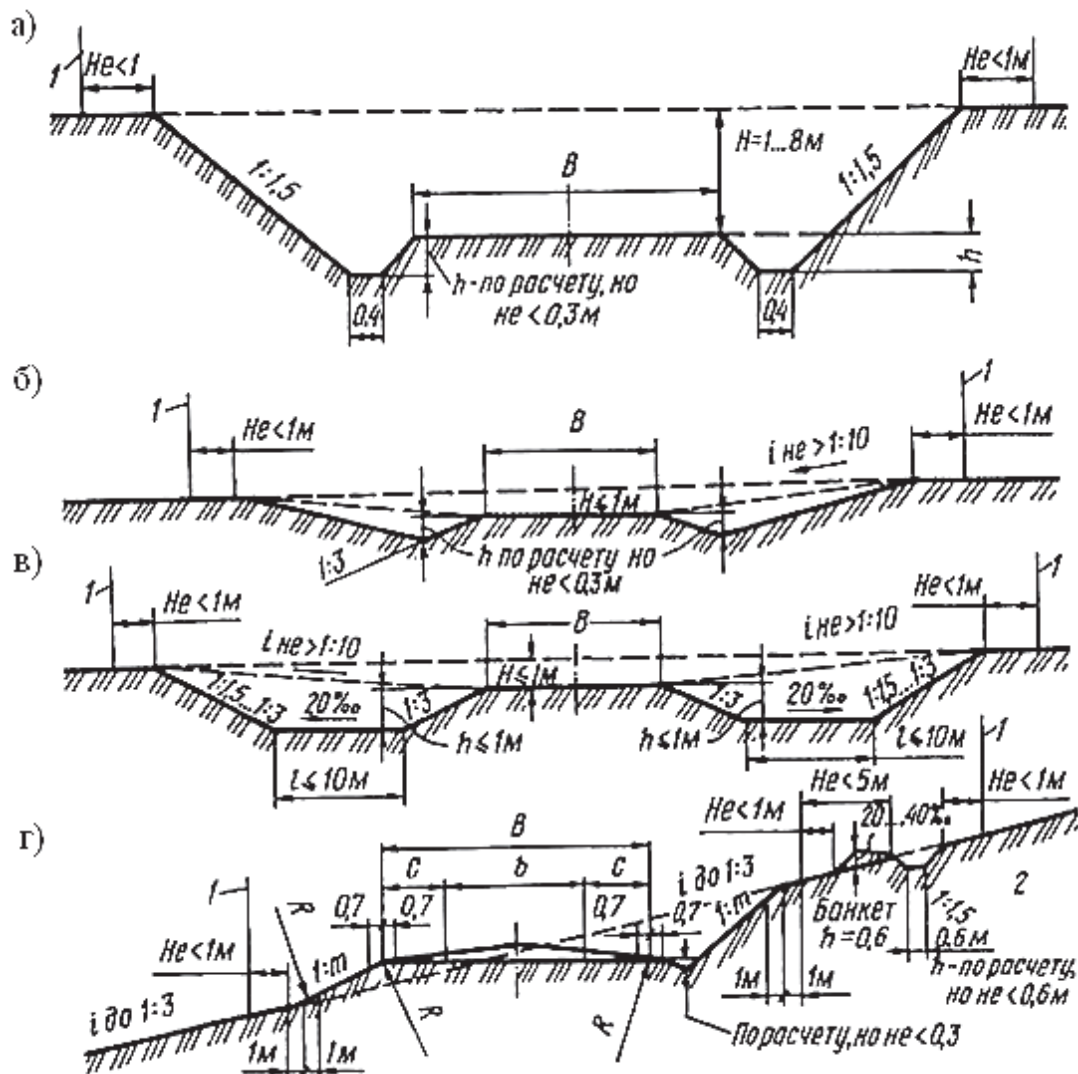


Рис. 7.4. Поперечные профили земляного полотна в выемках:  
 а – с откосами 1:1,5; б – в раскрытой; в – разделанной под насыпь; г – на косогоре с уклоном от 1:10 до 1:5; 1 – граница полосы отвода; 2 – нагорная канава

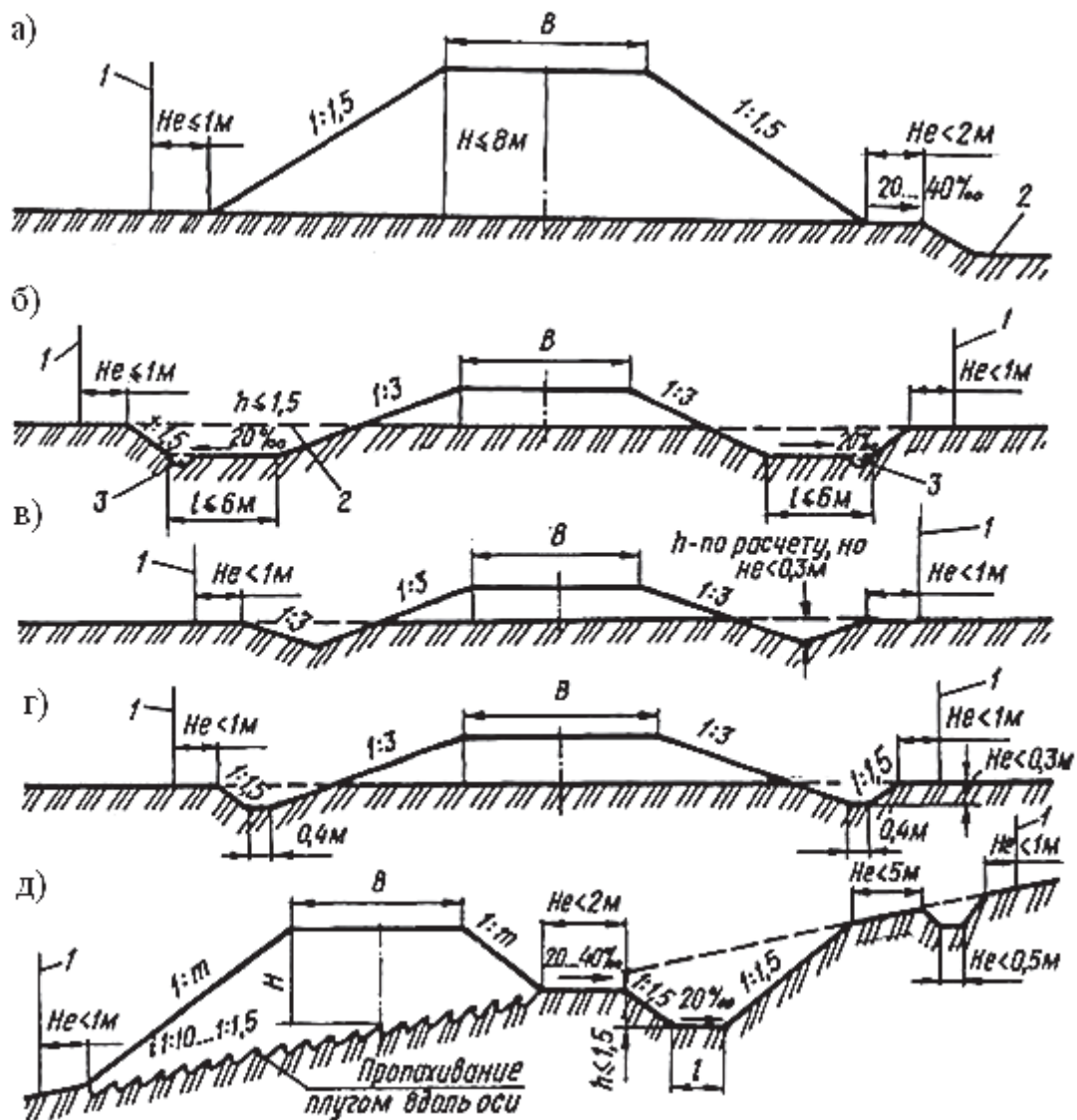


Рис. 7.5. Поперечные профили земляного полотна в насыпях: а – насыпь с откосами 1:1,5; б – то же, 1:3; в – насыпь с треугольными кюветами; г – то же, с трапецидальными кюветами; д – насыпь на косогоре при его уклоне от 1:10 до 1:5; 1 – граница полосы отвода; 2 – резерв, 3 – канава; B – ширина земляного полотна

При назначении конструкции земляного полотна учитывают категорию дороги, тип дорожной одежды, высоту насыпи или глубину выемки, свойства грунтов, используемых в земляном полотне, особенности инженерно-геологических условий того или иного участка дороги (характер и условия залегания грунтов, наличие подземных и поверхностных вод, возможное влияние опасных геологических процессов и т.д.), комплекс природных особенностей района строительства. Кроме того, учитывают условия производства работ (сезонность, наличие техники, сроки строительства и т.д.), а также опыт эксплуатации дорог в данном районе.

Геометрическая форма земляного полотна и его конструкция должны способствовать снегонезаносимости, безопасности движения, а также отвечать эстетическим требованиям.

Могут применяться типовые конструкции земляного полотна или использоваться индивидуальные решения. В ряде случаев используют типовые конструкции с индивидуальной привязкой, при которой уточняют некоторые параметры (например, осадку основания насыпи и т.п.). Для типовых решений головными проектными организациями составляются альбомы типовых конструкций.

*Возвышение бровки земляного полотна*, подтопляемого водой, должно быть не менее 0,25 м над расчетным горизонтом воды (с учетом подпора) для дорог с интенсивностью движения менее 50 автомобилей в сутки.

При проектировании высоты насыпи вероятность превышения весеннего паводка следует принимать: для дорог I-с категории – 5 %; для дорог II-с и III-с категорий – 10 %.

У малых искусственных сооружений высота бровки земляного полотна над расчетным уровнем воды с учетом подпора должна быть не менее 0,5 м при безнапорном режиме работы сооружения и не менее 1 м при напорном или полунпорном режиме.

Возвышение бровки насыпи дороги над расчетным уровнем снегового покрова (по вероятности превышения 5 %) необходимо делать не менее 0,5 м. Расчетный уровень снегового покрова принимается по данным метеонаблюдений или справочным данным.

*Крутизна откосов насыпей* высотой до 1 м, возводимых из местных (с перевозкой до 1 км) грунтов, делается 1:3, а из привозных грунтов – 1:1,5. Насыпи высотой 1...6 м в грунтах песчаных, суглинистых и глинистых устраиваются с откосами 1:1,5. При высоте насыпи 6...12 м откосы в нижней части сооружаются не круче 1:1,75. На поймах рек при длительном подтоплении земляного полотна откосы насыпи устраиваются не круче 1:2.

Выемки глубиной до 1 м следует раскрывать или разделять под насыпь, выемки глубиной 1...5 м надо проектировать с пологими откосами от 1:3 до 1:6.

Для устойчивости земляного полотна рекомендуется верхнюю часть его отсыпать из непылеватых, преимущественно песчаных и легких супесчаных грунтов. Насыпи должны возводиться, как правило, из однородных грунтов, горизонтальными слоями, на полную ширину, с уплотнением каждого слоя.

## 7.10. Дорожные одежды

*Дорожная одежда* предназначена для создания прочной и ровной поверхности проезжей части автомобильной дороги. Для строительства дорожной одежды местных дорог, как правило, используют местные дорожно-строительные материалы.

Общие требования к конструкции дорожной одежды:

- дорожная одежда в процессе эксплуатации должна иметь достаточную прочность независимо от изменения режима ее увлажнения;
- общий модуль упругости дорожной одежды должен соответствовать составу транспортных средств и интенсивности движения; изменение модуля упругости по глубине дорожной одежды должно подчиняться закону распределения напряжений по глубине в зависимости от нагрузок;
- конструкция дорожной одежды должна включать слой износа, который в процессе эксплуатации дороги можно было бы легко заменять либо восстанавливать;
- необходимо предусмотреть возможность усиления конструкции дорожной одежды в связи с увеличением интенсивности движения в перспективе;
- работы по устройству дорожной одежды должны быть максимально механизированы;
- дорожная одежда должна иметь достаточно шероховатую поверхность, ровность, обеспечивающую движение автомобилей без ударов, и характеризоваться экономичностью, которая выражается как в стоимости строительства, так и расходами на ее содержание.

*Дорожные одежды подразделяются на следующие типы:*

- *капитальные* – цементобетонные, асфальтобетонные, щебеночные и гравийные, укрепленные вяжущими в установке; мостовые из брусчатки и мозаики на бетонном или каменном основании;
- *облегченные* – гравийные, щебеночные и гравийные, укрепленные вяжущими на дороге; холодный асфальтобетон;
- *переходные* – гравийные и щебеночные без укрепления; дорожные одежды, устроенные из грунтогравия, грунтощебня и грунтов, укрепленных вяжущими на дороге;
- *низшие* – дорожные одежды, устраиваемые из грунтовых оптимальных смесей, малопрочных каменных материалов и шлаков.

По механическим свойствам дорожные одежды разделяют на *жесткие* и *нежесткие*.

К *жестким* относят дорожные одежды, у которых один или несколько слоев из бетона обладают сопротивлением изгибу и модулем упругости, которые практически не зависят от температуры, влажности

окружающей среды, скорости нагружения и мало изменяются в течение всего срока службы одежды. К ним относят дорожные одежды с цементобетонными покрытиями и основаниями.

*Нежесткими* дорожными одеждами называют слоистые конструкции, материал которых характеризуется модулем упругости и предельным сопротивлением растяжению при изгибе или параметрами сопротивления сдвигу, которые существенно зависят от температуры и влажности окружающей среды, режима нагружения. К ним относятся также одежды со слоями основания, в которых допускается образование трещин, и с покрытиями, не способными оказывать достаточное сопротивление растяжению при изгибе.

Нежесткие дорожные одежды устраивают на различных видах асфальто- и дегтебетонов, других смесей с вяжущими, из каменных материалов, побочных продуктов промышленности и грунтов, укрепленных минеральными или комплексными вяжущими (малыми дозами), а также из каменных материалов без обработки их вяжущими и др.

*Нежесткая дорожная одежда* представляет собой многослойную конструкцию, состоящую из покрытия, основания, дополнительных слоев основания, грунта земляного полотна (подстилающего грунта).

*Покрытие* – верхняя часть дорожной одежды, воспринимающая усилия от колес автомобилей и подвергающаяся непосредственному воздействию атмосферных факторов. Покрытие должно быть плотным, прочным, ровным, шероховатым, противостоять пластическим деформациям при высоких положительных температурах, быть трещиностойким и хорошо сопротивляться износу – оно должно обеспечивать необходимые эксплуатационные качества проезжей части (в покрытие входят также слои износа, шероховатые слои, защитные слои).

*Основание* – несущая прочная часть одежды, обеспечивающая вместе с покрытием перераспределение и снижение давления на расположенные ниже дополнительные слои или грунт земляного полотна (подстилающий грунт). Слои основания, непосредственно подстилающие усовершенствованное покрытие, должны быть преимущественно монолитными, сдвигоустойчивыми и достаточно хорошо сопротивляться растягивающим напряжениям при изгибе. Нижние слои основания устраивают из менее прочных, но достаточно морозо- и водостойких материалов.

*Дополнительные слои основания* – слои, которые устраивают между основанием и подстилающим грунтом с неблагоприятными погодноклиматическими и грунтогидрологическими условиями. Эти слои совместно с покрытием и основанием должны обеспечить наряду с прочностью необходимые морозоустойчивость и дренирование конструкции, создавать условия для снижения толщины из наиболее дорогостоящих материалов. В соответствии с основной функцией, которую выполняет дополнительный

слой, его называют морозозащитным, теплоизолирующим, дренирующим. К дополнительным слоям и прослойкам относят также гидро- и пароизолирующие, капилляропрерывающие, противозаиливающие и др. Дополнительные слои устраивают из песка и других местных материалов в естественном состоянии или укрепленных органическими, минеральными или комплексными вяжущими веществами, местных грунтов, в том числе пучинистых, обработанных вяжущими материалами, из укрепленных смесей с добавками пористых заполнителей.

### 7.11. Сооружения и обустройство дорог

В местах, где автомобильная дорога пересекает реки и ручьи, овраги и балки, по которым стекает вода в период дождей и таяния снега, устанавливают систему сооружения, называемую *переходом водотока*. Переходы через водотоки классифицируют по типам искусственных сооружений:

- *мост* – сооружение, проводящее дорогу над водным препятствием;
- *водопропускная труба* – сооружение, предназначенное для пропуска ливневых вод или небольших постоянно действующих водотоков и имеющее над собой земляную насыпь;
- *тоннель* – сооружение, проводящее дорогу под водным препятствием;
- *мостовой паром* – подвижное устройство, перевозящее транспортные средства через водное препятствие;
- *насыпь, или фильтрующая дамба*, – водопропускное сооружение, работающее вследствие фильтрации воды через пустоты между камнями;
- *брод* – сооружение, обеспечивающее движение транспортных средств по дну водотока.

*Мосты*. Мост состоит из пролетных строений, поддерживающих проезжую часть с тротуарами, и опор, передающих опорные давления пролетных строений на грунт. Мосты бывают однопролетными и многопролетными. Крайние опоры, расположенные в местах сопряжения моста с насыпями дороги, называют *устоями*, а промежуточные – *быками*. Расстояние между центрами опорных точек пролетного строения – *расчетный пролет*. Размер от поверхности проезжей части на мосту до самых нижних частей пролетного строения называют *строительной высотой моста*.

В зависимости от материала мосты бывают *деревянными, каменными, бетонными, железобетонными, металлическими и др.*

По своему назначению, особенностям устройства и условиям эксплуатации мосты подразделяют на следующие основные виды: *обычного типа* (высокого уровня), позволяющие свободно пропускать высокие воды и не препятствующие присутствию данной реке судоходству и сплаву; *наплавные* – на плавучих опорах, когда устройство моста на постоянных

опорах дорого, сложно и экономически не оправданно; *мостовые паромы*, позволяющие поддерживать связь между берегами для дорог с неинтенсивным движением.

В зависимости от статической схемы основной несущей конструкции пролетных строений различают: *балочную, арочную, рамную и висячую* системы мостов.

В *балочных мостах* пролетное строение при действии на него вертикальной нагрузки работает на изгиб и передает опорам вертикальные опорные давления. В *арочных мостах* опорные реакции, вызываемые вертикальной нагрузкой, действуют на опоры наклонно и могут быть разложены на вертикальные и горизонтальные составляющие, которые называются *распором*. В *рамных мостах* пролетные строения и опоры жестко связаны между собой и составляют единую конструкцию. В *висячих мостах* пространство между опорами перекрыто стальными канатами (вантами), работающими на растяжение и поддерживающими балку жесткости, в уровне которой расположена проезжая часть.

*Наплавные мосты* представляют собой сооружения на плавучих опорах из понтонов, плашкоутов, барж или плотов. Их сооружают на пересечениях дорог широкими, глубокими и многоводными реками или реками со слабыми грунтами, когда устройство моста на постоянных опорах сильно усложняется и удорожается. С наступлением зимы наплавные мосты обычно разводят и помещают в затоны, защищенные от паводков и ледохода. В этот период сообщение между берегами осуществляется непосредственно по льду.

Особенность наплавных мостов заключается в изменении их высотного уровня в зависимости от колебаний горизонта воды, что осложняет сопряжение наплавных мостов с берегами.

*Водопрпускные трубы*. В настоящее время при проектировании водопрпускных труб под насыпями на дорогах, в том числе и на сельских внутрихозяйственных, применяются различные конструкции труб. *Водопрпускная труба* – это искусственное сооружение, предназначенное для пропускания ливневых вод или небольших постоянно действующих водотоков и имеющее над собой земляную засыпку. Трубы используются для пропускания поверхностных вод в кюветах на пересечении дорог в одном уровне и на съездах, а также в качестве путепровода тоннельного типа, скотопргонов и др.

*По форме сечения* трубы бывают круглые, прямоугольные, овальные, сводчатые, трапецидальные и треугольные.

Материалами для их постройки служат: камень, бетон, железобетон, металл и др. На местных дорогах строят стальные и сборные железобетонные круглые и прямоугольные трубы или сборно-монолитные прямо-



угольные, в которых перекрытие железобетонное сборное, стенки и фундамент – монолитные бетонные или каменные.

Режим протекания воды в трубе может быть: безнапорный, полунанпорный и напорный (рис. 7.6). Для дорог местного значения, внутрихозяйственных сельских и других дорог рекомендуются трубы с безнапорным режимом протекания воды. При одном и том же расходе воды напорную трубу можно сделать меньших размеров, а следовательно, более экономичной, чем безнапорную.

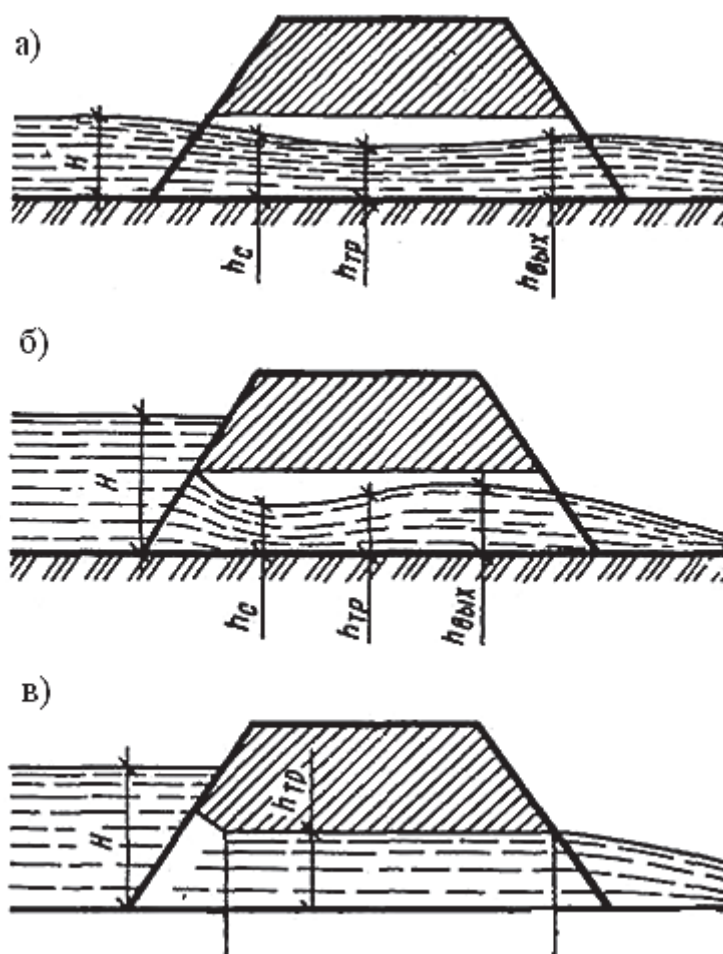


Рис. 7.6. Режимы протекания воды в трубах:  
а – безнапорный; б – полунапорный; в – напорный

По количеству отверстий трубы бывают одно-, двух- и многооточковые.

Конструкция трубы состоит из средней части, входного и выходного оголовков. По длине труба делится на секции и звенья. Длина секции зависит от грунтовых и производственных условий.

При входе и выходе из трубы устраивают оголовки, которые плавно вводят поток в трубу и выводят его, снижают сопротивление движению

воды и повышают пропускную способность трубы, а также уменьшают опасность размыва насыпи и русла.

*Мостовые паромы* представляют собой специальные устройства для перемещения транспортных средств и сельскохозяйственных машин через водную преграду в период, когда ее поверхность свободна ото льда. В зимний период, когда перемещение парома становится невозможным, вблизи парома устраивают *ледовую переправу*.

*Броды* устраивают на малоинтенсивных дорогах, на которых можно допустить перерыв движения на время паводков или прохождения высоких вод (при условии, что уровень воды не будет превышать 0,4 м). Дно брода должно быть достаточно твердым, а берега водотока в месте перехода – пологими.

*Насытью, или фильтрующей дамбой*, называют каменную наброску (или кладку), включенную в тело насыпи и работающую как водопропускное сооружение вследствие фильтрации воды через пустоты между камнями.

Фильтрующие дамбы устраивают при пересечении суходолов и оврагов, а также на небольших водотоках с незначительным количеством взвешенных частиц и небольшим расходом воды.

*Придорожные водоемы*. При пересечении дорогой небольших водотоков, балок, оврагов в ряде случаев целесообразно использовать дорожную насыпь в качестве плотины для создания придорожных водоемов (прудов) с целью развития рыбного хозяйства, устройства ферм водоплавающей птицы, орошения прилегающих земель, а также улучшения условий водоснабжения и санитарного состояния сельских населенных мест. При проектировании придорожного водоема выполняют водохозяйственные расчеты для определения годового объема стока, потребления воды, основных характеристик водоема, потерь воды на испарение и фильтрацию, расчетного максимального расхода.

*Обустройство автомобильных дорог*. Автомобильные дороги, на которых предусмотрено регулярное автобусное движение, должны быть *обустроены остановочными и посадочными площадками* в местах автобусных остановок. Ширину остановочных площадок следует принимать 3 м, длину – не менее 10 м для автобусов каждого направления. Посадочные площадки должны быть приподняты на 0,2 м над поверхностью остановочных площадок и ограждены от них бортовыми камнями.

*Автобусные остановки* располагают на прямых участках дорог или на кривых с радиусами в плане не менее 400 м при продольных уклонах не более 40 ‰. При этом должны быть обеспечены нормы видимости в продольном профиле и плане, установленные для дорог соответствующих категорий.

*Площадки для остановок и стоянок* автотранспортных средств располагают у административных, общественных и торговых зданий, меди-

цинских учреждений, перед выездами на территорию производственных комплексов, ферм, складов и в других местах систематических остановок автомобилей. Размеры площадок устанавливаются расчетом в зависимости от типа и количества одновременно останавливающихся транспортных средств, продолжительности их стоянки и т.п.

*Места стоянки* транспортных средств должны размещаться за пределами проезжей части дорог в виде специальных полос или площадок.

В начальных (конечных) пунктах тупиковых внутрихозяйственных дорог, у проходных сельскохозяйственных комплексов, ферм и других обоснованных случаях для разворота транспортных средств и сельскохозяйственных машин должны предусматриваться площадки прямоугольной формы размером не менее 25×15 м или грушевидные и петлевые объезды радиусом не менее 12 м.

Для крупногабаритных сельскохозяйственных машин и большегрузных автопоездов указанные размеры площадок должны быть увеличены до размеров, обеспечивающих разворот расчетных транспортных средств.

Для обеспечения безопасности движения, регулирования его и ориентировки водителя в пути автомобильные дороги должны быть оборудованы дорожными знаками.

*Ограждения барьерного типа* высотой не менее 0,8 м из железобетона, металла (в том числе из металлических тросов) или дерева предназначены для предотвращения аварийных съездов транспортных средств с земляного полотна. Они устраиваются на поворотах и опасных прямых участках дорог.

Участки дорог должны быть защищены от снежных заносов. Выбор типа снегозащитных устройств в каждом конкретном случае производят в увязке с мероприятиями по задержанию снега на полях и агролесомелиорации, проводимыми сельскохозяйственными предприятиями и организациями, а также с учетом местных особенностей примыкающих к дороге снегоборочных площадей, плана и продольного профиля дороги, направления господствующих в зимний период ветров.

*Защиту от снежных заносов* при расчетном годовом выпадении снега более 25 м<sup>3</sup> на каждый метр дороги, располагаемой на ценных землях, и более 10 м<sup>3</sup> на каждый метр дороги, располагаемой на остальных землях, следует предусматривать в виде:

– *устройства насыпи надлежащей высоты*, за исключением участков дорог, на которых по условиям рельефа не представляется возможным выполнить насыпь указанной высоты;

– *временных защитных устройств* (переносных щитов, снегозащитных лесонасаждений, если они выполняют роль полезащитных, снегозадерживающих, водоохраных, водорегулирующих, приовражных и других агролесомелиоративных полос, необходимых для нужд сельского

хозяйства). При этом в качестве придорожных полос целесообразно использовать плодовые и ягодные насаждения, если грунтовые и климатические условия допускают их посадку;

– *декоративного озеленения* дорог – групповых и аллейных посадок деревьев с обеих сторон дороги в один или два ряда с расстоянием между деревьями 5...10 м и расстоянием между рядами 3...5 м.

## **7.12. Площадки агропромышленного назначения**

В условиях сельскохозяйственного производства все более широко применяют различные площадки, требующие определенного благоустройства и обеспечения их необходимыми транспортными связями в соответствии с требованиями технологии работ.

По назначению их подразделяют:

– на площадки для доведения сельскохозяйственной продукции до требуемой соответствующими нормативами кондиции (механизированные тока для очистки и просушивания зерна и т.п.);

– площадки для складирования сельскохозяйственной продукции и минеральных удобрений (закрытые);

– площадки для хранения и ремонта тракторов, сельскохозяйственных машин и автомобилей;

– площадки для размещения предприятий хозяйства;

– площадки для размещения производственных комплексов данного хозяйства или нескольких хозяйств (например, животноводческих комплексов и т.п.);

– площадки для сельскохозяйственной авиации и др.

В соответствии с видом и назначением размеры, конфигурация и тип укрепления поверхности площадок весьма разнообразны.

### **Контрольные вопросы**

1) Назовите назначение и основные характеристики автомобильных дорог.

2) Как классифицируются автомобильные дороги общего назначения?

3) На какие категории делятся внутрихозяйственные дороги?

4) Что учитывается при трассировании автомобильных дорог?

5) Какие типы земляного полотна принимаются для автодорог?

6) Назовите основные параметры продольного профиля дорог.

7) Как отличаются параметры поперечного профиля дорог различных категорий?

8) Какие дорожные одежды используются на внутрихозяйственных дорогах?

9) Назовите основные сооружения на дорогах при пересечении водотоков.

10) Какие требования предъявляются к площадкам агропромышленного назначения?

## **8. ВОДОСНАБЖЕНИЕ**

### **8.1. Системы и схемы водоснабжения**

Под *системой водоснабжения* (или просто водоснабжением) подразумевают комплекс инженерных сооружений и установок, взаимосвязанных и предназначенных для забора воды, подъема и создания требуемого напора, очистки и подготовки, хранения и транспортировки к месту потребления.

Система водоснабжения в общем случае состоит из следующих основных элементов: водозаборных сооружений, насосных станций, резервуаров, водоводов, магистральных и разводящих наружных сетей и внутреннего водопровода.

*Системы водоснабжения* классифицируются по следующим признакам:

1) По *роду обслуживаемых объектов*:

- водоснабжение населенных мест (городское, поселковое),
- производственное или промышленное водоснабжение,
- сельскохозяйственное,
- железнодорожное и т.д.

2) По *назначению*:

- хозяйственно-питьевое, предназначенное для удовлетворения питьевых и хозяйственно-бытовых нужд населения;
- производственное – для снабжения водой промпредприятий;
- противопожарное – для тушения пожаров;
- сельскохозяйственное – для полива, обслуживания животных, машин и оборудования и т.п.;
- объединенная система, которая служит для одновременного удовлетворения нескольких типов водопотребителей.

3) По *взаимной связи отдельных систем водоснабжения*:

- совмещенные, где все элементы служат для хозяйственного, производственного и противопожарного водопровода;
- отдельные системы, где все элементы являются самостоятельными, составляющими как хозяйственно-питьевой, так и производственной систем;

– полураздельные системы имеют ряд общих элементов для городского и промышленного водоснабжения, например, водоисточники и водозаборные сооружения и т.д.

4) По числу обслуживаемых объектов (или зоне обслуживания):

- местные системы – для отдельного объекта;
- групповые (локальные) – для ряда объектов, расположенных иногда в пределах большой территории;
- централизованные (множество потребителей различного типа) – для всего населенного пункта.

5) По способу подачи воды:

- напорные, в которых вода подается к потребителям насосами;
- самотечные – когда источник водоснабжения находится выше населенного пункта по отношению к мировому океану и вода поступает к потребителю самотеком.

6) По сроку службы – постоянные и временные.

7) По размещению водопроводных сооружений, устройств и трубопроводов относительно потребителей – наружные и внутренние водопроводы.

Производственные системы подразделяются на *прямоточные, с повторным использованием, циркуляционные и оборотные.*

Централизованные системы водоснабжения по степени обеспеченности подачи воды подразделяются на три категории:

*Первая категория* – допускается снижение подачи воды на хозяйственно-питьевые нужды не более 30 % расчетного расхода и на производственные нужды до предела, установленного аварийным графиком работы предприятий; длительность снижения подачи не должна превышать 3 сут. Перерыв в подаче воды или снижение подачи ниже указанного предела допускается на время выключения поврежденных и включения резервных элементов системы, но не более чем на 10 мин.

*Вторая категория* – величина допускаемого снижения подачи воды та же, что при первой категории; длительность снижения подачи воды не должна превышать 10 сут. Перерыв в подаче воды или снижение подачи ниже указанного предела допускается на время выключения поврежденных и включения резервных элементов системы, но не более чем на 6 ч.

*Третья категория* – величина допускаемого снижения подачи воды та же, что при первой категории; длительность снижения подачи воды не должна превышать 15 сут. Перерыв в подаче воды или снижение подачи воды ниже предела допускается не более чем на 24 ч.

Объединенные хозяйственно-питьевые и производственные водопроводы населенных пунктов при численности жителей в них более 50 000 чел. следует относить к первой категории; 5000...50 000 чел. – ко второй категории; менее 5000 чел. – к третьей категории.

Схемы водоснабжения выбирают исходя из типа наружного водопровода, назначения зданий и ряда других требований (технологических, санитарно-гигиенических, противопожарных), а также технико-экономических расчетов.

На рис. 8.1 представлена общая схема водоснабжения населенного пункта.

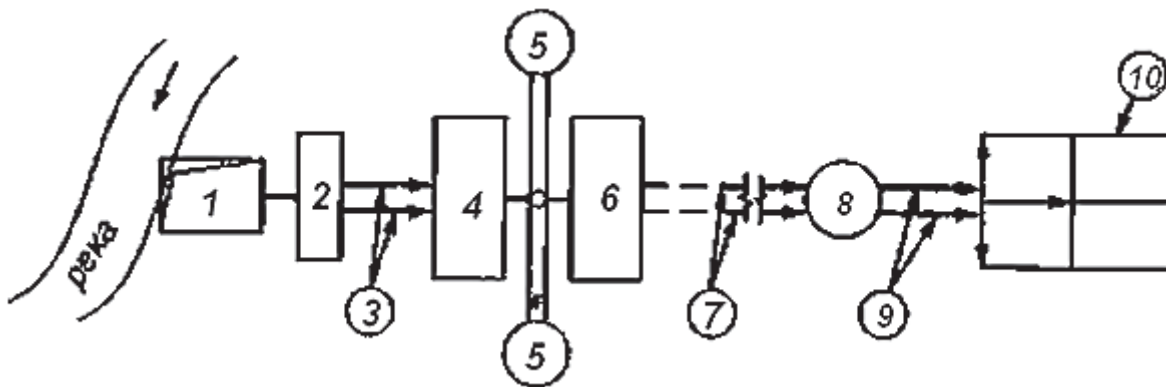


Рис. 8.1. Общая схема водоснабжения населенного пункта: 1 – водозабор из поверхностного источника; 2 – насосная станция первого подъема; 3 – водоводы неочищенной воды; 4 – очистные сооружения (сооружения по водоподготовке); 5 – резервуары чистой воды; 6 – насосная станция второго подъема; 7, 9 – водоводы (загородные); 8 – водонапорная башня; 10 – наружные магистральные и распределительные водопроводные сети

## 8.2. Режим и нормы водопотребления

Начальным этапом проектирования водопровода является определение расходов воды (годовых, суточных, часовых, секундных) и установление режимов водопотребления. Расчетные расходы воды на хозяйственно-питьевые нужды определяются по установленным удельным нормам водопотребления. Эти нормы показывают расход воды в литрах на одного человека в сутки. Они учитывают все хозяйственно-бытовые нужды населения городов, поселков и промышленных предприятий, обслуживающих население.

Величина расходов воды в населенных пунктах зависит от следующих обстоятельств:

- степени благоустройства населенного пункта;
- технологических процессов промышленного предприятия;
- степени санитарно-технического благоустройства отдельных зданий или объектов;
- климатических условий и сезона года.

Значения удельных расходов воды на хозяйственно-питьевые нужды приведены в табл. 8.1. В этой таблице отражены расходы воды в жилых и общественных зданиях.

Таблица 8.1

Удельные среднесуточные (за год) нормы водопотребления

Степень благоустройства районов жилой застройки	Удельное хозяйственно-питьевое водопотребление в населенных пунктах на одного жителя, л/сут
Застройка зданиями с водопользованием из водоразборных колонок	30...50
Застройка зданиями, оборудованными внутренним водопроводом и канализацией:	
– без ванн	125...160
– с ваннами и местными водонагревателями	160...230
– с централизованным горячим водоснабжением	220...280

Средний суточный расход (за год) воды на хозяйственно-питьевые нужды в населенном пункте определяется по формуле

$$Q_{\text{сут.ср}} = \Sigma(q_{\text{ж}} N_{\text{ж}} / 1000),$$

где  $Q_{\text{сут.ср}}$  – средний суточный расход, м<sup>3</sup>/сут;  $q_{\text{ж}}$  – удельное водопотребление, л/с на 1 чел, принимаемое по табл. 8.1, в зависимости от степени благоустройства зданий в районе;  $N_{\text{ж}}$  – расчетное число жителей в районе жилой застройки с различной степенью благоустройства, чел.

По среднесуточным расходам можно определить *расходы воды в сутки наибольшего и наименьшего водопотребления*:

$$Q_{\text{сут.мах}} = K_{\text{сут.мах}} Q_{\text{сут.ср}},$$

$$Q_{\text{сут.мин}} = K_{\text{сут.мин}} Q_{\text{сут.ср}},$$

где  $Q_{\text{сут.мах}}$  и  $Q_{\text{сут.мин}}$  – расходы воды в сутки наибольшего и наименьшего водопотребления соответственно, м<sup>3</sup>/сут;  $K_{\text{сут.мах}}$  и  $K_{\text{сут.мин}}$  – коэффициенты суточной неравномерности водопотребления, максимальный и минимальный соответственно.

*Коэффициенты суточной неравномерности водопотребления* учитывают уклад жизни населения, режим работы предприятий, изменение водопотребления по сезонам года и дням недели и составляют

$$K_{\text{сут.мах}} = 1,1 \dots 1,3 \quad \text{и} \quad K_{\text{сут.мин}} = 0,7 \dots 0,9.$$

*Расчетные часовые расходы воды* в часы наибольшего и наименьшего водопотребления определяются по формулам

$$q_{\text{ч.мах}} = K_{\text{ч.мах}} \cdot Q_{\text{сут.мах}} / 24;$$

$$q_{\text{ч.мин}} = K_{\text{ч.мин}} \cdot Q_{\text{сут.мин}} / 24,$$

где  $q_{\text{ч.мах}}$  и  $q_{\text{ч.мин}}$  – расходы в часы наибольшего и наименьшего водопотребления соответственно, м<sup>3</sup>/ч;  $K_{\text{ч.мах}}$  и  $K_{\text{ч.мин}}$  – коэффициенты часовой неравномерности водопотребления в часы наибольшего и наименьшего водопотребления соответственно, определяются из выражений



$$K_{ч.маx} = \alpha_{маx} \beta_{маx} \quad \text{и} \quad K_{ч.мин} = \alpha_{мин} \beta_{мин},$$

здесь  $\alpha$  – коэффициент, учитывающий степень благоустройства зданий, режим работы предприятий и другие местные условия, принимается  $\alpha_{маx} = 1,2 \dots 1,4$ ;  $\alpha_{мин} = 0,4 \dots 0,6$ ;  $\beta$  – коэффициент, учитывающий число жителей в населенном пункте (табл. 8.2).

Расходы воды на поливку улиц, проездов, площадей и зеленых насаждений в населенных пунктах и на территории промышленных предприятий принимаются в зависимости от типа дорожных покрытий, климатических и грунтовых условий и вида зеленых насаждений в количестве 0,3...15 л на 1 м<sup>2</sup> поверхности.

Таблица 8.2

Значения коэффициента  $\beta$

Коэф- фици- ент	Значения коэффициентов $\beta$ , при числе жителей, тыс. чел.																
	до 0,1	0,15	0,2	0,3	0,5	0,75	1,0	1,5	2,5	4,0	6	10	20	50	100	300	1000 и более
$\beta_{маx}$	4,5	4,0	3,5	3	2,5	2,2	2	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,15	1,1	1,05	1
$\beta_{мин}$	0,01	0,01	0,02	0,03	0,05	0,07	0,1	0,1	0,1	0,2	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,85	1

Расходы воды на производственные (технические) нужды промышленных предприятий определяются технологическим процессом каждого производства или типом установленного оборудования и аппаратуры.

В общем случае расходы воды на производственные нужды определяются из выражения

$$Q_{сут.пр} = q \cdot M \cdot n,$$

где  $Q_{сут.пр}$  – расходы воды на производственные нужды, м<sup>3</sup>/сут;  $q$  – норма расхода воды на производство единицы продукции, м<sup>3</sup>/т;  $M$  – объем продукции за смену, т;  $n$  – количество смен.

При расчете внутреннего водопровода, вводов и внутриквартальных водопроводных сетей расчетные секундные расходы определяются с использованием вероятности действия приборов, а часовые расходы – вероятности использования приборов.

Водопроводная сеть должна обеспечивать подачу воды ко всем точкам ее потребления с нормативными расходом и свободным напором. Напор воды в водоснабжении принято измерять высотой столба воды над поверхностью земли, т.е. в метрах водяного столба (м вод. ст.), или, сокращенно, – в метрах.

Требуемый напор воды для расчетного здания – высота столба жидкости над поверхностью земли в точке подключения к уличной водопроводной сети с учетом всех потерь напора при доставке к диктующей точке – может быть вычислен по формуле

$$H_{тр} = H_r + \Sigma h + H_f,$$

где  $H_{тр}$  – требуемый напор для здания, м;  $H_r$  – геометрическая высота расположения самого высокого (расчетного) водоразборного прибора над поверхностью земли у точки подключения домового ввода, м;  $\Sigma h$  – суммарные потери напора воды на пути ее движения от точки подключения домового ввода до расчетного водоразборного прибора, м;  $H_f$  – напор, необходимый для слива расчетного расхода воды, принимаемый в зависимости от типа санитарного прибора, м, принимается в соответствии с нормами или паспортом прибора.

*Минимальный свободный напор* в сети водопровода населенного пункта при максимальном часовом хозяйственно-питьевом водопотреблении на вводе в здание определяется по формуле

$$H_{св} = 4(n - 1) + 10,$$

где  $H_{св}$  – нормируемый свободный напор у здания, м; 10 – свободный напор при одноэтажной застройке, м; 4 – свободный напор, при большей этажности – на каждый последующий этаж, м;  $n$  – количество этажей.

*Максимальный свободный напор в сети водопровода* (объединенного хозяйственно-питьевого и противопожарного) диктуется устанавливаемым оборудованием в сети и зданиях у потребителя. Обычно устанавливается оборудование, рассчитанное на рабочее давление в 0,6 МПа, что соответствует напору 60 м. В случае превышения напора выше указанного в уличной сети для отдельных зданий, сооружений или зон на вводах устанавливаются регуляторы давления или применяется зонирование систем водопровода. Для промышленных предприятий минимальный свободный напор принимается в зависимости от технологии производства и характера оборудования.

### **8.3. Источники водоснабжения и водозаборные сооружения**

В качестве источников водоснабжения используются подземные и поверхностные воды. Для производственного водоснабжения в промышленных предприятиях могут использоваться очищенные сточные воды населенных пунктов или от других производств.

Для хозяйственно-питьевого водопровода рекомендуется использовать имеющиеся ресурсы подземных вод, причем при их недостаточном запасе должна быть рассмотрена возможность увеличения их за счет искусственного пополнения. Если подземных вод нет или недостаточно, то используются поверхностные источники – реки, озера, водохранилища, моря.

Забор воды из источников осуществляется с помощью водозаборных сооружений.

Водозаборы подземных вод подразделяются на вертикальные (трубчатые, или артезианские, и шахтные колодцы), горизонтальные (лучевые, инфильтрационные и горизонтальные водозаборы) и каптажи.

*Трубчатые колодцы* и скважины находят применение при захвате воды в напорных водоносных пластах, залегающих на глубинах более 10 м. Если фильтр колодца пересекает водоносный пласт на всю мощность, то водозаборы называют совершенными, если же он заглубляется лишь частично, не достигает водоупора, водозаборы называются несовершенными.

*Шахтные колодцы* (круглые или квадратные, диаметром или со сторонами не менее 0,7 м) применяются для забора воды с верхних водоносных слоев (верховодки) и в маломощных водонапорных пластах, залегающих на глубинах до 10 м от поверхности земли. В районах с ограниченным количеством подземных вод шахтные колодцы могут устраиваться глубиной до 30...40 м. Колодцы сооружаются главным образом для небольших расходов воды.

*Лучевые водозаборы* строятся для захвата подземных вод в водоносных пластах, располагающихся на глубине не более 20 м от поверхности земли и мощностью менее 20 м. Как правило, лучевые водозаборы рекомендуется проектировать вблизи рек и водоемов.

*Горизонтальные водозаборы* предназначены для захвата подземных вод при неглубоком залегании и небольшой мощности водоносных пластов путем устройства сборных перфорированных труб и колодцев.

*Инфильтрационные водозаборы* предназначены для захвата поверхностных вод (рек, водохранилищ и озер), фильтрующихся через поровые грунты, но при этом в их питании могут участвовать и подземные воды.

*Каптажные устройства* применяются для захвата подземных вод, имеющих концентрированный выход на поверхность земли в виде ключей или родников.

Водозаборы из поверхностных источников могут быть разделены на речные, озерные, водохранилищные и морские. По взаимному расположению заборных устройств, береговых колодцев и насосных станций первого подъема водозаборы делятся на совмещенные и отдельные. По месту расположения водоприемных отверстий и колодцев – на береговые, русловые, трубчатые, приплотинные, ковшовые, комбинированные и т.д.

#### **8.4. Очистка воды и очистные сооружения**

Природные воды как подземные, так и поверхностные не отвечают по своему составу требованиям, предъявляемым потребителями. Примеси, содержащиеся в воде, могут быть разделены на группы, которые определяют физические, химические, бактериологические и радиоактивные свойства или показатели воды. Если для приготовления воды потребителям до-

статочного удаления избыточных примесей, то процесс называется очисткой, а сооружения – очистными. Если кроме очистки требуется добавление недостающих микроэлементов в воду (или специальной обработки), то процесс называется водоподготовкой.

С целью подготовки воды хозяйственно-питьевого назначения в основном применяются следующие виды ее обработки: отстаивание или осветление, обесцвечивание, оздоровление, стабилизация, кондиционирование и обеззараживание. Лишь в отдельных случаях, в основном при использовании подземных вод, приходится применять такие методы обработки воды, как умягчение, обессоливание, обезжелезивание, обесфторивание и некоторые другие.

Для удаления из воды взвешенных и коллоидных частиц, применяются главным образом два процесса – *осаждение* и *фильтрование*. Эти процессы могут быть как самостоятельными, так и совмещенными, с добавлением в воду химических реагентов и без них. Для осаждения применяются горизонтальные, вертикальные, радиальные полочные отстойники. Для фильтрования применяются фильтры: медленные, скорые, сверхскоростные (в основном для производственных целей), контактные осветлители, контактные фильтры и т.д.

Каждый метод подготовки воды (или улучшения ее качества), как правило, имеет несколько технологических систем и схем. Для ускорения процессов осаждения и фильтрования, а также с целью повышения эффективности протекания этих процессов в воде для ее обработки широко используют химические реагенты.

Оборудование и сооружения по обработке воды располагаются в закрытых зданиях, связанных между собой системой трубопроводов. Эти сооружения называются очистными и могут располагаться рядом с водозаборами, а также рядом с потребителями, т.е. на территории населенных пунктов или промпредприятий.

## 8.5. Насосные станции

Насосные станции обеспечивают подачу воды на очистные сооружения, водонапорные баки и потребителям. По своему назначению и расположению в общей схеме системы водоснабжения насосные станции подразделяются на станции первого, второго (иногда третьего) *подъема*, повысительные станции (подкачки) и *циркуляционные* (на промпредприятиях).

По режиму работы насосов насосные станции могут быть: постоянного, периодического, ступенчатого, сезонного и аварийного действия.

Насосные станции первого подъема (НС-1) располагаются на территории водозаборов и служат для подачи воды на очистные сооружения или регулирующие емкости. Режим работы НС-1 преимущественно постоян-

ный, и работает постоянно один насос, а количество резервных насосов зависит от категории водопотребления; для небольших населенных пунктов или предприятий – периодический, насосы работают во время заполнения водонапорных баков. Насосы могут быть расположены в скважинах, колодцах и береговых сооружениях поверхностных водозаборов, т.е. насосные станции совмещены с водозабором.

Насосные станции второго подъема (НС-2) располагаются на территории водопроводных очистных сооружений и подают в водопроводную сеть чистую воду для распределения по потребителям. Режим работы этих насосов приближают к режиму водопотребления, который сильно зависит от размеров населенного пункта, режима работы предприятий и характера производства. Чем крупнее населенный пункт, тем равномернее водопотребление и тем меньшее количество рабочих насосов необходимо устанавливать в НС-2 для приближения подачи к водопотреблению. Насосы для этого подключаются параллельно, и в течение суток работает одновременно разное количество насосов. В часы наименьшего водопотребления работает один насос, а в часы наибольшего водопотребления – максимальное количество рабочих насосов. Количество резервных насосов зависит от категории водопотребления.

Избыток и недостаток подачи воды насосами компенсируется регулирующими резервуарами, работающими в единой системе с трубопроводами. При избытке подачи вода поступает в напорный резервуар, а при недостатке – из резервуара (бака) вода поступает в водопроводную сеть. В современных условиях работа насосов регулируется автоматическими устройствами, позволяющими регулировать подачу насосов по водопотреблению, из-за чего в крупных населенных пунктах нет водонапорных резервуаров (баков).

Насосные станции третьего подъема (НС-3) устраиваются в тех случаях, когда водозаборы расположены далеко от населенных пунктов, за десятки километров, или перед отдаленными районами крупнейших городов. Режим работы насосов НС-3 должен совпадать с режимом работы НС-2, а для отдаленных районов – приближен к режиму водопотребления обслуживаемого района; для совмещения работы с НС-2 перед ней устраиваются регулируемые резервуары.

Повысительные насосные станции (ПНС), или подкачивающие насосные станции, располагаются у зданий повышенной этажности и высотных зданий для обеспечения требуемого давления в системах внутреннего водопровода этих зданий. ПНС размещают в отдельно стоящих зданиях, совмещают с другими сооружениями подобного типа (с центральным тепловым пунктом, циркуляционной насосной станцией отопления и т.п.) или в подвале здания, если работа насосов не мешает технологиче-

ским процессам в рядом и выше расположенных помещениях (помещения не жилые или с непродолжительным пребыванием людей).

## 8.6. Напорно-регулирующие ёмкости и устройства

Ёмкости, применяемые в системах водоснабжения, можно классифицировать по следующим признакам:

– *по функциональному* – регулирующие (чистой воды, водонапорные колонны и баки, гидропневматические установки), запасные резервы (чистой воды, противопожарные, водонапорные и т.п.) и запасно-регулирующие (чистой воды, водонапорные башни, баки и т.п.);

– *способу подачи воды* – напорные и безнапорные;

– *конструктивному выполнению* – водонапорные башни, водонапорные колонны, подземные и наземные резервуары;

– *применяемым материалам* – железобетонные, пластмассовые и металлические.

Резервуары чистой воды располагаются на территории очистных сооружений и служат для выполнения всех вышеперечисленных функций. Они в основном располагаются под землей.

Водонапорные баки предназначены для обеспечения необходимого напора воды в водопроводной сети и располагаются на возвышенностях, специальной башне (водонапорной) или в зданиях (на чердаке, техническом этаже или башенке).

Противопожарные резервуары устраиваются в тех случаях, когда водопровод не может обеспечить в необходимом объеме воду на тушение пожаров в поселении или на предприятии.

## 8.7. Наружные водопроводные сети

Водопроводные линии подразделяются на *водоводы, транзитные, магистральные и распределительные водопроводные сети.*

Водопроводные сети по начертанию в плане различают на *кольцевые и тупиковые.*

*Тупиковые* водопроводные сети или отдельные линии допускается прокладывать в следующих случаях:

– при подаче воды на производственные цели, если допустим перерыв в водоснабжении предприятия или цеха предприятия;

– при подаче воды на хозяйственно-питьевые цели, если диаметр подающего трубопровода равен или менее 100 мм, т.е. в небольших населенных пунктах.

В системах водоснабжения, как правило, используются *кольцевые сети*, обеспечивающие высокую надежность работы системы.

Как тупиковые, так и кольцевые сети подразделяются на магистральные, сопроводительные и распределительные линии. *Магистральными* называются линии, на которых *транзитный расход*  $Q_{\text{тр}}$ , транспортирующийся по этой линии без раздачи по ходу движения воды, превышает *путевой расход*  $Q_{\text{пут}}$  (распределяющийся по зданиям в линии по ходу движения воды), т.е.  $Q_{\text{тр}} > Q_{\text{пут}}$ ; *распределительными линиями* называются такие, на которых  $Q_{\text{тр}} < Q_{\text{пут}}$ . *Сопроводительные линии*, выполняемые для распределения путевого расхода, диаметром менее 300 мм, делаются параллельно магистральным при транзитном расходе не менее 80 % суммарного расхода  $Q_{\text{сум}}$ , т.е. при  $Q_{\text{тр}} > 0,8Q_{\text{сум}}$  и повышенном давлении в магистральном трубопроводе.

Кроме указанного деления, все водопроводные линии (водоводы и сети) делятся на участки. *Участком* называют отрезок водопроводной сети, в пределах которого расчетный расход, скорость движения воды и материал труб остаются постоянными.

Одной из основных задач проектирования водопроводных линий является выбор схемы размещения водоводов и сетей, т. е. *трассировка линий* на местности. При трассировке водопроводных сетей решается задача увязки направления прокладки с рельефом местности и планировкой территории.

Основными требованиями, диктующими выбор трассы водопроводных линий, являются: охват всех водопотребителей водопроводными линиями; наименьшая стоимость строительства и эксплуатации водоводов и водопроводной сети, для этого подача воды в заданные точки должна осуществляться по кратчайшим направлениям с целью обеспечения наименьшей длины линий; бесперебойная подача воды потребителям как при нормальной работе, так и при возможных авариях на отдельных участках сети водопровода.

Очертание в плане любой сети зависит в основном от следующих факторов:

- конфигурации снабжаемой водой территории;
- планировки объекта (расположения улиц, проездов, парков и т. п.);
- мест расположения на плане наиболее крупных потребителей воды;
- рельефа местности;
- мест расположения используемых источников водоснабжения;
- наличия и расположения естественных и искусственных препятствий.

Число параллельно работающих транзитных магистралей с точки зрения экономики должно быть наименьшим. Наиболее экономичным решением было бы устройство одной мощной магистрали с ответвлениями от нее (т.е. устройство тупиковой сети). Однако требование бесперебойности подачи воды потребителям вызывает необходимость устройства

параллельно включенных магистралей. Обычно число магистралей принимается, исходя из расчета расстояния между ними, равного 300...600 м. Соответственно, расстояние между перемычками принимается равным 400...800 м.

Трасса водопроводных линий должна проходить за пределами проезжей части улиц ближе к красной линии, а при ширине проезжей части более 20 м – по обеим сторонам улицы.

Глубина заложения водопроводных линий при их подземной прокладке устанавливается с учетом предотвращения замерзания воды в трубах в зимний период и нагрева ее в летний период, а также исключения повреждения труб транспортом или другой временной нагрузкой.

Глубина укладки труб, считая до их низа, должна быть больше расчетной глубины промерзания грунта, которая определяется глубиной нахождения нулевой температуры. Глубина промерзания зависит от температуры воздуха в данном районе, характера грунтов, наличия растительного и снежного покрова, условий нагревания поверхности земли солнцем и т.п.

Расчетная глубина промерзания  $H_{п}$  устанавливается на основании многолетних наблюдений за фактической глубиной промерзания в самую холодную и малоснежную зиму. При выборе глубины укладки труб принимается во внимание опыт эксплуатации трубопроводов в данном районе, а также возможные изменения наблюдавшейся ранее глубины промерзания в результате намечаемых изменений в состоянии территории (удаление снежного покрова, устройство усовершенствованных мостовых и т.д.). При отсутствии этих данных глубина промерзания определяется теплотехническими расчетами.

Для сетей, имеющих переменный режим работы и небольшие диаметры, теплотехнические расчеты не проводятся. Глубина заложения трубы (до низа)  $H_{зал}$  принимается на 0,5 м больше расчетной глубины проникновения нулевой температуры  $H_{п}$ .

При определении глубины заложения следует учитывать условия пересечения водопроводных линий с другими подземными сооружениями. В местах пересечений водопровод может быть проложен ниже основной линии.

## **8.8. Устройство сетей и сооружений на них**

**Трубы и арматура.** В современной практике строительства напорных водопроводов применяются пластмассовые, чугунные, стальные, асбестоцементные, бетонные, железобетонные, хризотилцементные, стеклянные и другие трубы. Для безнапорных водопроводных сетей применяются бетонные и железобетонные трубы, открытые каналы из бетона, железобе-



тона, дерева, каналы с земляной одеждой, а также бракованные стальные и чугунные трубы.

Среди множества пластмассовых труб наибольший интерес представляют *полиэтиленовые* и *винилпластовые трубы*. Трубы изготавливаются в отрезках длиной 6, 8, 10 и 12 м диаметром 10...630 мм из полиэтилена высокой плотности, диаметром 10...160 мм из полиэтилена низкой плотности. Для уменьшения толщины стенок пластмассовые трубы в последнее время выпускаются с металлическими прослойками внутри пластиковых поверхностных слоев – *металлопластиковые трубы* под различными товарными названиями

*Чугунные трубы* в зависимости от толщины стенок и испытательного давления подразделяются на три класса: ЛА, А и Б. Соединения таких труб раструбные и раструбно-винтовые. Длины труб, выпускаемых отечественной промышленностью, колеблются в пределах 2...6 м, а диаметры – 65...1000 мм. Также находят применение трубы из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом (ВЧШГ).

Для изменения направления потоков воды, а также их разделения применяются фасонные части: колена, отводы, полуотводы, тройники, крестовины и др.

*Стальные трубы* в водопроводной практике находят применение главным образом при устройстве высоконапорных водопроводов и трубопроводов, подвергающихся воздействию динамических нагрузок.

Для монтажа трубопроводов применяют электрическую или газовую сварку, фланцевые, раструбные и соединения на муфтах. Сварные стыки прочны и герметичны. В настоящее время они нашли наиболее широкое применение. Фланцевые соединения устраиваются при помощи стальных фланцев, либо привариваемых к трубе, либо надеваемых на трубу, с последующей развальцовкой концов труб или наваркой на них опорных колец.

К серьезным недостаткам стальных труб следует отнести подверженность их значительной коррозии как с внутренней стороны (транспортируемой жидкостью), так и с внешней стороны (грунтовыми водами и блуждающими токами). В настоящее время выпускаются стальные трубы со специальным полимерным покрытием с обеих сторон, что позволяет значительно увеличить срок службы труб и сохранять качество транспортируемой воды, а так же расширить область их применения.

*Асбестоцементные трубы*, применяемые при устройстве наружных водопроводов, изготавливаются трех классов (ВТ6, ВТ9 и ВТ12) на максимальное рабочее давление соответственно 0,6; 0,9 и 1,2 МПа. Для соединения труб применяются асбестоцементные муфты или чугунные муфты. Трубы выпускаются условным диаметром 100...500 мм длиной 2950...3950 мм.

*Бетонные и железобетонные трубы* изготавливаются как заводским способом, так и непосредственно на строительных площадках. Трубы могут быть *безнапорными* (бетонные и железобетонные) и *напорными* (железобетонные). По типу стыковых соединений бетонные и железобетонные трубы разделяются на раструбные, фальцевые и муфтовые.

Безнапорные железобетонные трубы изготавливаются условным диаметром  $D_y$  500...2400 мм при их длине 5000 мм, бетонные – 100...1000 мм при длине 1000...2000 мм. Напорные железобетонные трубы изготавливаются методами виброгидропрессования и центрифугирования и выпускаются условными диаметрами 500...1600 мм.

Отдельными предприятиями методом вибрации изготавливаются железобетонные напорные трубы со стальным цилиндром диаметрами 600...1000 мм при длине до 5270 мм и полимержелезобетонные трубы с  $D_y = 300...1500$  мм при длине до 5200 мм.

На водопроводной сети для управления, регулирования подачи, обеспечения требуемых параметров и ремонта устанавливается следующая *арматура*: запорная, регулирующая, водоразборная и предохранительная.

*Запорная арматура* применяется для отключения разводящих линии от магистральных и разделения сети на ремонтные участки. Основные типы запорной арматуры: *вентили, краны, задвижки, затворы*. Для предотвращения гидравлических ударов в трубопроводах на них устанавливается арматура с длительными периодами закрытия и открытия.

К *водоразборной арматуре*, устанавливаемой в наружной сети водопровода, относятся: водоразборные краны и колонки, пожарные гидранты. *Водоразборные колонки* применяются на улицах, где в зданиях отсутствует внутренний водопровод. Они устанавливаются в оживленных местах, на перекрестках улиц и с таким расчетом, чтобы расстояния между ними были не более 200...250 м. К водоразборной арматуре относятся также питьевые фонтанчики и поливочные краны. *Фонтанчики* устанавливаются в парках, садах, на площадях, бульварах и т.п. *Полivочные краны* предназначены для поливки дорожных покрытий, зеленых насаждений и т.д.

*Предохранительные клапаны* используются для предотвращения повышения давления в трубопроводах выше расчетного, например при гидравлических ударах. *Обратные клапаны* устанавливаются на трубопроводах с целью обеспечения движения потоков жидкости в одном направлении. *Вантузы* применяются для выпуска и впуска воздуха в трубопровод при нормальной его эксплуатации, а также при его опорожнении. *Спуски* служат для сброса воды при опорожнении водоводов.

***Сооружения на сети.*** К сооружениям на сети относятся колодцы, упоры, переходы под железными и автомобильными дорогами, дюкеры и др.

*Колодцы* предназначены для размещения задвижек, гидрантов и других видов арматуры и фасонных частей. Они устраиваются из железобето-

на, гофрированных пластмассовых элементов, кирпича, бутобетона и других местных материалов. Если уровень грунтовых вод выше дна колодца, то в колодце с наружной стороны делают гидроизоляцию на 0,5 м выше этого уровня. В районах с низкими наружными температурами в колодцах должны предусматриваться вторые утепленные крышки для создания воздушного теплоизоляционного слоя.

При изменении направления напорных трубопроводов в горизонтальной и вертикальной плоскостях и на концевых участках возникают усилия, превышающие допускаемые усилия в стыковых соединениях. Для восприятия усилий, возникающих на отдельных точках трубопроводов, например на поворотах, устанавливаются *упоры*.

*Переходы* водопроводных линий под железными и автомобильными дорогами I и II категории, а также под городскими магистралями выполняются в футлярах из стальных труб большего диаметра, позволяющего протаскивать трубы на специальных катках. При наличии на трассе дорог, или вблизи них тоннелей, эстакад и путепроводов общего назначения должна быть предусмотрена возможность использования их для прокладки водопроводов. Переходы обычно устраиваются на прямолинейных участках трубопроводов с пересечением полотна железных или автомобильных дорог под углом, близким к прямому. Располагаться они должны в местах с минимальным числом путей, там, где отсутствуют стрелочные переводы, съезды и перекрестки, и не ближе 10 м от опор контактной сети и фундаментов искусственных сооружений.

Пересечение водопроводными линиями водных преград осуществляется с помощью *дюкеров*. Дюкеры из стальных труб укладывают не менее чем в две линии, причем они должны иметь усиленную антикоррозионную изоляцию, защищенную от механических повреждений.

### **Контрольные вопросы**

- 1) Какие источники можно использовать для хозяйственно-питьевого водоснабжения городов, поселков и малых поселений?
- 2) Какие системы и схемы водоснабжения проектируются для предприятий?
- 3) Какие водозаборные сооружения используют для забора воды из реки?
- 4) Чем отличаются очистка и подготовка воды?
- 5) Назовите особенности трассировки водопроводных сетей на улицах и внутри кварталов.
- 6) Назовите основные элементы водоснабжения населенного пункта.
- 7) Какие сооружения и в каких местах устанавливаются на водопроводных сетях?

8) Какое оборудование и где устанавливается в водопроводных сетях?

## 9. КАНАЛИЗАЦИЯ

### 9.1. Сточные воды и их классификация

*Канализация*, или *водоотведение*, – это комплекс инженерных сооружений и устройств, служащих для приема и удаления сточных вод за пределы населенных пунктов и промышленных предприятий, а также для их очистки и обеззараживания. Сточные воды, образующиеся в черте населенных мест и на промышленных предприятиях, можно подразделить на три категории:

1) *хозяйственно-бытовые* – поступающие из унитазов, раковин, ванн и прочих приборов; они образуются в жилых, общественных, коммунальных и некоторых административно-бытовых и промышленных зданиях;

2) *производственные* – образующиеся в результате использования воды в различных технологических процессах производства;

3) *поверхностные (атмосферные или дождевые)* – появляющиеся на поверхности проездов, площадей, крыш и т.д. при выпадении атмосферных осадков, таянии снега и при различных работах на площадках с использованием воды (полив, мойка и т.п.).

Сточные воды всех указанных категорий содержат некоторое количество загрязнений органического и минерального, а так же микробиологического происхождения. Все загрязнения могут находиться в растворенном, коллоидном и нерастворенном состоянии. Наиболее опасными в санитарном отношении являются сточные воды, содержащие большое количество гниющих органических веществ, в том числе фекалии, мочу и различного рода бактерии. Среди микроорганизмов могут находиться и бактерии патогенной группы (болезнетворные).

*Производственные сточные воды* условно можно разделить на загрязненные и малозагрязненные. Вещества, загрязняющие производственные сточные воды, разнообразны и зависят от технологии и вида производства. При высокой степени загрязненности производственных сточных вод, а также при содержании вредных или опасных веществ, они должны быть подвергнуты локальной очистке. Сброс производственных сточных вод в городскую канализацию может быть осуществлён, если состав загрязнений в них допустим для работы канализационных сетей и очистных сооружений города.

Состав сточных вод характеризуется концентрацией загрязнения, т.е. количеством загрязнения в единице объема, которая выражается в миллиграммах на литр или граммах на кубический метр.

Нерастворенные вещества в сточных водах в зависимости от плотности и размеров частиц, а также скорости потока жидкости могут находиться во взвешенном состоянии, волочиться по дну в виде осадков (крупный песок и др.) или всплывать на поверхность потока (жиры, кусочки древесины и др.).

Общее количество взвешенных веществ в бытовых сточных водах по нормам принято 65 г в сутки на 1 человека, а концентрация загрязнения в сточных водах в среднем может составить 180...500 мг/л.

Степень загрязненности сточных вод и воды водоемов органическими веществами можно установить по количеству кислорода, расходуемого на *биохимическое окисление* (в присутствии аэробных микроорганизмов) этих веществ за определенный интервал времени. Биохимическую потребность в кислороде (БПК) обычно определяют за 5 или 20 сут (БПК<sub>5</sub> и БПК<sub>20</sub>), для бытовых сточных вод  $\text{БПК}_5 \cong 0,87 \text{ БПК}_{20}$ . Полное значение БПК должно определяться за 50...100 сут. Однако по величине оно незначительно превышает БПК<sub>20</sub> (на 1...2 %), поэтому на практике можно принимать  $\text{БПК}_{\text{полн}} = \text{БПК}_{20}$ . От одного человека за сутки поступает с бытовыми сточными водами 75 г органических загрязнений по БПК<sub>полн</sub>. В осветленной воде (после отстаивания)  $\text{БПК}_{\text{полн}} = 40$  г/сут на 1 человека, пользующегося канализацией. Концентрация органических загрязнений в неосветленных бытовых сточных водах по БПК<sub>20</sub> в зависимости от нормы водоотведения в среднем составляет 200...600 мг/л.

Часть органических загрязнений не поддается окислению биохимическим методом, и для определения полного количества кислорода, необходимого для окисления всех органических загрязнений сточных вод, применяют химические методы окисления и получают *химическую потребность в кислороде* (ХПК).

В дождевых сточных водах концентрация загрязнений по взвешенным веществам и БПК<sub>полн</sub> может колебаться в широких диапазонах в зависимости от санитарного состояния и степени благоустройства территории, интенсивности движения транспорта, загрязненности воздушного бассейна и других факторов. Ориентировочно можно принимать загрязненность дождевых вод в 5...10 раз меньше по БПК<sub>полн</sub> и в 2...3 раза больше по взвешенным веществам, чем в бытовых сточных водах.

## 9.2. Системы и схемы канализации

Отвод сточных вод за пределы населенных мест и промышленных предприятий осуществляется по трубам и каналам, как правило, самотеком. Насосные станции для перекачки сточных вод устраивают перед очистными сооружениями, если уровень воды на очистных выше, чем в

подводящем коллекторе, или на отдельных участках сети с целью уменьшения глубины заложения самотечных трубопроводов.

В современных городах для удаления сточных вод за пределы их территорий устраивают различные системы централизованной канализации. В зависимости от того, какие категории сточных вод отводит канализационная система, различают следующие системы канализации:

1) *Общесплавная система канализации* – это система, при которой по одной подземной сети труб и каналов отводятся сточные воды всех категорий (бытовые, производственные и поверхностные) за пределы населенных мест. Коллекторы общесплавной канализации имеют большие сечения, в результате чего их строительство требует больших единовременных капиталовложений. Их можно немного уменьшить в тех случаях, когда через *ливнеспуски* часть отводимой смеси сточных вод идёт на сброс в водоемы, а часть будет направлена на очистку в очистные сооружения города.

Общесплавные системы канализации в настоящее время для населенных мест не проектируются.

2) *Раздельная система канализации* может быть полной и неполной. При *полной раздельной* системе прокладывают две или три самостоятельные подземные сети труб и каналов, из которых одна служит для отведения бытовых и загрязненных производственных сточных вод или каждый вид отводится по своим коллекторам, а вторая – для отведения дождевых и малозагрязненных производственных сточных вод. Первая сеть называется *производственно-бытовой* или бытовой, а вторая – *дождевой*. По бытовой сети сточные воды поступают на очистные сооружения, расположенные большей частью за пределами населенных мест. Дождевые воды отводятся по другой сети трубопроводов на специальные очистные сооружения или в ближайший водный поток. В дождевую сеть могут отводиться малозагрязненные производственные сточные воды. Производственные сточные воды могут очищаться на локальных очистных сооружениях, применяться в оборотных системах или в других технологических процессах (системы повторного использования) вплоть до полного использования (бессточные системы).

В том случае, когда при раздельной канализации устраивают только бытовую сеть, а дождевые воды отводят по открытым лоткам и канавам, систему называют *неполной раздельной*.

3) *Полураздельная система* канализации предусматривает строительство двух раздельных сетей (производственно-бытовой и дождевой) и перехватывающего общесплавного коллектора, по которому отводятся на очистку все бытовые производственные и наиболее загрязненная часть дождевых вод. В местах пересечения дождевой сети с перехватывающим об-

щесплавным коллектором устраивают разделительные камеры, в которых регулируется отведение дождевых вод на сброс в водоемы и на очистку.

4) *Комбинированная система* канализации допускает устройство в отдельных районах города различных систем канализации.

Наиболее распространена в России *раздельная система канализации*. Эта система удовлетворительна в экологическом отношении. Ее экономические преимущества состоят в том, что в первую очередь можно строить бытовую сеть, трубы и каналы которой имеют небольшие диаметры, и, следовательно, первоначальные затраты в период строительства будут снижены. Только по мере благоустройства территории объекта прокладывается подземная дождевая сеть. До этого момента дождевые воды отводятся так же, как и при неполной раздельной системе канализации, т.е. по лоткам и кюветам.

Системы канализации внутри зданий, во дворах или на территории кварталов решаются исходя из принятой системы наружной канализации.

В зависимости от состава сточных вод *внутреннюю канализацию* подразделяют на следующие виды:

- *хозяйственно-бытовую*, служащую для отведения из здания бытовых сточных вод; в нее иногда спускают и производственные воды, если их количество сравнительно невелико, а качество позволяет спускать в эту сеть;

- *производственную*, предназначенную для отведения из цехов производственных сточных вод;

- *дождевую* (внутренние водостоки), служащую для отведения дождевых вод с плоских крыш жилых, общественных и производственных зданий.

*Внутренняя хозяйственно-бытовая канализация* состоит из следующих элементов:

- *приёмников сточных вод* (унитазов, раковин, ванн, моек и т.п.);

- *отводных линий* от приёмников сточных вод к стоякам;

- *стояков* с ревизиями и вентиляционными вытяжками (вентилируемые) или без них (невентилируемые);

- *сборных отводных линий*, к которым присоединяются стояки;

- *выпусков*, отводящих сточные воды в дворовую сеть водоотведения (канализации);

- *прочисток* и *ревизий*, используемых для очистки засорившихся участков труб;

- *гидравлических затворов* (сифонов), предназначенных для предотвращения попадания в помещения газов с неприятным запахом. Они устанавливаются под приемниками сточных вод или предусматриваются в конструкции приборов (унитаз, трап).

### 9.3. Определение расчетных расходов

Для определения расчетных расходов необходимо знать количество жителей, проживающих в населенных местах, норму водоотведения и режим поступления сточных вод в сеть.

Нормы водоотведения для населенных мест принимают равными нормам водопотребления (125...280 л/сут на одного жителя в зависимости от степени благоустройства зданий). Удельное водоотведение в неканализованных районах следует принимать 25 л/сут на одного жителя.

Ранее уже говорилось о неравномерности потребления воды. В связи с этим существует и неравномерность ее отведения. Понятия о *коэффициентах часовой* и *суточной неравномерности* в водопроводе и канализации аналогичны. Однако их численные значения будут различными, что связано с условиями движения жидкости и дополнительным поступлением воды в канализационную сеть от сетей центрального горячего водоснабжения и др.

Различают коэффициенты общей *максимальной* и *минимальной неравномерности водоотведения*. Установлено, что неравномерность поступления сточных вод в канализационную сеть зависит от среднего расхода воды, протекающей по ней: чем больше средний расход воды в сети, тем меньше диапазон колебаний расходов по часам суток. Значения коэффициентов неравномерности в зависимости от среднего расхода сточных вод, протекающих по сети, приведены в табл. 9.1.

Таблица 9.1

Значения коэффициентов общей неравномерности водоотведения

$Q_{ср}$ , л/с	Значения коэффициентов общей неравномерности при среднем расходе сточных вод с территорий, л/с								
	5,0	10	20	50	100	300	500	1000	>5000
Максимальный и минимальный при 1%-й обеспеченности									
$K_{gen.max}$	3,0	2,7	2,5	2,2	2,0	1,8	1,75	1,7	1,6
$K_{gen.min}$	0,2	0,23	0,26	0,3	0,35	0,4	0,45	0,51	0,56
Максимальный и минимальный при 5%-й обеспеченности									
$K_{gen.max}$	2,5	2,1	1,9	1,7	1,6	1,55	1,5	1,47	1,44
$K_{gen.min}$	0,38	0,46	0,5	0,55	0,59	0,62	0,66	0,69	0,71
Примечания:									
1) Общие коэффициенты притока сточных вод, приведенные в таблице, допускается принимать при количестве производственных сточных вод, не превышающем 45 % общего расхода.									
2) При средних расходах сточных вод менее 5 л/с максимальный коэффициент неравномерности принимается 3.									
3) Пятипроцентная обеспеченность предполагает возможное увеличение (уменьшение) расхода в среднем 1 раз в течение суток; однопроцентная – 1 раз в течение 5-6 сут									



Для расчета канализационной сети и сооружений на ней, а также для расчета очистных сооружений необходимо знать *расчетные расходы* – средние, максимальные и минимальные суточные, часовые, секундные.

Расходы бытовых сточных вод ( $\text{м}^3/\text{сут}$ ,  $\text{м}^3/\text{ч}$ , л/с) определяют по формулам:

– среднесуточный

$$Q_{u,m} = \frac{Nq}{1000},$$

– среднечасовой

$$Q_{hr,m} = \frac{Q_{u,m}}{24},$$

– максимальный секундный

$$q_{\max} = \frac{Q_{hr,m}}{3600} \quad \text{или} \quad q_{\max} = \frac{NqK_{gen,max}}{24 \cdot 60 \cdot 60},$$

– минимальный секундный

$$q_{\min} = \frac{NqK_{gen,min}}{24 \cdot 60 \cdot 60},$$

где  $Q_{u,m}$  – среднесуточный расход,  $\text{м}^3/\text{сут}$ ;  $Q_{hr,m}$  – среднечасовой расход,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;  $q_{\max}$  – максимальный секундный расход, л/с;  $q_{\min}$  – минимальный секундный расход, л/с;  $N$  – расчетное число жителей в соответствующем жилом районе, чел.;  $q$  – норма водоотведения в соответствующем жилом районе на 1 человека, л/сут;  $K_{gen,max}$  – максимальный коэффициент общей неравномерности;  $K_{gen,min}$  – минимальный коэффициент общей неравномерности.

#### 9.4. Трассировка канализационных сетей

Канализационную сеть обычно устраивают *самотечной*, безнапорной и с неполным заполнением сечения коллектора. Для того чтобы вода протекала с необходимой скоростью, сеть прокладывают с уклоном. При малых уклонах поверхности земли и большом протяжении сети коллекторы приходится заглублять, что значительно удорожает производство работ. Экономически и технически открытым способом целесообразно прокладывать канализационную сеть до глубины 5...6 м. Если сеть уже заглублена до этого предела, то во избежание увеличения глубины на сети целесообразно сооружать *насосную станцию*.

При трассировке канализационных сетей учитывают рельеф местности и вертикальную ее планировку, размещение водных протоков и мест

сброса сточных вод, а также данные гидрогеологических изысканий. На схему канализации влияет также размещение очистных сооружений.

Различают несколько схем трассировки уличной канализационной сети относительно кварталов в зависимости от рельефа местности и вертикальной планировки территории: с *пониженных сторон квартала* (преимущественно) или *объемлющей* (охватывающей квартал со всех сторон).

*Главные и сборные коллекторы* трассируют вдоль рек и тальвегов (линий, соединяющих наиболее пониженные участки речной долины, оврага). По этим коллекторам сточные воды бытовой или общесплавной сети отводят на очистные сооружения.

На общей схеме канализации кроме линий сети отмечают сетевые сооружения: дюкеры, переходы и камеры различного назначения. На схеме намечаются места расположения насосных станций, очистных сооружений и выпусков.

Поверхностные сточные воды могут быть отведены в водоемы и водотоки без очистки или после предварительной очистки в специальных очистных сооружениях. Поверхностные сточные воды могут быть использованы для производственных целей. В первом случае дождевую сеть при проектировании трассируют из расчета выпуска сточных вод в водоем по кратчайшему расстоянию. Во втором случае необходимо проектировать дополнительные сооружения: пруды-накопители, насосные станции, очистные сооружения, места расположения которых также влияют на трассировку сетей.

## 9.5. Основные элементы канализации

*Канализационные насосные станции* служат для перекачки сточных вод на очистные сооружения из заглубленных коллекторов, а также для подъема воды из коллекторов глубокого заложения в коллекторы с меньшим заложением. В первом случае станции называются *главными (бассейновыми или районными)*, во втором – *станциями подкачки* (перекачки). Место расположения насосных станций определяется при проектировании сети.

При насосных станциях предусматриваются *приемные резервуары* или отдельно стоящие емкости. Эти резервуары и емкости необходимы для приема сточных вод, выравнивания режима работы насосов, т.к. сточные воды поступают на станцию неравномерно. Резервуары устраивают совмещенными со зданием станции или отдельно стоящими.

*Канализационные коллекторы.* В практике устройства систем канализации используются трубы и каналы разнообразной формы поперечного сечения. Формы поперечного сечения коллекторов с определенным допущением можно разделить на круглые, сжатые и вытянутые.

*Трубы* с круглой формой поперечного сечения имеют лучшие прочностные характеристики и высокую степень автоматизированного производства при изготовлении, поэтому они получили наиболее широкое распространение.

*Лотки* с сечениями прямоугольной и трапецеидальной формы устраивают обычно на территориях очистных сооружений, дождевых коллекторов, при неполной раздельной канализации, а также для внутрицеховой канализации.

Другие виды сечения коллекторов проектируются при обосновании.

*Очистка сточных вод.* Загрязнения, содержащиеся в сточных водах разных категорий, подразделяются на грубодисперсные (легко задерживаемые в решетках и при отстаивании), коллоидно-растворенные (находящиеся во взвешенном состоянии) и истинно растворенные. Они могут быть органического и минерального происхождения.

Методы очистки сточных вод можно подразделить на механические, химические, физико-химические и биологические.

При *механических методах очистки* из сточных вод выделяются оседающие и всплывающие вещества. В процессе этой очистки можно задержать до 60...80 % нерастворенных загрязнений. Для задержания крупных веществ и отходов (например, бумаги, тряпок и кухонных отходов) служат *сетки и решетки*. Для осаждения твердых частиц, главным образом минерального происхождения (песка, гравия, угля и т.п.), служат *песколовки*, устанавливаемые после решеток. *Отстойники* – основной и наиболее распространенный тип очистных сооружений, возводимых с целью механической очистки сточных вод. В них осаждаются нерастворенные взвешенные вещества как органического, так и минерального происхождения. В некоторых случаях отстойники могут быть заменены более компактными установками: циклонами, центрифугами, флотаторами и т.д.

*Химические методы* позволяют довести эффект очистки сточных вод до 85 % по взвешенным веществам и примерно до 25 % по растворенным. Применение этих методов основано на том, что при введении в сточную воду растворов некоторых реагентов образуются хлопья, способствующие осаждению взвешенных веществ. Химические методы также применяются для нейтрализации сточных вод, химического окисления загрязнений, обеззараживания и т.д.

*Биологические методы* очистки применяются для извлечения из сточных вод мельчайшей взвеси, не оседающей в отстойниках, а также коллоидов и растворенных веществ. В результате биохимических процессов, протекающих в сооружениях этого типа, происходит минерализация органических веществ. Биологическая очистка чаще всего является второй степенью очистки сточных вод.

*Обеззараживание.* Даже при полной биологической очистке ликвидировать бактериальные загрязнения сточных вод не удастся. В сооружениях биологической очистки можно задерживать до 95 % бактерий. Окончательно уничтожить все бактерии можно лишь путем обеззараживания (дезинфекции) воды, поэтому при искусственной очистке сточных вод предусматриваются установки для их дезинфекции (хлором, ультрафиолетовым облучением или другими способами). Продолжительность контакта хлора со сточными водами составляет 30 мин и осуществляется в специальных контактных резервуарах.

*Физико-химические методы* (флотация, сорбция, эвапорация, экстракция, использование мембран, реагентов и др.) применяются в основном для очистки производственных сточных вод, но при высоких требованиях к качеству очищенных стоков могут использоваться и для доочистки городских сточных вод.

Размеры отводимых под очистные сооружения площадей зависят от принятого способа очистки и количества сточных вод, поступающих на очистные сооружения.

Между жилыми кварталами населенного места или пищевыми предприятиями и площадкой очистных сооружений следует предусматривать санитарно-защитную зону, ширина которой зависит от состава очистных сооружений, преобладающего направления ветра и других факторов и принимается в соответствии с нормами не менее 150...500 м в зависимости от состава и производительности сооружений.

## **9.6. Расчет канализационных сетей**

*Основы гидравлического расчета.* Как уже отмечалось, во всех системах канализации сточные воды перемещаются по трубам самотеком. Только трубопроводы от насосных станций и некоторые сетевые сооружения работают полным сечением или под напором.

Наименьшие диаметры труб самотечных сетей следует принимать:

– для уличной сети – 200 мм, внутриквартальной сети, сети бытовой и производственной канализации – 150 мм;

– для дождевой уличной сети – 250 мм, внутриквартальной – 200 мм.

В населенных пунктах с расходом сточных вод до 300 м<sup>3</sup>/сут для уличной сети допускается применение труб диаметром 150 мм. Для производственной сети при соответствующем обосновании допускается применение труб диаметром менее 150 мм.

*Безнапорные (самотечные) канализационные сети* проектируют так, чтобы они работали при частичном наполнении труб (табл. 9.2). Это необходимо по эксплуатационным соображениям (для вентиляции и очистки

сети), а также как резерв на случай изменения режима поступления сточных вод в сеть (или изменения их количества).

Таблица 9.2

Допустимые значения скорости движения воды и наполнения потоком коллекторов

Диаметр $D$ , мм	Наполнение, в долях $D$ , не более	Скорость, м/с, не менее
150...250	0,6	0,7
300...400	0,7	0,8
450...900	0,75	0,9...1,1
1000...1500	0,8	1,2...1,3
Свыше 1500	0,8	1,5

Трубы дождевой (ливневой) и общесплавной канализации принимаются при расчетах работающими полным сечением.

*Расчетные скорости* должны быть такими, чтобы при движении сточной жидкости по трубам из нее не выпадал осадок. Такие скорости называются *минимальными (критическими или самоочищающими)*. Они приведены в табл. 9.2. При больших скоростях происходит быстрый износ стенок труб, истирающихся твердыми частицами, которые содержатся в сточных водах. Наибольшая (максимально допустимая) расчетная скорость движения сточных вод принимается равной 8 м/с для металлических и 4 м/с для неметаллических труб, а для дождевой канализации соответственно 10 и 7 м/с.

*Уклоны труб.* Скорость движения жидкости в трубах зависит от уклона последних. Минимальный уклон труб различного диаметра  $i_{\min}$  может быть вычислен по формулам из гидравлики при подстановке в них минимальной скорости. При подстановке максимальных скоростей могут быть определены максимально допустимые уклоны.

Наименьшие уклоны трубопроводов для всех систем канализации по эксплуатационным требованиям следует принимать для труб диаметром 150 мм – 0,008, для 200 мм – 0,007. В зависимости от местных условий, при соответствующем обосновании, для отдельных участков сети допускается принимать уклоны для труб диаметрами: 150 мм – 0,007; 200 мм – 0,005.

Уклон присоединения от дождеприемников следует принимать 0,02.

Наименьшие уклоны лотков проезжей части, кюветов и водоотводных канав должны быть не менее:

- Лотки, покрытые асфальтобетоном – 0,003;
- Лотки, покрытые брусчаткой или щебеночным покрытием – 0,004;
- Булыжная мостовая – 0,005;
- Отдельные лотки и кюветы – 0,006;
- Водоотводящие канавы – 0,003;
- Полимерные, полимербетонные лотки – 0,001...0,005.

Наименьшие размеры кюветов и канав трапецеидального сечения принимать: ширину по дну – 0,3 м, глубину – 0,4 м.

Наименьшую глубину заложения канализационных трубопроводов необходимо определять теплотехническим расчетом или принимать на основании опыта эксплуатации сетей в данном районе.

При отсутствии данных минимальную глубину заложения лотка трубопровода допускается принимать для труб диаметром до 500 мм – на 0,3 м, а для труб большего диаметра – на 0,5 м менее большей глубины проникания в грунт нулевой температуры. Но во избежание повреждения наземным транспортом глубина заложения до верха трубы или коллектора должна быть не менее 0,7 м от поверхности земли.

Максимальную глубину заложения труб определяют расчетом в зависимости от материала труб, их диаметра, грунтовых условий, метода производства работ.

### **9.7. Сооружения на канализационных сетях**

К канализационным сетевым сооружениям относятся колодцы различного назначения, дождеприемники, ливнеспуски (на сетях общесплавной системы), разделительные камеры, регулирующие резервуары, дюкеры, переходы (под железными и шоссейными дорогами, водными протоками и оврагами, под мостами и пешеходными мостиками), выпуски, вентиляционные устройства.

*Колодцы.* На канализационных сетях для наблюдения за работой сети, а также для прочистки, промывки трубопроводов и ликвидации возможных засорений устанавливают колодцы. Они бывают линейными, поворотными, узловыми и перепадными. Колодцы устанавливают на поворотах трассы, местах изменения диаметра и уклона труб, в месте присоединения притоков и при необходимости устройства перепадов. При трассировке сети необходимо учитывать, что соединение труб в колодце при повороте и боковом присоединении должно быть по направлению основного потока, а угол между притоком и основной магистралью был не больше 90°.

Линейные смотровые колодцы устраивают на прямолинейных участках сетей всех систем на расстояниях, зависящих от диаметра труб (табл. 9.3).

По форме в плане колодцы бывают круглыми и прямоугольными. *Круглые смотровые колодцы*, устанавливаемые на трубопроводах диаметром до 600 мм, имеют внутренний диаметр рабочей части 1 м. Внутри канализационных колодцев жидкость течет по открытым лоткам полукруглого сечения. Канализационные колодцы в настоящее время монтируют из сборных железобетонных элементов, а также из пластмассовых гофриро-

ванных конструкций заводского изготовления. Основная часть колодца – рабочая камера – выполняется из цилиндрических элементов диаметром 1 м при глубине заложения труб до 3 м. При большей глубине размер рабочей камеры увеличивается до 1,5 м для труб диаметром 150...600 мм.

Таблица 9.3

Допустимые расстояния между линейными (смотровыми) колодцами

Диаметры труб, мм	Допустимые расстояния между колодцами, м, не более
150	35
200... 450	50
500... 600	75
700... 900	100
1000...1400	150
1500...2000	200
Свыше 2000	250...300

Высота рабочей части должна быть не менее 1,8...2,0 м. Колодцы имеют горловину диаметром 700 мм и закрываются чугунным люком. Прямоугольные колодцы, устанавливаемые на трубопроводах диаметром 700 мм и более, имеют следующие внутренние размеры (в плане): длину на 0,4 м и ширину на 0,5 м больше внутреннего диаметра трубы или ширины коллектора. Колодцы этого типа можно устанавливать и на трубопроводах меньшего диаметра. В таком случае их размеры принимают равными не менее 1 м.

*Перепадные колодцы* устраивают в местах присоединения к коллекторам притоков с меньшей глубиной заложения. Такие колодцы выполняются по специальным проектам с учетом местных условий.

На *тоннельных коллекторах глубокого заложения*, построенных методом щитовой проходки, где глубина заложения сети обычно более 8 м и диаметры трубопроводов могут достигать 4,5 м, вместо колодцев делают *шахты*. В них могут устраиваться перепады, по которым транспортируются сточные воды от сетей мелкого заложения в глубоководный коллектор.

*Дюкеры*. Для транспортирования сточных вод через реки, овраги и при пересечении канализационной сети с подземными сооружениями служат специальные устройства – дюкеры. Дюкеры через реки устраивают не менее чем в две нитки. Он состоит из входной камеры, линий дюкера (трубопроводов) и выходной камеры. Дюкеры работают полным сечением. Сточные воды в них движутся под давлением столба воды, обусловленным разностью уровней во входной и выходной камерах дюкера.

*Переходы*. Под железными и шоссейными дорогами в зависимости от диаметра канализационного коллектора сооружают переходы из пластмассовых, стальных, чугунных или железобетонных труб. Их конструк-

тивное оформление не отличается от оформления переходов водопроводных линий.

*Выпуски в водоёмы.* Для спуска сточных вод в водоёмы устраиваются выпуски. Они имеют разнообразные конструкции, могут быть сосредоточенными и рассеивающими. *Рассеивающие выпуски* (рассредоточенные) устраивают с целью более эффективного смешения сточных вод с водой водоёма.

*Вентиляция бытовой канализационной сети* осуществляется за счет неполного наполнения коллекторов сточной водой и устройством вентилируемых стояков в зданиях. При этом вытяжными устройствами внутридомовой канализации выносятся газы, выделяемые при микробном разложении сточных вод в трубах внутри зданий, наружных коллекторах и в местах возможного застаивания сточных вод. Специальные вытяжные устройства предусматривают во входных камерах дюкеров, на перепадах. В отдельных случаях может устраиваться искусственная вытяжная вентиляция, когда естественная вентиляция не обеспечивает достаточного воздухообмена.

## **9.8. Дождевая канализация (водостоки)**

Наружная дождевая канализация предназначена для организованного отвода выпавших на территории города или промышленного предприятия атмосферных осадков или талых вод. Если улицы и проезды покрыты усовершенствованной водонепроницаемой мостовой, то необходим быстрый отвод этих вод, т.к. во время сильных ливней возможно затопление улиц и подвалов зданий, расположенных в низких местах. Наружную дождевую (водосточную) сеть устраивают трех типов:

1) открытого типа – дождевые воды отводятся по поверхностям, открытым канавам или лоткам;

2) закрытого типа – дождевая вода поступает с поверхности земли в водоотводные лотки и через дождеприемники в сеть подземных трубопроводов, по которой они и сбрасываются по наикратчайшим расстояниям в ближайшие тальвеги или непосредственно в естественные водоёмы;

3) смешанного типа – сочетание открытой и закрытой сети: отвод поверхностных вод по поверхностям, открытым лоткам до ближайшего дождеприемника, далее вода попадает в уложенный в земле закрытый трубопровод и по нему отводится самотеком к месту выпуска в водоём.

Для отвода атмосферных вод с кровель зданий, а также цехов промышленных предприятий устраивают наружные или внутренние водостоки. От зданий атмосферные осадки отводят в наружную дождевую канализацию по отмосткам, открытым поверхностям, лоткам, проездам на улицы.



*Трассировку дождевой сети* в основном следует выполнять так же, как и бытовой канализации, учитывая, однако, специфические особенности ее работы. Начертание дождевой сети в плане обусловлено рельефом местности, размером территории, схемой планировки, насыщенностью территории подземными путями и др. Трассу для водостоков следует выбирать по наикратчайшим расстояниям. С целью уменьшения размеров каналов подземная водосточная сеть должна иметь выпуски в ближайшие водоемы, тальвеги и овраги.

Как правило, главные коллекторы бассейна нужно трассировать по городским проездам, за исключением тех случаев, когда направление городских проездов не совпадает с тальвегом. Трасса водостока на проезжей части улиц должна быть расположена прямолинейно, параллельно красным линиям, с минимальным числом пересечений с другими подземными сооружениями. При ширине проезжей части до 30 м водосток рекомендуется трассировать по середине или пониженному краю проезда. При ширине проезжей части более 30 м в зависимости от технической и экономической целесообразности коллекторы проектируют по середине или обеим сторонам проезжей части улицы (дублирование).

Место расположения начальных точек закрытой дождевой сети следует определять расчетом с учетом местных условий. Дождеприемники устанавливаются: перед пешеходными переходами, для перехвата воды с проездов от кварталов и в других местах для обеспечения допустимой глубины потоков по краям проезжей части улиц. Расстояние между дождеприемниками зависит от уклонов улицы, высоты бордюрного камня, площади стока кварталов и характера застройки. Расстояния между дождеприемниками принимаются расчетом, но не должны превышать значений, приведенных в табл. 9.4.

Таблица 9.4

Наибольшие расстояния между дождеприемниками

Уклон улицы	Наибольшие расстояния между дождеприемниками, м
До 0,004	50
Более 0,004 до 0,006	60
Более 0,006 до 0,01	70
Более 0,01 до 0,03	80
Примечание – При ширине улицы более 30 м расстояние между дождеприемниками не более 60 м	

При строительстве водостоков в настоящее время применяют пластмассовые, асбестоцементные и железобетонные трубы в зависимости от необходимого диаметра. Для монтажа дождеприемников и колодцев применяются сборные железобетонные элементы. Приемные решетки обычно

делают прямоугольными или круглыми и устанавливают в проезжей части на 2...3 см ниже поверхности лотка, длинной стороной вдоль лотка.

Из дождеприемника дождевая вода поступает в закрытый водосток по соединительной ветке диаметром не менее 200 мм, закладываемой в низовой части дождеприемника.

### **Контрольные вопросы**

- 1) Какие системы канализации проектируют в городах и какие в малых поселениях?
- 2) Как трассируются уличные канализационные сети?
- 3) Из каких элементов состоят канализационные сети и коллекторы?
- 4) Как вы представляете общую схему канализации населенного пункта?
- 5) Где на улице размещают канализационные сети?
- 6) Назовите основные элементы канализационных очистных сооружений города.
- 7) Назовите принципы размещения канализационных очистных сооружений в городах и сельских населенных пунктах.
- 8) Какие канализационные насосные станции бывают в населенных пунктах?
- 9) Назовите сооружения в канализационных сетях.
- 10) Назовите основные элементы наружной дождевой канализации.
- 11) Как отводятся поверхностные воды с территории жилых кварталов?

## **10. ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ**

### **10.1. Системы и схемы теплоснабжения**

*Теплоснабжение* представляет собой комплекс инженерных сооружений, предназначенных для снабжения теплом жилых, общественных и промышленных зданий и сооружений с целью обеспечения коммунально-бытовых потребностей (отопление, вентиляция, горячее водоснабжение) и технологических нужд потребителей.

Различают местное, локальное и централизованное теплоснабжение. Система *местного* теплоснабжения обслуживает одного потребителя, т.е. квартиру, частный дом или небольшое предприятие.

*Локальная система* – одно или несколько зданий, смежно или недалеко расположенных, обслуживаются котельной установкой, расположенной в этом здании (в подвале, на верхнем этаже, крыше или в пристроен-

ном помещении) или в отдельно стоящем здании. При этом теплоноситель подается с параметрами, требуемыми потребителями без изменения.

*Системы централизованного теплоснабжения* обслуживают множество потребителей: жилые, общественные и промышленные зоны или весь населенный пункт.

Централизованное теплоснабжение (ЦТ) по сравнению с местным имеет целый ряд преимуществ:

- возможность использования нескольких видов топлива;
- значительное снижение расхода топлива и эксплуатационных затрат за счет автоматизации установок и повышения их КПД;
- уменьшение степени загрязнения воздушного бассейна и улучшение санитарного состояния населенных пунктов благодаря применению современных устройств по очистке дымовых газов;
- возможность использования низкосортных видов топлива;
- уменьшение пожарной опасности.

Основными недостатками централизованных систем являются:

- занятие под тепловые сети территории участков улиц или ограничение в их использовании;
- большая доля тепловых потерь при транспортировке;
- необходимость в дополнительном регулировании параметров теплоносителя или в использовании вторичного теплоносителя;
- потребность в дополнительном оборудовании.

В некоторых конкретных случаях местная и локальная системы могут оказаться более технологичными и экономичными, например, в системах с использованием местных газовых и электронагревательных устройств (электрическое отопление, электрические и газовые водонагреватели, домовые котельные и т.д.). В этом случае отпадает необходимость в прокладке теплотрасс и строительстве ряда устройств.

Система ЦТ включает источник тепла, тепловую сеть, тепловые пункты и теплопотребляющие здания, сооружения и промышленные установки.

*Источниками тепла* при ЦТ могут быть мощные теплоэлектроцентрали (ТЭЦ), газотурбинные станции, на которых осуществляется комбинированная выработка электрической и тепловой энергии (теплофикация); котельные установки большой мощности (районные или центральные), вырабатывающие только тепловую энергию: устройства для утилизации тепловых отходов промышленности; установки для использования геотермальных источников, солнечной энергии и т.п.

В системах местного теплоснабжения *источниками тепла* служат печи, водогрейные котлы, тепловые насосы, преобразователи энергии и различные водонагреватели, использующие избыточное тепло промышленных предприятий, солнечную энергию и т.п.

*Теплоносителями* в системах ЦТ крупных городов обычно является перегретая вода с температурой до 150 °С, а в крупнейших городах – пар с температурой до 440 °С и давлением до 6,2 МПа. Вода обычно служит для обеспечения коммунально-бытовых нагрузок, а пар – технологических. Выбор температуры теплоносителя определяется экономическими расчетами и требованиями потребителей. С увеличением дальности транспортирования тепла рекомендуется повышать параметры теплоносителя.

Использование теплоты в системах теплоснабжения связано с сезонами года. Часть потребителей теплоты зависит от климатических условий (системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха), а часть – не зависит (системы бытового горячего водоснабжения, технологического пароснабжения и горячего водоснабжения). От преобладания тех или иных тепловых потоков зависит во многом выбор систем и схем теплоснабжения.

В централизованных системах теплоснабжения на общую тепловую сеть могут работать несколько источников тепла, что повышает надежность работы системы (с точки зрения обеспечения потребителей теплом), ее маневренность и экономичность, но в некоторой степени усложняет работу ее в гидравлическом плане – увеличивается вероятность возникновения гидравлических ударов при изменении направления движения потоков теплоносителя в трубопроводах. Поэтому на границах зон действия источников тепла устанавливаются запорные устройства с дистанционным управлением, позволяющим с диспетчерского пункта переключать тепловые сети, при необходимости, на другой источник.

## **10.2. Классификация систем центрального теплоснабжения**

Потребители теплоты по надежности теплоснабжения делятся на три категории:

*Первая категория* – потребители, не допускающие перерывов в подаче расчетного количества теплоты и снижения температуры воздуха в помещениях ниже предусмотренных нормами. Например, больницы, родильные дома, детские дошкольные учреждения с круглосуточным пребыванием детей, картинные галереи, химические и специальные производства, шахты и т.п.

*Вторая категория* – потребители, допускающие снижение температуры в отапливаемых помещениях на период ликвидации аварии, но не более 54 ч, например, жилые и общественные здания (допускается снижение температуры до 12 °С); промышленные здания (допускается снижение температуры до 8 °С).

*Третья категория* – остальные потребители.

В системах ЦТ для отопления, вентиляции и горячего водоснабжения жилых, общественных и производственных зданий в качестве тепло-

носителя следует, как правило, принимать воду. Следует также проверять возможность применения воды как теплоносителя для технологических процессов.

При расчете графиков температур сетевой воды в системах ЦТ начало и конец отопительного периода принимается при среднесуточной температуре наружного воздуха  $+8\text{ }^{\circ}\text{C}$  в течение пяти суток.

*Регулирование* отпуска теплоты предусматривается: центральное – на источнике теплоты, групповое – в центральном тепловом пункте (ЦТП), индивидуальное – в индивидуальном тепловом пункте (ИТП) и автоматизированном узле учета (АУУ).

Применение для предприятий в качестве единого теплоносителя пара для технологических процессов, отопления, вентиляции и горячего водоснабжения допускается при технико-экономическом обосновании.

Основным критерием регулирования является поддержание температурного и гидравлического режима у потребителя тепла.

На источнике тепла следует предусматривать следующие способы регулирования:

- *количественное* – изменение в зависимости от температуры наружного воздуха, расхода теплоносителя в тепловых сетях на выходных задвижках источника теплоты;

- *качественное* – изменение в зависимости от температуры наружного воздуха, температуры теплоносителя на источнике теплоты;

- центральное *качественно-количественное* по совместной нагрузке отопления, вентиляции и горячего водоснабжения – путем регулирования на источнике теплоты как температуры, так и расхода сетевой воды.

По *способу присоединения* установок отопления различают зависимые и независимые системы. В *зависимых системах* теплоноситель поступает непосредственно из тепловой сети в отопительные установки потребителей. В *независимых системах* – в промежуточный теплообменник, установленный в тепловом пункте, где он нагревает вторичный теплоноситель, который циркулирует в местной установке потребителя.

В зависимости от способа присоединения установок горячего водоснабжения системы теплоснабжения подразделяются на закрытые и открытые. В *закрытых системах* на горячее водоснабжение поступает вода из холодного водопровода, нагретая в теплообменниках, устанавливаемых в тепловых пунктах, до требуемой температуры (обычно до  $50\text{...}70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) водой из тепловой сети. В *открытых системах теплоснабжения* горячая вода подается потребителю непосредственно из тепловой сети (непосредственный водоразбор) или через гидроэлеватор с понижением температуры до требуемой путём смешения горячей воды с циркуляционной (охлажденной). В этом случае не всегда обеспечивается качество воды, т.к. вода предварительно проходит через систему теплоснабжения зданий.

В независимых системах теплоснабжения системы потребителей гидравлически изолированы от тепловой сети. Такие системы находят применение преимущественно в крупнейших городах. Это связано с повышенными требованиями к надежности подобных систем, а также с тем, что давление в тепловой сети является слишком высоким для теплотребляющих установок по условиям их прочности, или, наоборот, с тем, что статические давления, создаваемые в теплотребляющих установках (в высотных зданиях), неприемлемы для условий работы тепловой сети.

Закрытые системы являются более благоприятными с точки зрения удовлетворения качественных показателей воды. В них исключается коррозия внутренних поверхностей трубопроводов, вода нагревается только до температуры 50...60 °С, требуемой для горячего водоснабжения, и до 95...105 °С – для отопления в наиболее холодные дни. В открытых системах вода, расходуемая потребителями, а также вода, теряемая в сетях в результате утечки ее через неплотности, должны компенсироваться химически подготовленной водой. Это осуществляется на станциях химической водоподготовки. В таком случае вода должна соответствовать требованиям, предъявляемым к питьевой воде.

По числу *трубопроводов*, используемых для переноса теплоносителя, различают одно-, двух- и многотрубные системы теплоснабжения. *Однотрубные системы* применяются в тех случаях, когда теплоноситель полностью используется потребителями и обратно не возвращается (например, в паровых системах без возврата конденсата или в открытых системах горячего водоснабжения, в которых вода полностью разбирается потребителями). В *двухтрубных системах* теплоноситель полностью или частично возвращается в источник тепла, где он подогревается и восполняется. *Многотрубные системы* устраиваются при необходимости выделения отдельных типов тепловых потоков (например, отдельные системы отопления и горячего водоснабжения). Применение многотрубных систем упрощает регулирование отпуска тепла, способы присоединения потребителей к тепловым сетям, а также их эксплуатацию.

Наибольшее распространение в России получили *двухтрубные системы*: они обеспечивают подачу и возврат теплоносителя к источнику тепла, а также достаточно выгодны в экономическом отношении. *Однотрубные* и *трехтрубные* тепловые сети применяются в некоторых зданиях и сооружениях только при соответствующем технико-экономическом обосновании.

С точки зрения гигиенических требований и затрат на подготовку воды наиболее приемлемыми являются системы с водяным теплоносителем, т.к. в них плавно и централизованно можно регулировать параметры системы в зависимости от изменяющихся условий.

### 10.3. Тепловые пункты

Тепловые пункты (ТП) в зависимости от назначения делятся на *индивидуальные* (ИТП), предназначенные для присоединения систем отопления, вентиляции, горячего водоснабжения и технологических теплоиспользующих установок для одного здания или его части, и *центральные тепловые пункты* (ЦТП) – для двух и более зданий при необходимости установки циркуляционных и повысительных насосов и другого оборудования.

По размещению на генеральном плане ТП подразделяются на отдельно стоящие, пристроенные к зданиям и сооружениям и встроенные в здания и сооружения.

В тепловых пунктах предусматривается размещение оборудования, арматуры, приборов контроля, управления и автоматизации, посредством которых осуществляются:

- преобразование вида теплоносителя или его параметров;
- контроль параметров теплоносителя;
- учет тепловых нагрузок, расходов теплоносителя и конденсата;
- регулирование расхода теплоносителя и распределение по системам потребления теплоты (через распределительные сети в ЦТП или непосредственно в системы ИТП);
- защита местных систем от аварийного повышения параметров теплоносителя;
- заполнение и подпитка систем потребления теплоты;
- сбор, охлаждение, возврат конденсата и контроль его качества;
- аккумулирование теплоты;
- подготовка воды для систем горячего водоснабжения.

Устройство ИТП для каждого здания обязательно независимо от того, имеется или отсутствует ЦТП; при этом в ИТП предусматриваются только те мероприятия, которые необходимы для присоединения данного здания и отсутствуют в ЦТП.

Для промышленных и сельскохозяйственных предприятий, когда теплоснабжение осуществляется от внешних источников теплоты, а число зданий более одного, ЦТП проектируются в обязательном порядке. Для жилых и общественных зданий необходимость устройства ЦТП обосновывается технико-экономическими расчетами.

В помещениях ТП разрешается размещать оборудование санитарно-технических систем зданий и сооружений, в том числе повысительные насосные установки, подающие воду на хозяйственно-питьевые и противопожарные цели.

## 10.4. Трассировка тепловых сетей

*Водяные тепловые сети* надлежит проектировать, как правило, двухтрубными, подающими одновременно теплоту на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение и технологические нужды.

*Многотрубные* и *однотрубные* магистральные тепловые сети допускается применять при технико-экономическом обосновании.

*Многотрубные* распределительные тепловые сети следует прокладывать после ЦТП при наличии у потребителей системы централизованного горячего водоснабжения, а также при различных температурных графиках в системах отопления, вентиляции и технологических потребителей при независимом присоединении.

Схема и конфигурация тепловых сетей должны обеспечивать тепло-снабжение на уровне заданных показателей надежности путем:

- применения наиболее прогрессивных конструкций и технических решений;
- совместной работы нескольких источников теплоты;
- прокладки резервных теплопроводов;
- устройства перемычек между тепловыми сетями смежных тепловых районов.

Для трассировки тепловой сети города или его района необходимы следующие исходные данные:

- план города в масштабе от 1:2000 до 1:25 000;
- сводная таблица часовых максимальных расходов тепла потребителями города или района с перспективой развития его на 15...20 лет;
- данные распределения тепла по отдельным видам потребителей теплоты: на бытовое горячее водоснабжение, отопление, технологическое горячее водоснабжение и другие нужды промышленных и коммунальных предприятий за каждую смену.

По своему назначению тепловые сети делятся на *магистральные*, *распределительные* и *внутриквартальные*.

*Магистральные тепловые сети* представляют собой участки, несущие основную тепловую нагрузку и соединяющие источники теплоты с крупными тепловыми потребителями. *Распределительные* или *межквартальные сети* транспортируют теплоту от тепловых магистральных сетей к объектам теплоснабжения. Они отличаются от магистральных сетей, как правило, меньшим диаметром и длиной. *Внутриквартальные сети* ответвляются от распределительных или непосредственно от магистральных тепловых сетей и заканчиваются в ТП потребителей теплоты. Они несут только ту тепловую нагрузку, которую имеет этот потребитель теплоты. Нагрузка распределительных сетей отличается большей часовой и



суточной неравномерностью потребления теплоты по сравнению с нагрузкой магистральных сетей.

Трассировку сетей города начинают с магистральных сетей, ее начертание оказывает существенное влияние на построение распределительных и внутриквартальных сетей, на их протяженность и надежность подачи теплоты потребителям. Для правильного выбора трассы тепловых сетей необходимо выполнение следующих условий:

- магистральные сети следует прокладывать вблизи центров тепловых нагрузок;
- трассы должны иметь кратчайшие расстояния;
- тепловые сети не следует прокладывать в грунтах в затопляемых районах городов и промышленных предприятий;
- намеченные трассы не рекомендуется располагать на месте намечаемой застройки, а также они не должны мешать работе транспортной системы города;
- трассировка систем теплоснабжения должна обеспечивать удобства при проведении ремонтных работ;
- выбранный вариант трассы тепловых сетей должен иметь наименьшую стоимость при строительстве и эксплуатации и обладать высокой надежностью;
- подземную прокладку тепловых сетей не следует намечать вдоль электрифицированных железнодорожных и трамвайных путей во избежание электрической коррозии металлических трубопроводов;
- в вечномёрзлых грунтах прокладка тепловых сетей должна быть только наземной. Это правило необходимо соблюдать и при прокладке сетей в солончаковых грунтах, т.к. в весенне-осенний период во время намокания такого грунта усиливается его коррозионное действие.

В населенных пунктах для тепловых сетей предусматривается, как правило, подземная прокладка (бесканальная, в каналах или в тоннелях (коллекторах) совместно с другими инженерными сетями).

При обосновании допускается надземная прокладка тепловых сетей, кроме территорий детских и лечебных учреждений.

Магистральные тепловые сети по конфигурации делятся на *тупиковые* и *кольцевые*. Общая протяженность магистралей тупиковых сетей значительно короче кольцевых, но надежность кольцевых сетей значительно выше, чем тупиковых. В кольцевых сетях легче и быстрее выравниваются потери давления, возникающие при разной нагрузке систем теплоснабжения, особенно в период аварийных отключений отдельных участков. Подача тепла потребителям в кольцевых сетях является более надежной, чем в тупиковых, при ремонте отдельных участков или авариях на них.

Для трубопроводов тепловых сетей следует предусматривать стальные электросварные трубы или бесшовные стальные трубы.

Трубы из ВЧШГ рекомендуется применять для тепловых сетей при температуре воды до 150 °С и давлении до 1,6 МПа включительно.

На трубопроводах следует предусматривать устройство штуцеров с запорной арматурой условным проходом 15 мм для выпуска воздуха в высших точках всех трубопроводов и условным проходом не менее 25 мм для спуска воды в низших точках трубопроводов воды и конденсата; также допускается установка автоматических воздухоотводчиков, присоединенных к трубопроводу через запорную арматуру.

Допускается устройство для спуска воды выполнять не в прямке ЦТП, а за пределами ЦТП в специальных камерах с последующим самоотечным водоудалением в приемные колодцы.

Для трубопроводов тепловых сетей при рабочем давлении пара 0,07 МПа и ниже и температуре воды 135 °С и ниже при давлении до 1,6 МПа включительно допускается применять неметаллические трубы, разрешенные к использованию в соответствии с действующим законодательством и санитарными нормами и правилами.

При проектировании тепловых сетей из неметаллических труб их расчетный срок службы должен составлять не менее 30 лет.

## 10.5. Расчет тепловых сетей

Нагрузки для тепловых сетей по системам горячего водоснабжения при известной площади зданий определяются согласно генеральным планам застройки районов по удельным тепловым характеристикам.

Расчетные потери теплоты в тепловых сетях следует определять как сумму тепловых потерь через изолированные поверхности трубопроводов и с потерями теплоносителя.

Расчетный расход тепловой энергии на отопление и горячее водоснабжение жилых и некоторых общественных зданий при разработке генплана населенного пункта или микрорайона может быть определен по удельным нагрузкам максимального теплового потока.

Максимальный тепловой поток на отопление зданий  $Q_{o.max}$ , Вт, определяется по формуле

$$Q_{o.max} = q_o A,$$

где  $q_o$  – удельный показатель максимальной тепловой нагрузки на отопление и вентиляцию жилых домов, Вт/м<sup>2</sup>, принимается в зависимости от года постройки и этажности жилого здания по табл. 10.1;  $A$  – суммарная площадь помещений здания, м<sup>2</sup>.

Максимальный тепловой поток на горячее водоснабжение жилых и общественных зданий

$$Q_{h.max} = 2,4 Q_{h.m},$$

где  $Q_{h.max}$  – максимальный тепловой поток на горячее водоснабжение, Вт;  
 $Q_{h.m}$  – средний тепловой поток на горячее водоснабжение в сутки, средний за неделю в отопительный период, Вт, определяемый по формуле

$$Q_{h.m} = q_h m,$$

здесь  $q_h$  – укрупненный показатель среднего теплового потока на горячее водоснабжение на одного человека, можно принять 306 Вт на 1 чел. для жилых домов, оборудованных умывальниками, мойками и ваннами;  
 $m$  – расчетное количество потребителей горячей воды, чел.

Для подбора труб теплопроводов вычисляется расход теплоносителя по формуле

$$G = \frac{3,6 Q_d}{c(\tau_1 - \tau_2)},$$

где  $G$  – расход теплоносителя, кг/ч;  $Q_d$  – тепловая нагрузка участка теплопровода; Вт;  $c$  – удельная теплоемкость воды, равная 4,187 кДж/(кг·°С);  $\tau_1$  и  $\tau_2$  – температура теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах, °С.

В многоэтажные здания с открытой схемой подключения систем отопления и горячего водоснабжения тепловая энергия  $Q_d$  подается для отопления и горячего водоснабжения с температурой теплоносителя  $\tau_1$  до 150 °С. При этом

$$Q_d = Q_{o.max} + Q_{h.max}.$$

Температура в обратном трубопроводе (охлажденного теплоносителя) в расчетах принимается 70 °С.

Таблица 10.1

Удельные показатели максимальной тепловой нагрузки на отопление и вентиляцию жилых домов

Этажность жилых зданий	Удельные показатели максимальной тепловой нагрузки на отопление и вентиляцию жилых домов, Вт/м <sup>2</sup> , при расчетной температуре наружного воздуха для проектирования отопления, °С										
	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50	-55
<i>l</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Для зданий строительства до 1995 г.											
1-3-этажные одноквартирные отдельностоящие	146	155	165	175	185	197	209	219	228	238	248
2-3-этажные одноквартирные блокированные	108	115	122	129	135	144	153	159	166	172	180
4-6-этажные кирпичные	59	64	69	74	80	86	92	98	103	108	113

Продолжение табл. 10.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4-6-этажные панельные	51	56	61	65	70	75	81	85	90	95	99
7-10-этажные кирпичные	55	60	65	70	75	81	87	92	97	102	107
7-10-этажные панельные	47	52	56	60	65	70	75	80	84	88	93
Более 10 этажей	61	67	73	79	85	92	99	105	111	117	123
Для зданий строительства после 2010 г.											
1-3-этажные многоквартирные отдельно стоящие	65	66	67	70	73	78	83	87	91	93	94
2-3-этажные многоквартирные блокированные	49	49	50	52	58	64	69	73	77	79	80
4-6-этажные	40	41	42	44	49	55	59	64	67	71	74
7-10-этажные	36	37	38	40	43	48	54	57	60	64	67
11-14-этажные	34	35	36	37	41	45	50	53	56	59	62
Более 15 этажей	31	32	34	35	38	43	47	50	53	56	58
Для зданий строительства после 2015 г.											
1-3-этажные многоквартирные отдельно стоящие	60	61	62	64	67	72	77	81	84	85	86
2-3-этажные многоквартирные блокированные	47	48	49	51	55	59	64	67	71	73	74
4-6-этажные	37	38	40	42	45	49	55	59	64	66	69
7-10-этажные	34	35	36	37	40	42	48	52	56	59	62
11-14-этажные	31	32	33	35	37	41	45	49	52	55	57
Более 15 этажей	30	31	32	33	36	40	43	47	50	52	55

К зданиям повышенной этажности от ЦТП подводятся четыре теплопровода: подающий и обратный (охлажденного теплоносителя) на отопление, горячее водоснабжение и циркуляционный трубопровод горячего водоснабжения с температурой теплоносителей соответственно 105, 70, 50 и 45 °С.

Суммарные потери давления на участке определяются как сумма потерь давления на трение и потерь на местных сопротивлениях по известным программам, или формулам из гидравлики, или по таблицам гидравлического расчёта теплопроводов.

Эквивалентную шероховатость внутренней поверхности стальных труб следует принимать: для паровых тепловых сетей 0,0002 м; для водяных тепловых сетей 0,0005 м; для сетей горячего водоснабжения 0,001 м.

При применении в тепловых сетях трубопроводов из других материалов значения эквивалентных шероховатостей допускается принимать при подтверждении их фактической величины испытаниями с учетом срока эксплуатации.

Диаметры подающего и обратного трубопроводов двухтрубных водяных тепловых сетей при совместной подаче теплоты на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение рекомендуется принимать одинаковыми.

Наименьший внутренний диаметр труб должен приниматься в тепловых сетях не менее 32 мм, а для циркуляционных трубопроводов горячего водоснабжения – не менее 25 мм.

## 10.6. Устройство тепловых сетей

*Трубы, их соединения и виды прокладки.* Для тепловых сетей наибольшее распространение получили стальные электросварные, стальные бесшовные трубы. Кроме названных металлических труб, в последние годы находят применение неметаллические трубы. Для прокладки тепловых сетей могут быть использованы асбестоцементные, железобетонные с пластмассовым покрытием трубы. Пластмассовые трубы могут быть применены в системах теплоснабжения с температурой теплоносителя до 110 °С. В системах с более высокой температурой применение пластмассовых труб требует специальных материалов.

Стальные трубы соединяются, как правило, сваркой. Этот вид соединения по прочностным свойствам не уступает прочности самих труб. Пластмассовые трубы также преимущественно соединяются на сварке. Но для присоединения арматуры и оборудования применяются специальные вставки с фланцевыми элементами.

Трубопроводы тепловых сетей прокладываются параллельно рельефу местности с уклоном не менее 0,002. В нижних точках тепловых сетей предусматриваются специальные камеры с устройством спусков для слива воды, в верхних точках – воздушных кранов для выпуска воздуха при заполнении сети и впуска при опорожнении.

Прокладка тепловых сетей может осуществляться под землёй в *проходных, полупроходных и непроходных каналах*, а также быть *надземной*. Первый вид прокладки широкого использования не нашел, хотя применение его целесообразно в крупных городах. В таких каналах (коллекторах) прокладывается большая часть инженерных подземных городских сетей.

теплопроводы, водопроводы, силовые и осветительные кабели, кабели связи и др.

Размеры *проходных каналов* выбираются таким образом, чтобы они обеспечивали свободное обслуживание всех трубопроводов и оборудования (задвижки, сальниковые компенсаторы, дренажные устройства, контрольно-измерительные приборы (КИП), вантузы и т.п.). Такие каналы оборудуются вентиляцией с целью поддержания температуры воздуха не выше 30 °С, электрическим освещением (напряжение до 30 В) и устройствами для быстрого отвода воды из каналов. Проходные каналы рекомендуется устраивать под основными городскими магистралями с усовершенствованными дорожными покрытиями. Ширина прохода в свету в тоннелях должна приниматься равной диаметру наибольшей трубы плюс 100 мм, но не менее 1000 мм. Проходные каналы требуют значительных капитальных затрат, но с точки зрения эксплуатации они являются наиболее приемлемыми.

В случаях, когда количество прокладываемых трубопроводов невелико, но доступ к инженерным сетям необходим, устраиваются *полупроходные каналы*. Размеры этих каналов выбирают таким образом, чтобы была возможность прохода человека в полусогнутом состоянии. С учетом этого обстоятельства высота каналов должна быть не менее 1400 мм.

Прокладка теплопроводов в настоящее время преимущественно осуществляется в *непроходных каналах*, непосредственно в грунтах (*бесканальная прокладка*) и *на опорах* по выровненной поверхности земли.

*Надземная прокладка* может осуществляться на низких (высотой 0,3...1,2 м) и высоких опорах (высотой 2 м и более). Этот вид прокладки применяется на резервных территориях населенных пунктов, производственных предприятиях, в районах вечной мерзлоты и в других случаях при достаточном обосновании.

При *бесканальной прокладке* трубопроводы со специальной жесткой тепловой изоляцией укладываются непосредственно в грунт на специальную подготовку. На строительную площадку трубопроводы поступают уже с тепловой изоляцией, а на месте монтажа выполняется изоляция только стыков. Если на трассе тепловых сетей имеются грунтовые воды с высоким уровнем воды, то предусматривается *водопонижение* (дренаж). С этой целью параллельно теплопроводам прокладываются дренажные трубопроводы, которые и удаляют грунтовые воды. Уклон труб попутного дренажа должен быть не менее 0,003, причем он может не совпадать с уклоном тепловых сетей.

*Глубину заложения тепловых сетей* при прокладке в каналах принимают не менее 0,5 м до верха перекрытий каналов, при бесканальной – не менее 0,7 м до верха изоляционной оболочки трубопровода.

В *проходных, полупроходных и непроходных каналах* трубопроводы покрываются изоляцией. Изоляция осуществляется сравнительно просто – нанесением теплоизоляционного слоя непосредственно на трубопровод или поверх его покровного гидрофобного рулонного материала.

Вид материалов и изделий для основного теплоизоляционного слоя, применяемых для изоляции трубопроводов тепловых сетей: битумоперлит, битумокерамзит, битумовермикулит, пенополиуретан, пенополимербетон, фенольный поропласт, армопенобетон, маты и плиты минераловатные и др.

С целью предохранения теплоизоляционных конструкций теплопроводов от внешних воздействий рекомендуется применять различные защитные покрытия. Особенно тщательно следует изолировать теплоизоляционные конструкции теплопроводов при их наземной прокладке. В этом случае применяются алюминиевые или из его сплавов листы, тонколистовая сталь, сталь листовая углеродистая общего назначения, стеклопластик рулонный, армопластмассовые материалы и др.

При подземной прокладке для размещения теплопроводов, компенсаторов, воздушников, выпусков, дренажей и других видов арматуры и КИП, а также их обслуживания устраиваются *надземные навильоны* или *подземные камеры*.

*Камеры тепловых сетей* могут быть сборными железобетонными, монолитными и кирпичными. Высота камер должна быть не менее 2 м. Число люков при площади камеры до 6 м<sup>2</sup> принимается не менее двух, а при площади более 6 м<sup>2</sup> – четырех. В камерах предусматриваются водосборные приямки размером не менее 400×400 мм и глубиной 300 мм. Размеры камер зависят от диаметров трубопроводов, оборудования, которое в них устанавливается, от условий монтажа оборудования и требований к обслуживанию.

### **Контрольные вопросы**

- 1) Назовите достоинства и недостатки различных систем теплоснабжения.
- 2) Какие источники теплоснабжения можно использовать в разных системах теплоснабжения?
- 3) Какие схемы централизованного теплоснабжения применяются в городах?
- 4) Назовите основные элементы тепловых сетей.
- 5) Назовите основные способы прокладки тепловых сетей в городах и сельских поселениях.
- 6) Назовите назначение тепловых пунктов.

## 11. ГАЗОСНАБЖЕНИЕ

### 11.1. Краткие сведения о горючих газах

Природные газы, добываемые из недр земли, представляют собой смесь, состоящую из горючих газов, балластных газов и примесей. Горючие газы состоят из метана ( $\text{CH}_4$ ), предельных углеводородов ( $\text{C}_n\text{H}_{2n}$ ) и непредельных углеводородов ( $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ ). В сумме предельные и непредельные углеводороды называются тяжелыми углеводородами (ТУ). Водород ( $\text{H}_2$ ) и оксид углерода ( $\text{CO}$ ) в природных газах отсутствуют.

Метан ( $\text{CH}_4$ ) – горючий газ без цвета, запаха и вкуса. Не токсичен, но при большой концентрации в воздухе вызывает удушье. Низшая теплота сгорания  $Q = 35\,840$  кДж/м<sup>3</sup>, плотность  $\rho = 0,717$  кг/м<sup>3</sup>, молекулярная масса  $\mu = 16$  кг/кг-моль.

К тяжелым углеводородным газам, имеющим формулу ( $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ ), относятся: этан ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ), пропан ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ), бутан ( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ). Все эти газы, как и метан, не имеют цвета, запаха и вкуса, не токсичны. Физические свойства зависят от величины молекулярной массы  $\mu$ .

Чем больше  $\mu$ , тем выше плотность ТУ, тем больше теплотворная способность ( $Q$ ), тем больше требуется воздуха для сжигания 1 м<sup>3</sup> тяжелых углеводородов.

Наибольшую ценность для газоснабжения населенных пунктов представляют природные газы, состоящие главным образом из углеводородов метанового ряда, имеющие теплоту сгорания 32...36 МДж/м<sup>3</sup>, плотность 0,73...0,75 кг/м<sup>3</sup> и содержащие метан 75...98 % (по объему). Они преимущественно подаются потребителям по газопроводу.

Попутные газы нефтяных месторождений более разнородны по составу и имеют большую теплоту сгорания и плотность.

Искусственные горючие газы делятся на две группы. К первой группе относятся коксохимические, коксогазовые и другие газы с теплотой сгорания 16 ...8 МДж/м<sup>3</sup> и плотностью 0,45...0,5 кг/м<sup>3</sup>. Ко второй группе относятся генераторные и доменные газы, имеющие теплоту сгорания не менее 5,5 МДж/м<sup>3</sup> и плотность около 1 кг/м<sup>3</sup>.

Искусственные горючие газы поставляются в виде сжиженного углеводородного газа (СУГ) в баллонах, цистернах и, реже, по газопроводу.

### 11.2. Системы газоснабжения населенных пунктов

Обеспечение горючим газом населенных пунктов осуществляется с целью снабжения населения, промышленных и коммунальных предприятий. Можно выделить следующие системы газоснабжения: местную, локальную и централизованную.



*Местная система* обеспечивает одного потребителя из баллона. Для регулирования давления газа перед газовым прибором устанавливается редуктор. Газовый баллон и прибор устанавливаются в одном или смежных помещениях. Таким образом обеспечиваются газом негазофицированные здания.

*Локальная система* обеспечивает газом несколько потребителей или зданий. Система состоит из специальных газовых резервуаров – газгольдеров, закопанных в землю, или группы баллонов, устанавливаемых в специальном помещении или шкафу за пределами здания, газорегуляторов, газонаполнительных устройств, наружного и внутреннего газопроводов и газовых приборов, установленных у потребителей. Устраивается в населенных пунктах с привозным газом. В этих системах используется искусственный газ.

*Централизованная система* газоснабжения обеспечивает все виды потребителей природным (преимущественно) газом по системе трубопроводов. Она включает в себя газораспределительную станцию (ГРС), хранилища газа (газгольдеры или подземные шахты, пустоты и т.п.), газопроводы различного давления, газорегуляторные установки и пункты (ГРУ и ГРП), газопроводы и приборы потребителей.

От газораспределительной станции природный газ подается в город (рис. 11.1).

По рабочему давлению транспортируемого газа газопроводы подразделяют на газопроводы высокого давления категорий I-a, I и II, среднего давления категории III и низкого давления категории IV (табл. 11.1).

Таблица 11.1

Классификация газопроводов по давлению

Категория газопровода		Вид транспортируемого газа	Рабочее давление в газопроводе, МПа
Высокого давления	I-a	Природный	Свыше 1,2
	I	Природный	Свыше 0,6 до 1,2 включительно
		СУГ	Свыше 0,6 до 1,6 включительно
	II	Природный и СУГ	Свыше 0,3 до 0,6 включительно
Среднего давления	III	Природный и СУГ	Свыше 0,005 до 0,3 включительно
Низкого давления	IV	Природный и СУГ	До 0,005 включительно

Давление газа во внутренних газопроводах и перед газоиспользующим оборудованием должно соответствовать давлению, необходимому для устойчивой работы этого оборудования, указанному в паспортах предприятий-изготовителей, но не должно превышать значений, приведенных в табл. 11.2.

Схемы газоснабжения городов и рабочих поселков разделяются на одно-, двух и трехступенчатые. Для крупных городов применяются многоступенчатые схемы, одна из которых показана на рис. 11.1.

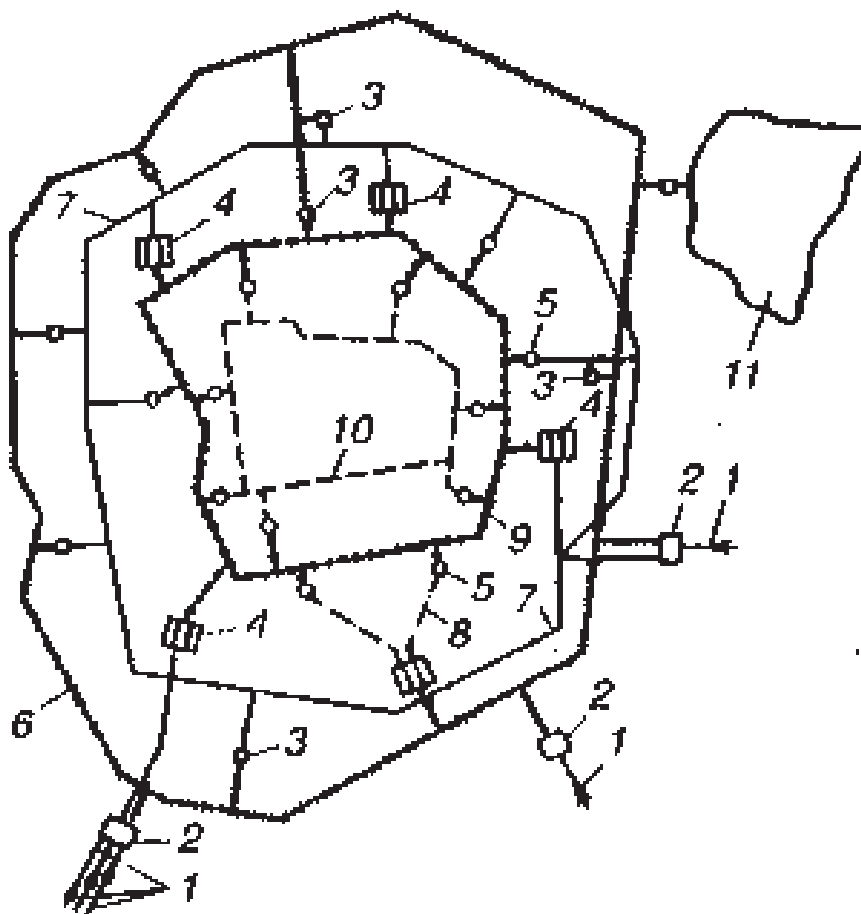


Рис. 11.1. Принципиальная схема газоснабжения большого города:

- 1 – магистральные газопроводы; 2 – ГРС; 3 – контрольно-регуляторные пункты (КРП);  
 4 – газопроводы низкого давления; 5 – ГРП; 6 – кольцо газопроводов высокого давления (2 МПа); 7 – кольцо газопроводов высокого давления (1,2 МПа); 8 – газопроводы высокого давления (0,6 МПа); 9 – кольцо газопроводов среднего давления (0,3 МПа);  
 10 – перемычка; 11 – подземное хранилище газа

Выбор схемы газоснабжения определяется различными факторами, важнейшими из которых являются размер города, плотность застройки города и концентрация промышленности в нем, перспектива газификации города. В небольших городах или населенных пунктах с малым расходом газа осуществляется, как правило, одноступенчатая система низкого давления. В средних городах применяются главным образом двухступенчатые системы, а в крупных городах (с населением примерно более 500 тыс. чел. жилыми массивами со зданиями 5...12 этажей и большой концентрацией промышленности) применяют многоступенчатые системы.

Из магистрального газопровода газ поступает в газораспределительную станцию, где давление снижается до 2 МПа (при наличии многоступенчатой схемы) и затем газ поступает в сеть высокого давления, которая в виде кольца окружает город. К этому кольцу через контрольно-регуляторный пункт присоединяется подземное газовое хранилище. Это храни-

лице и ГРС относятся к системе магистральных газопроводов. Городское газовое хозяйство начинается с кольца высокого давления 1,2 МПа, которое питается от нескольких КРП. Затем через ГРП газ последовательно поступает в газопроводы с более низким давлением и, наконец, от сети низкого давления поступает в жилые дома, общественные здания и коммунально-бытовые предприятия.

Таблица 11.2

Давление газа во внутренних газопроводах и перед газоиспользующим оборудованием

Потребители газа, размещенные в зданиях	Давление газа во внутреннем газопроводе, МПа	Давление газа перед газоиспользующим оборудованием, МПа
1) Газотурбинные и парогазовые установки	2,5	2,5
2) Производственные здания, в которых величина давления газа обусловлена требованиями производства	1,2	1,2
3) Прочие производственные здания	0,6	0,6
4) Бытовые здания производственного назначения отдельно стоящие, пристроенные к производственным зданиям и встроенные в эти здания. Отдельно стоящие общественные здания производственного назначения	0,3	0,3
5) Административные и бытовые здания, не вошедшие в п. 3 таблицы	0,1	0,005
6) Котельные:		
– отдельно стоящие	0,6	0,6
– пристроенные, встроенные и крышные производственных зданий	0,6	0,6
– пристроенные, встроенные и крышные общественных (в том числе административного назначения), административных и бытовых зданий	0,3	0,005
– пристроенные, встроенные и крышные жилых зданий	0,3	0,1
7) Общественные (в том числе административного назначения) здания (кроме зданий, установка газоиспользующего оборудования в которых не допускается) и складские помещения	0,1	0,1
8) Жилые здания	0,1	0,003

В системе газоснабжения города особое место занимают ГРУ и ГРП. В принципе все указанные регулирующие установки построены по единому принципу. Газ среднего или высокого давления поступает в ГРП и последовательно проходит по основной линии диафрагму (для учета

потребляемого газа), задвижку, фильтр, предохранительно-запорный клапан, регулятор давления, задвижку и затем выходит в газовую сеть низкого давления. Предохранительно-запорный клапан и регулятор давления соединены с газопроводом низкого давления импульсными линиями. На выходе в сеть низкого давления устанавливается предохранительно-сбросной клапан. Оборудование ГРП располагается в отдельно стоящем здании, выполненном из кирпича.

ГРС устанавливаются на конечном пункте магистрального газопровода, на входе в город. После ГРС давление газа может снижаться до величины, необходимой потребителю.

### **11.3. Устройство наружных газопроводов**

*Газопроводы.* Как правило, на территории городов и населенных пунктов газопроводы прокладываются в земле. Исключение составляют территории промышленных предприятий, где их можно прокладывать по эстакадам и различным переходам сверху проезжей части заводской автодороги. Надземную прокладку газопроводов производят по наружным несгораемым стенам жилых и общественных зданий. По стенам жилых и общественных зданий допустима прокладка газопроводов с давлением не более 0,3 МПа.

Газопроводы высокого давления можно прокладывать только по сплошным стенам или над окнами верхних этажей производственных зданий. При пересечении надземных газопроводов с воздушными линиями электропередачи они должны проходить ниже линий электропередачи.

Возможна прокладка газопроводов на эстакадах совместно с линиями водопроводов, паропроводов, но при условии обеспечения свободного осмотра и ремонта каждого из них. Расстояния между газопроводом и другими коммуникациями при их совместной прокладке принимают в свету 100...300 мм в зависимости от диаметра. Совместная прокладка газопроводов с электролиниями недопустима, кроме электролиний, проложенных в стальных трубах и бронированных кабелях.

Надземные газопроводы прокладываются с учетом компенсации температурных удлинений, которые зависят от расчетной температуры воздуха. Наиболее просто устранять продольные деформации за счет изгибов газопроводов или П-образной прокладки.

Переход газопроводов через реки, каналы, мелкие озера осуществляют подводным способом с помощью дюкеров. Возможна в этом случае прокладка по мостам или эстакадам.

Газопроводы прокладываются главным образом по городским проездам, а также в зоне зеленых насаждений. Расстояния по горизонтали между подземными газопроводами и другими сооружениями должны соблю-

даться в соответствии с нормами [24] и зависят от вида коммуникации и давления в газопроводе.

При пересечении газопровода с трамвайными путями или при вынужденной прокладке газопровода поперек какого-либо канала применяются футляры из стальных труб, на концах которых устанавливаются контрольные трубки.

Для строительства газопроводов применяют полиэтиленовые трубы и соединительные детали с коэффициентом запаса прочности не менее 2,0.

Прокладка полиэтиленовых газопроводов с давлением до 0,3 МПа включительно на территориях поселений (сельских и городских) и городских округов должна осуществляться с применением труб и соединительных деталей из полиэтилена ПЭ 80 и ПЭ 100 с коэффициентом запаса прочности не менее 2,6.

Коэффициент запаса прочности полиэтиленовых труб и соединительных деталей из полиэтилена ПЭ 80, применяемых для строительства газопроводов вне поселений и городских округов (межпоселковых), должен быть не менее 2,5.

При прокладке межпоселковых полиэтиленовых газопроводов давлением до 0,6 МПа включительно допускается применять трубы и соединительные детали из полиэтилена ПЭ 80 и ПЭ 100. Прокладка полиэтиленовых газопроводов с рабочим давлением свыше 0,3 МПа с применением труб из ПЭ 80 разрешается при условии прокладки на глубине не менее 0,9 м до верха трубы.

При прокладке межпоселковых полиэтиленовых газопроводов давлением 0,6...1,2 МПа включительно должны применяться трубы и соединительные детали из полиэтилена ПЭ 100. При этом глубина прокладки газопроводов должна быть не менее 1,0 м, а при прокладке газопроводов на пахотных и орошаемых землях глубина прокладки должна быть не менее 1,2 м до верха трубы. Прокладка полиэтиленовых газопроводов с давлением свыше 0,6 МПа с применением труб из ПЭ 80 разрешается при условии увеличения глубины прокладки не менее чем на 0,1 м.

Для строительства газопроводов давлением свыше 0,6 МПа могут применяться армированные полиэтиленовые трубы и соединительные детали. При этом глубина прокладки должна быть не менее 1,0 м до верха трубы, а при прокладке газопроводов на пахотных и орошаемых землях глубина заложения должна быть не менее 1,2 м до верха трубы.

Допускается прокладка полиэтиленовых газопроводов из ПЭ 100 давлением 0,6...1,2 МПа включительно в поселении при входе в промузел (промзону), а также в незастроенной части поселения, если это не противоречит схемам размещения объектов капитального строительства, предусмотренным генеральным планом поселения.

Для строительства полиэтиленовых газопроводов допускается использование соединительных деталей – неразъемных соединений (полиэтилен-сталь) – при условии подтверждения их пригодности для применения в строительстве в установленном порядке.

Не допускается прокладка газопроводов из полиэтиленовых труб для транспортирования газов, содержащих ароматические и хлорированные углеводороды, а также паровой фазы СУГ среднего и высокого давления и при температуре стенки газопроводов в условиях эксплуатации ниже  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Применение медных и армированных полиэтиленовых труб для транспортирования жидкой фазы СУГ не допускается.

Прокладку газопроводов следует осуществлять на глубине не менее 0,8 м до верха газопровода или футляра. В тех местах, где не предусматривается движение транспорта и сельскохозяйственных машин, глубина прокладки стальных газопроводов допускается не менее 0,6 м. На оползневых и подверженных эрозии участках прокладку газопроводов следует предусматривать на глубину не менее 0,5 м ниже зеркала скольжения и ниже границы прогнозируемого участка разрушения. Расстояние по вертикали (в свету) между газопроводом (футляром) и подземными сетями инженерно-технического обеспечения и сооружениями в местах их пересечений следует принимать согласно действующим нормам [24].

Газопроводы всех категорий могут быть выполнены из стальных труб, соединенных электросваркой. В местах установки газовых приборов, арматуры и другого оборудования применяют фланцевые и резьбовые соединения. Для защиты стальных труб от коррозии перед укладкой в землю их изолируют.

Глубина заложения газопроводов зависит от состава транспортируемого газа. При влажном газе глубину заложения труб принимают ниже средней глубины промерзания грунта для данной местности. Газопроводы осушенного газа можно укладывать в зоне промерзания грунта, но заглубление должно быть не менее 0,8 м от поверхности земли, а с учетом уменьшения температурного воздействия глубину заложения газопроводов можно принимать не менее 1,5 м. Газопроводы прокладывают с уклоном не менее 1,5 ‰, что обеспечивает отвод конденсата из газа в конденсато-сборники и предотвращает образование водяных пробок.

Для выключения отдельных участков газопровода или отключения потребителей устанавливается запорная арматура, размещаемая в колодцах. При изменениях температурных условий на газопроводе появляются растягивающие усилия, которые могут разорвать сварной стык или задвижку. Чтобы избежать этого, на газовых сетях, особенно у задвижек, устанавливают линзовые компенсаторы, воспринимающие эти усилия. Кроме восприятия температурных деформаций, компенсаторы позволяют легко демонтировать и заменять задвижки и прокладки, т.к. компенсатор

при помощи особых приспособлений можно сжать или растянуть. Линзовые компенсаторы устанавливаются в одном колодце с задвижками, причем располагают их после задвижек, считая по ходу газа.

*Пункты редуцирования газа.* Для снижения и регулирования давления газа в газораспределительной сети предусматривают следующие пункты редуцирования газа (ПРГ): газорегуляторные пункты (ГРП), газорегуляторные пункты блочные (ГРПБ) заводского изготовления в зданиях контейнерного типа, газорегуляторные пункты шкафные (ГРПШ) и газорегуляторные установки (ГРУ).

ГРП размещают:

- отдельно стоящими;
- пристроенными к газифицируемым производственным зданиям, котельным и общественным зданиям с помещениями производственного назначения;
- встроенными в одноэтажные газифицируемые производственные здания и котельные (кроме помещений, расположенных в подвальных и цокольных этажах);
- на покрытиях газифицируемых производственных зданий степеней огнестойкости I и II класса СО с негорючим утеплителем [24].

#### **11.4. Внутренний газопровод**

Внутридомовые газопроводы служат для передачи природного газа от ГРП к газовым приборам жилых домов (газовые плиты, быстродействующие или емкостные водонагреватели). Ответвления и дворовые разводки всегда рассматриваются как составная часть газооборудования жилых комплексов. В этих газопроводах поддерживается всегда низкое давление газа до 3000 Па. Газоснабжение жилых домов осуществляется от уличных газопроводов низкого давления.

Внутренний газопровод монтируется в зданиях этажностью в 10 этажей включительно. Это связано с возможностью доставки газа к квартирным приборам с достаточным давлением. При большей этажности газопроводы низкого давления могут не всегда обеспечивать подачу на верхние этажи.

Основными элементами системы газоснабжения дома являются ответвления от городских (уличных) газопроводов, дворовые газопроводы, разводящая магистраль здания, вводы в секции, секционная разводка, стояки, квартирные газопроводы или наружные стояки с вводами в помещения с газовым оборудованием. Газопроводы монтируются из стальных труб на сварке. Присоединение кранов и газовых приборов осуществляется на резьбе, а с трубами диаметром более 40 мм – на фланцах.

Ответвления служат для подачи газа из уличного газопровода к зданиям. На тротуаре или у линии застройки домов на ответвлении монтируется отключающее устройство. Если по ответвлению подача газа должна осуществляться в несколько точек, подъездов или корпусов, то ответвление образует дворовую разводку. Газопровод подводится к углу здания, при выходе из земли (в кожухе) на высоте один метр от поверхности отмотки устанавливается запорная задвижка.

Газоиспользующее оборудование для приготовления пищи или лабораторных целей, приготовления горячей воды для бытовых нужд и отопления от индивидуальных источников теплоты, работающее на природном газе, допускается предусматривать в зданиях жилых многоквартирных, одноквартирных и блокированных жилых домов, общественных, в том числе административного назначения, зданиях, а также в административных и бытовых зданиях.

Внутренние газопроводы выполняют из металлических труб (стальных и медных) и теплостойких многослойных полимерных труб, включающих в себя в том числе один металлический слой (металлополимерных). Применение медных и многослойных металлополимерных труб допускается для газопроводов с давлением категории IV. Многослойные металлополимерные трубы допускается использовать для внутренних газопроводов при газоснабжении природным газом жилых одноквартирных домов высотой не более трех этажей при условии подтверждения в установленном порядке их пригодности для применения в строительстве.

Допускается присоединение к газопроводам бытовых газовых приборов, КИП, баллонов СУГ, газогорелочных устройств переносного и передвижного газоиспользующего оборудования гибкими рукавами, стойкими к транспортируемому газу при заданных давлении и температуре, в том числе теплостойкими гибкими многослойными полимерными трубами, армированными синтетическими нитями, при условии подтверждения в установленном порядке их пригодности для применения в строительстве.

Соединения труб должны быть неразъемными.

Разъемные соединения допускаются в местах присоединения газоиспользующего оборудования и технических устройств, а также на газопроводах обвязки газоиспользующего оборудования, если это предусмотрено документацией предприятий-изготовителей.

Прокладку газопроводов следует производить открытой или скрытой в штрабе. При скрытой прокладке газопроводов из стальных и медных труб необходимо предусматривать дополнительные меры по их защите от коррозии, обеспечить вентиляцию каналов и доступ к газопроводу в процессе эксплуатации.

Скрытая прокладка газопроводов из многослойных металлополимерных труб должна производиться с последующей штукатуркой стен.



Трубы в штрабе должны быть проложены монолитно или свободно (при условии принятия мер по уплотнению штрабы).

В местах пересечения строительных конструкций зданий газопроводы следует прокладывать в футлярах.

Скрытая прокладка газопроводов СУГ не допускается.

Не допускается размещение газоиспользующего оборудования в помещениях подвальных и цокольных этажей зданий (кроме многоквартирных и блокированных жилых зданий), если возможность такого размещения не регламентирована соответствующими нормативными документами [24].

Допускается прокладка газопроводов внутри здания в специально предусмотренных в лестничных клетках приставных или встроенных каналах при их оснащении постоянно действующей приточно-вытяжной вентиляцией с естественным или механическим побуждением и активными мерами защиты.

Отключающие устройства устанавливают:

- перед газовыми счетчиками (если для отключения счетчика нельзя использовать отключающее устройство на вводе);
- перед газоиспользующим оборудованием и КИП;
- перед горелками и запальниками газоиспользующего оборудования;
- на продувочных газопроводах;
- на вводе газопровода в помещение при размещении в нем ГРУ или газового счетчика с отключающим устройством на расстоянии более 10 м от места ввода.

Каждый объект, на котором устанавливается газоиспользующее оборудование, должен быть оснащен единым узлом учета газа в соответствии с нормативными правовыми документами Российской Федерации [24].

При давлении газа во внутренних газопроводах свыше 0,0025 МПа перед газоиспользующим оборудованием должны быть установлены регуляторы-стабилизаторы, обеспечивающие оптимальный режим сгорания газа.

Для предотвращения вмешательства посторонних лиц следует предусмотреть пассивные меры защиты внутреннего газопровода. Рекомендуется одна из следующих пассивных мер или их сочетание:

- ограничение доступа посторонних лиц к газопроводу;
- неразъемные соединения;
- ограничение доступа к разъемным соединениям и техническим устройствам.

Для безопасной газификации зданий всех назначений следует предусматривать устройства и системы автоматического отключения подачи газа в случае аварийных ситуаций.

При газификации здания рекомендуется применять газоиспользующее оборудование, оснащенное автоматикой безопасности, обеспечивающей отключение подачи газа при погасании пламени горелки.

Газопроводы не должны пересекать оконные и дверные проемы. В жилых зданиях газопроводы крепят к стенам с помощью крюков, вбитых в стену. При диаметре трубы более 40 мм крепление газопроводов выполняют с помощью кронштейнов. Расстояние между опорами принимают примерно 2,5 м при диаметре трубы 15 мм; 3,5 м – при диаметре трубы 25 мм; 5 м – при диаметре трубы 50 мм. Зазор между трубами и стеной выполняют 2 см.

### 11.5. Расчет газопроводов

Режим потребления газа потребителями различных категорий сильно отличается как в течение года, так и в течение суток.

Систему газоснабжения рассчитывают на максимальный часовой расход, определяемый по совмещенному суточному графику потребления газа всеми потребителями.

Для отдельных жилых домов и общественных зданий расчетный часовой расход газа определяется по формуле

$$Q_d^h = \sum_{i=1}^m K_{sim} q_{i\dot{o}} n_i,$$

где  $Q_d^h$  – расчетный часовой расход газа, м<sup>3</sup>/ч;  $q_{nom}$  – номинальный расход газа газовыми приборами, м<sup>3</sup>/ч;  $n_i$  – число однотипных приборов или групп приборов, шт.;  $K_{sim}$  – коэффициент одновременности действия однотипных приборов;  $m$  – число типов приборов или групп приборов.

Номинальный расход газа принимается по техническим паспортам приборов или по справочникам (для четырехконфорочных газовых плит на природном газе можно принять 1,13...1,23 м<sup>3</sup>/ч). Коэффициент одновременности для жилых домов городов и поселков можно принять по табл. 11.3.

Диаметр газопровода ввода здания принимается по таблицам гидравлического расчета газопроводов по расчетному расходу, м<sup>3</sup>/ч, и допустимым потерям давления на участке.

При разработке генпланов населенных пунктов рассчитывается потребный годовой объем газа для всего населенного пункта или его отдельных частей (зон) с учетом зданий различной этажности и степени благоустройства. В сельской местности учитывается также расход газа на приготовление кормов и воды для животных и птиц. Расход газа в котельных населенных пунктов принимается с учетом потребного объема газа на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение жилых, общественных и административных зданий, а также производственные нужды предприятий, обеспечиваемых централизованным газопроводом.

Значения коэффициентов одновременности действия приборов для жилых домов городов и поселков

Число квартир или приборов	Коэффициент $K_{sim}$ в зависимости от устанавливаемого газового оборудования		
	плита 4-конфорочная	плита 2-конфорочная	плита 4-конфорочная и газовый проточный водонагреватель
1	1	1	0,720
10	0,254	0,263	0,220
50	0,223	0,211	0,170
70	0,217	0,205	0,164
100	0,210	0,202	0,160
400	0,180	0,170	0,130

### Контрольные вопросы

- 1) Назовите горючие газы, применяемые для бытовых целей.
- 2) Какие системы газоснабжения используются в населенных пунктах?
- 3) Как можно классифицировать газопроводы населенных пунктов?
- 4) Каким образом можно трассировать газопроводы?
- 5) Назовите основные элементы централизованного газоснабжения населенных пунктов.
- 6) В каких зданиях можно устраивать централизованное газоснабжение?

## 12. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ

### 12.1. Системы электроснабжения

*Системой электроснабжения* называется совокупность электростанций, электрических сетей и электроустановок, связанных между собой общностью режима в непрерывном процессе производства.

В настоящее время для обеспечения различных потребителей применяются следующие системы электроснабжения: местные, локальные, централизованные, энергетические, региональные энергетические и единая энергетическая система России.

*Местная система* электроснабжения предусматривает наличие источника электроэнергии – электрогенератора на месте потребления, т.е. у потребителя. От генератора прокладывается электрическая сеть с напряжением, необходимым для электрической установки.

*Локальная система* предусматривает электроснабжение группы потребителей электрогенератором и электросетями без изменения напряжения источника. От источника электроэнергии прокладываются линии

электропередачи к жилым домам и предприятиям в пределах населенного пункта (к примеру, в небольшом удаленном населенном пункте).

*Централизованная система* может обслуживать несколько населенных пунктов или потребителей с транспортировкой электрической энергии на большие расстояния с повышением напряжения в питающих линиях и последующим понижением напряжения у потребителей.

*Энергетической системой* называется совокупность электростанций, электрических и тепловых сетей, соединенных между собой и связанных общностью режима в непрерывном процессе производства, преобразования и распределения электрической энергии и теплоты при общем управлении этим режимом.

*Региональная энергетическая система* объединяет несколько электрических станций для работы в едином режиме и обеспечения энергией большой территории в пределах одной области, края или республики или нескольких соседних субъектов.

*Единая энергетическая система России* (создана была еще при СССР) включает в себя большинство региональных систем Европейской части России, Западной и Восточной Сибири. В ближайшем будущем к ней будут присоединены и Дальневосточные региональные системы.

Электрическая энергия вырабатывается на *электростанциях*, расположенных, как правило, у источников первичной энергии. Электростанции связаны между собой и с потребителями электрическими сетями, которые объединяют их в централизованно управляемые энергетические системы (*энергосистемы*). Нагрузку на электростанции распределяют так, чтобы получить наиболее дешевую электроэнергию. Например, если запас воды на гидравлической станции (ГЭС) большой, то ее нагружают на полную мощность, а тепловую (ТЭС) разгружают, экономя топливо. Или же за счет ТЭС удовлетворяют постоянную (базисную) нагрузку в течение суток, а ГЭС включают в часы, когда нагрузка возрастает.

Благодаря энергосистемам не только повышается экономичность электроснабжения, но и значительно увеличивается его надежность, возрастает общая полезная выработка электроэнергии и т.д.

*Электрическая система* – это часть энергосистемы, объединяющая генераторы, распределительные устройства, трансформаторные подстанции, электрические линии и токоприемники электрической энергии.

*Электрической сетью* называют часть электрической системы, в которую входят трансформаторные подстанции и линии электропередачи различных напряжений. Электрические сети по назначению делят на *распределительные* и *питающие*.

*Питающей* называют электрическую сеть, по которой электроэнергию подводят к распределительным трактам или районным трансформаторным подстанциям.

Суточный график нагрузки условно делится на три характерных режима. Базисный режим характеризуется работой с максимальной мощностью в течение продолжительного времени. График нагрузок располагается ниже линии минимальной нагрузки системы. Полупиковый режим характеризуется периодическим включением максимальной мощности. График нагрузок проходит между линиями минимальной и среднесуточной нагрузок. Пиковый – периодическое включение мощности во время максимальных нагрузок. График проходит выше среднесуточной нагрузки.

Различные типы электростанций имеют существенно отличающиеся друг от друга режимы работы. Гидроэлектростанции европейской зоны рассчитаны, как правило, на пиковый режим работы с кратковременным использованием полной мощности в часы максимальной нагрузки (2...6 ч в сутки). Годовое число часов использования установленной мощности ГЭС составляет 2...3 тыс. ч.

*Теплофикационные станции – теплоэлектроцентрали (ТЭЦ)* нашли широкое применение в городах в качестве комбинированных источников, производящих тепло и электроэнергию. Работа ТЭЦ в годовом графике нагрузки связана с полупиковыми и базисными режимами. Изменение потребности в тепловой мощности ТЭЦ в течение суток ограничивается в среднем 5...15 %. В наиболее напряженный зимний период режим работы ТЭЦ полностью определяется условиями теплоснабжения. Годовое число часов использования данных станций составляет 3500...6000 ч. Для атомных электростанций (АЭС) и государственных районированных электростанций (ГРЭС), расположенных на месторождениях каменного угля, газа и нефти, характерна работа в базисном режиме с высоким годовым временем использования (до 6000...6500 ч).

## **12.2. Электроснабжение городов и сельских территорий**

*Система электроснабжения города* включает в себя элементы энергетической системы, обеспечивающие распределение электроэнергии потребителям. К городским электрическим сетям относятся:

– *электроснабжающие* сети напряжением 110 (35) кВ и выше, содержащие кольцевые сети с понижающими подстанциями (ПС), линии и подстанции глубоких вводов;

– *питающие* сети напряжением 10 (6)...20 кВ, содержащие трансформаторные подстанции (ТП) и линии, соединяющие центры питания с ТП и ТП между собой;

– *распределительные* сети до 1000 В.

*Электрическими станциями* обычно являются ТЭЦ, обеспечивающие тепловой и электрической энергией коммунально-бытовые и промышленные объекты.

К понижающим подстанциям относятся:

1) *городские подстанции* (35...220 кВ), располагающиеся в непосредственной близости к границам города;

2) *подстанции глубоких вводов* (110...220 кВ), сооружаемые непосредственно на территории районов и в промышленных зонах крупных городов;

3) *трансформаторные подстанции потребительские* на 10 (6)/0,38 кВ коммунально-бытовых и промышленных потребителей энергии.

*Подстанции и распределительные пункты* (РП) обычно сооружаются как отдельно стоящие здания. В обоснованных случаях допускается применение встроенных в здание ТП и РП.

*Подстанции глубоких вводов* напряжением 110 кВ и выше сооружаются в закрытом исполнении. Для открытых вариантов подстанций проводят шумозащитные мероприятия, а расстояния от ТП до жилых домов и коммунальных сооружений определяются акустическим расчетом.

Принципиальная схема электроснабжения города показана на рис. 12.1. Примерно такая же схема электроснабжения используется для территории сельского района.

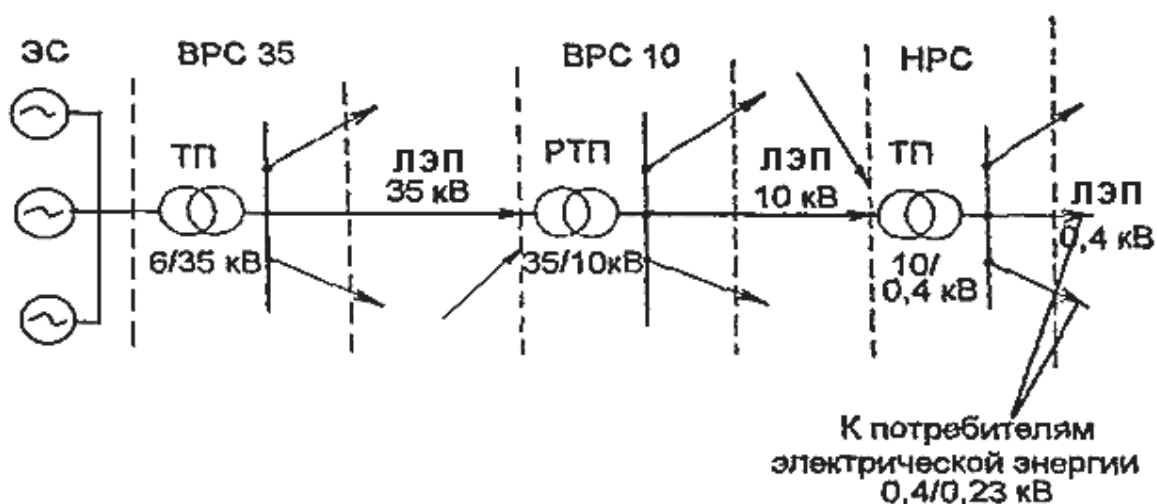


Рис. 12.1. Схема электроснабжения города: ЭС – электростанция;

ТП 6/35 кВ – повышающая трансформаторная подстанция;

ВРС 35 и ВРС 10 – высоковольтная распределительная сеть; НРС – низковольтная распределительная сеть; ЛЭП 35, ЛЭП 10 и ЛЭП 0,4 кВ – линии электропередачи соответствующего напряжения; РТП 35/10 кВ – районная трансформаторная подстанция; ТП 10/0,4 кВ – трансформаторные подстанции потребительские

В схеме различают следующие основные звенья:

I звено – электроснабжающая сеть напряжением 35 кВ и выше, в состав которой входят также городские и районные понижающие подстанции и подстанции глубокого ввода и питающие их линии;

II звено – питающая сеть 6...10 кВ как совокупность питающих линий, районных (распределительных) трансформаторных подстанций (РТП). На данной ступени электроснабжения электрические сети могут делиться по назначению и ведомственной принадлежности;

III звено – распределительная сеть 6...10 кВ, её питание осуществляется как от РТП, так и непосредственно от центров питания;

IV звено – трансформаторные подстанции распределительных сетей;

V звено – распределительная сеть 0,38 кВ.

На электростанциях устанавливают генераторы переменного тока напряжением 3,15...24 кВ в зависимости от их мощности. При передаче электроэнергии на большие расстояния в целях уменьшения потерь и экономии материалов электропроводов генераторное напряжение в трансформаторах повышают.

Ниже приведены значения стандартных высоких напряжений и даны ориентировочные сведения о том, на какие расстояния и при каких мощностях целесообразно передавать электроэнергию на данном напряжении с наименьшими потерями (табл. 12.1).

Таблица 12.1

Ориентировочные расстояния для выбора напряжения линий электропередачи

Номинальное напряжение линии, кВ	Наибольшая передаваемая мощность на одну цепь, МВт	Наибольшее расстояние передачи, км
10	До 3,0	До 15
20	До 5,0	До 30
35	5...15	30...60
110	25...50	50...150
220	100...200	150...250
330	300...400	200...300
400	500...700	600...1000
500	700...900	800...1200
750	1800...2200	1200...2000

На рис. 12.1 повышающий трансформатор ТП 6/35 кВ преобразует напряжение с 6 до 35 кВ. По линии электропередачи ЛЭП 35 электроэнергия передается с наименьшими потерями на РТП и трансформируется до напряжения 10 кВ. По линиям электропередачи ЛЭП 10 электроэнергия подается на трансформаторные подстанции ТП 10/0,4 кВ, обеспечивающие электроэнергией населенные пункты, дачные поселки, районы индивидуальной застройки, отдельных потребителей электроэнергии и т.п.

По распределительной сети ЛЭП 0,4 напряжением 0,4/0,22 кВ электрическая энергия распределяется непосредственно к потребителям.

Электроснабжающая сеть выполняет две основные функции: осуществляет параллельную работу источников питания и распределяет энергию среди районов города. Подобные сети выполняются в виде кольца.

Напряжение кольцевой сети определяется размерами города. Для крупных и крупнейших городов она выполняется на напряжение 110...220 кВ.

Схемы питания цепей 6...10 кВ используются в системах электро-снабжения крупных промышленных и коммунальных предприятий, а также для питания городской распределительной сети общего пользования.

*Распределительные сети* в зависимости от уровня надежности потребителей подразделяются на следующие виды:

- *простейшие радиальные сети* с минимальной надежностью;
- *петлевые схемы* (имеющие двустороннее питание) как наиболее распространенные для распределительных сетей города;
- *петлевые автоматизированные сети*. Автоматический ввод резерва применен для наиболее ответственных потребителей.

Решающая роль электроэнергии в обеспечении нормальной жизнедеятельности города требует высокой надежности электроснабжения. Электроприемники потребителей делятся на три категории.

К *первой категории* относятся электроприемники, перерыв электроснабжения которых может повлечь за собой опасность для жизни людей, значительный ущерб народному хозяйству, нарушение функционирования особо важных элементов коммунального хозяйства. Электроприемники первой категории должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания; перерыв электроснабжения от одного из источников питания может быть допущен лишь на время автоматического восстановления питания. Особая по надежности группа электроприемников первой категории должна предусматривать дополнительное питание от третьего независимого взаимного резервирующего источника питания.

Ко *второй категории* относятся электроприемники, перерыв электроснабжения которых приводит к массовому уменьшению выработки продукции, массовым простоям рабочих, механизмов и промышленного транспорта, нарушению нормальной деятельности жителей города. Электроприемники второй категории обеспечиваются электроэнергией от двух независимых источников питания. При нарушении электроснабжения от одного из источников питания допустимы перерывы, необходимые для включения резервного питания дежурным персоналом. Допустимо питание электроприемников одной воздушной линией (ВЛ) или двухцепной кабельной при обеспечении аварийного ремонта этой линии за время не более одних суток.

К *третьей категории* относятся все остальные электроприемники, не входящие в первые две. Питание этих приемников допускается от одного источника питания при условии ремонта системы в течение не более одних суток.



Применительно к жилым зданиям к первой категории относятся: лифты; противопожарные устройства; аварийное освещение коридоров, вестибюлей, холлов и лестничных клеток жилых домов выше 16 этажей; электроприемники специального назначения (встроенные автоматические телефонные станции, насосные станции подкачки воды и перекачки сточных вод и т.п.); заградительные огни в зданиях высотой 50 м и более.

Ко второй категории электроснабжения относятся: электроприемники жилых зданий высотой 6...16 этажей; здания высотой до 6 этажей, оборудованные стационарными кухонными электроплитами.

К третьей категории электроснабжения относятся все прочие электроприемники.

### 12.3. Электрические сети

*Кабельные линии и их прокладка.* Устройство силовых кабелей на напряжение 1...35 кВ изображено на рис. 12.2. Токоведущие жилы кабелей выполняют из меди или алюминия. Различают кабели с изоляцией из бумажных лент со специальной пропиткой, из резины и из пластмассы.

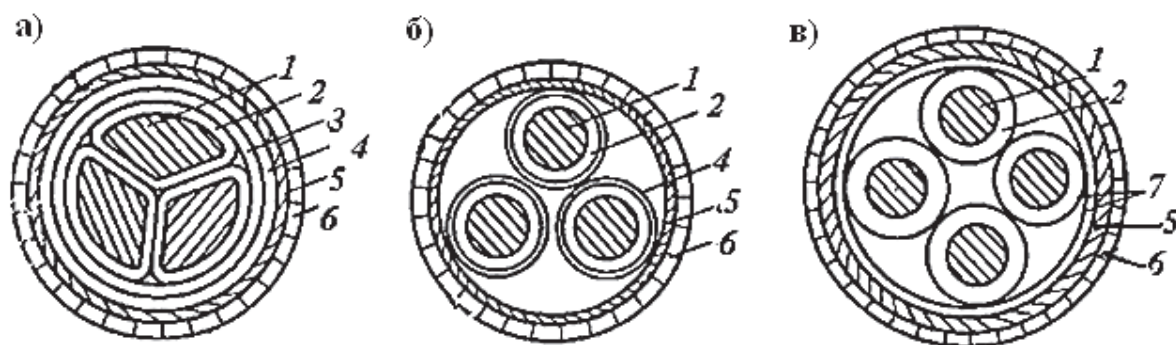


Рис. 12.2. Конструкция кабелей 1...35 кВ: а – кабель на напряжение до 10 кВ с бумажной изоляцией; б – то же с резиновой изоляцией; в – то же на напряжение 20 и 35 кВ; 1 – токопроводящая жила; 2 – фазная изоляция; 3 – поясная изоляция; 4 – свинцовая или алюминиевая оболочка; 5 – броня; 6 – защитные покровы; 7 – обмотка лентой

Для кабелей высокого напряжения (110...550 кВ) применяют маслонаполненные трубопроводы. При прокладке кабелей в местах с возможными механическими воздействиями используют бронепокровы. Броня выполняется из стальной ленты или проволоки. В почвах, содержащих вещества, разрушительно действующие на оболочку кабелей, а также в зонах, опасных из-за воздействия электрокоррозии, нашли применение кабели со свинцовой оболочкой и усиленными защитными покровами типов Б<sub>л</sub> и Б<sub>2л</sub> либо с алюминиевой оболочкой и особо усиленными (в сплошном влагостойком пластмассовом шланге) защитными покровами типов Б<sub>в</sub> и Б<sub>п</sub>.

Выбор сечения кабельной линии производят по нормированным значениям плотности тока. Сечение жилы кабеля должно удовлетворять условиям допустимого нагрева в нормальных и послеаварийных режимах. Для каждой кабельной линии определяют допустимые токовые нагрузки, определяемые по участку трассы с наихудшими тепловыми условиями при длине участка не менее 10 м.

При прокладке трассы кабельной линии необходимо избегать участков с агрессивными грунтами по отношению к металлическим оболочкам кабелей. Укладывают кабели с запасом по длине, с учетом возможных смещений почвы и температурных деформаций самого кабеля. Особое внимание уделяется защите от возможных механических повреждений кабеля и соблюдению температурного режима.

Соединение отрезков кабеля и заделку кабеля производят с помощью концевых соединительных муфт. Число соединительных муфт вновь прокладываемых линий на 1 км должно быть не более 4...6 штук, в зависимости от напряжения и сечения кабеля.

Прокладывать кабели рекомендуется с соблюдением следующих основных правил:

1) Контрольные кабели и кабели связи размещаются под или над силовыми кабелями и отделяются перегородками.

2) Рекомендуется прокладывать силовые кабели до 1 кВ выше кабелей 1 кВ.

3) Кабели питания электроприемников I категории рекомендуется прокладывать на разных горизонтальных уровнях и разделять перегородками.

4) Маслонаполненные кабели обычно прокладывают в отдельных сооружениях, при прокладке совместно с другими кабелями они располагаются в нижней части сооружений и отделяются огнеупорными перегородками. При прокладке кабельных линий (КЛ) в земле в соответствии с правилами устройства электроустановок (ПУЭ), устанавливаются охранные зоны над кабелем:

– для КЛ выше 1 кВ – по 1 м от крайних кабелей;

– для КЛ до 1 кВ – по 1 м от крайних кабелей в сторону проезжей части и 0,6 м в сторону сооружений.

При прокладке кабельных линий непосредственно в земле кабели прокладываются в траншеях и имеют снизу подсыпку, а сверху засыпку слоем грунта толщиной не менее 100 мм, не содержащего камней, строительного мусора и шлака. Защита от механических повреждений заключается в установке железобетонных плит толщиной не менее 50 мм для кабелей напряжением выше 35 кВ; при напряжении ниже 35 кВ – плитами или в укладке поверх кабеля обыкновенного кирпича в один слой длинной стороной поперек трассы, укладкой специальной пленки или без защиты в местах, где земляные работы проводятся редко.

Глубина заложения КЛ от планировочной отметки земли должна быть не менее: линий до 20 кВ – 0,7 м; 35 кВ – 1 м; при пересечении улиц и площадей независимо от напряжения – 1 м.

Уменьшение глубины прокладки до 0,5 м допускается на участках длиной до 5 м для вводов в здания и промышленные сооружения.

Кабельные маслонаполненные линии 110...220 кВ должны иметь глубину заложения не менее 1,5 м.

Если трасса КЛ проходит через участки, насыщенные различными коммуникациями, а также существует необходимость защиты кабелей от механических повреждений и блуждающих токов, то для прокладки кабелей применяются многоканальные железобетонные блоки или асбестоцементные трубы диаметром 100 мм с глубиной заложения до верха конструкции 0,5 м.

Другой возможный способ прокладки кабелей – кабельные каналы и тоннели. Он применяется при числе кабелей в одном направлении более 20. Данные конструкции выполняют из сборного железобетона и засыпают поверх съемных плит слоем земли не менее 30 см.

Пересечение кабельной линии с железными или автомобильными дорогами осуществляется в тоннелях, блоках или трубах на глубине не менее 1 м от полотна дороги.

*Воздушные линии электропередачи (ВЛ).* Воздушной линией электропередачи называется устройство для передачи и распределения электроэнергии по проводам, расположенным на открытом воздухе и прикрепленным при помощи изоляторов и арматуры к опорам или кронштейнам, стойкам на зданиях и инженерных сооружениях (мостах, путепроводах и т.п.).

Для воздушных линий применяются одно- и многопроволочные провода. По условиям механической прочности площадь сечения проводов должна быть не менее: алюминиевые – 16 мм<sup>2</sup>; сталеалюминевые и биметаллические – 10 мм<sup>2</sup>; стальные многопроволочные – 25 мм<sup>2</sup>, стальные однопроволочные – диаметром 4 мм. Длина ответвления от воздушных линий к вводу должна быть не более 25 м.

На опорах воздушных линий электропередачи напряжением до 1 кВ нулевой провод располагается ниже фазных проводов и проводов освещения.

Провода к опорам и кронштейнам прикрепляются с помощью изоляторов, устанавливаемых на штыри, крюки и подвески. На опорах воздушных линий в населенной местности с одно- и двухэтажной застройкой, не экранированных трубами, высокими деревьями и зданиями, должны устраиваться заземляющие устройства для защиты от грозových перенапряжений. Заземления оборудуются на концевых опорах и промежуточных на расстоянии не более 100...200 м в зависимости от числа грозových часов на местности.

Для воздушных линий напряжением до 1 кВ могут применяться следующие типы опор (рис. 12.3):

- промежуточные опоры – устанавливаются на прямых участках трассы воздушных линий;
- анкерные опоры – устанавливаются на пересечениях с различными сооружениями, а также в местах изменения количества, марок и сечения проводов;
- угловые опоры – устанавливаются в местах изменения направления трассы;
- концевые опоры – устанавливаются в начале и конце сети, а также в местах, ограничивающих кабельные вставки;
- ответвительные опоры – устанавливаются в местах выполнения ответвлений;
- перекрестные опоры – устанавливаются в местах пересечения двух направлений разного напряжения.

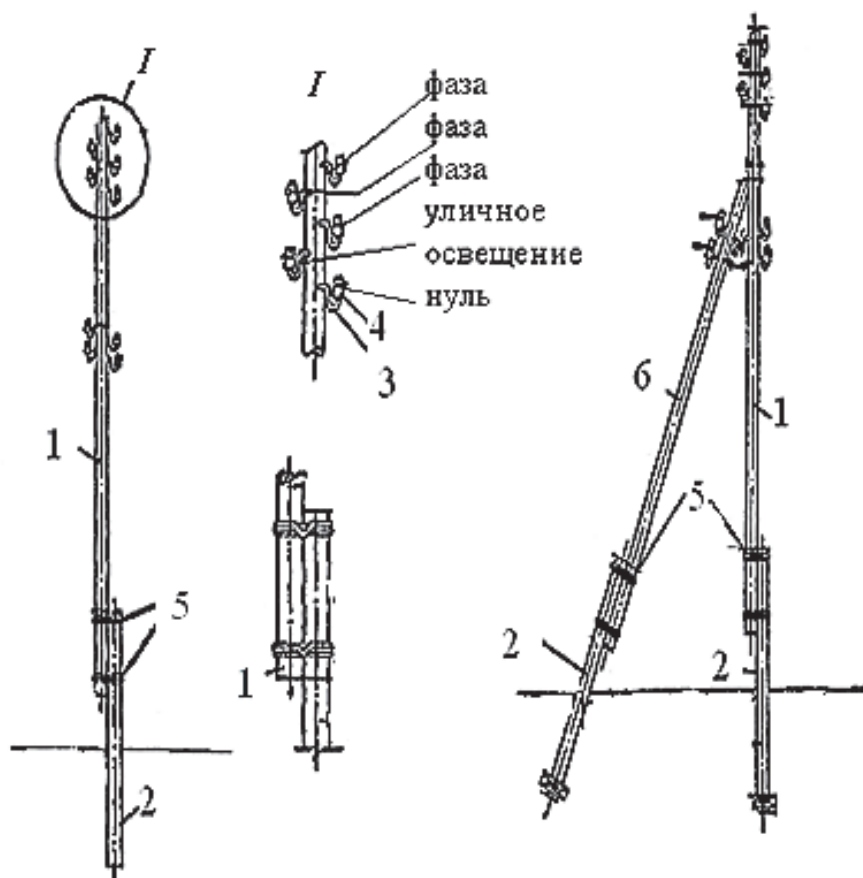


Рис. 12.3. Опоры линий электропередачи напряжением до 1 кВ:  
 а – промежуточная; б – угловая или концевая с подкосом; 1 – опора  
 деревянная; 2 – приставка; 3 – крюк; 4 – изолятор; 5 – бандаж; 6 – подкос

Расстояние от проводов ВЛ напряжением до 1 кВ при наибольшей стреле провеса до земли и проезжей части улиц, а также автомобильных дорог III-V категорий должно быть не менее 6 м. При пересечении непро-

езжей части улиц ответвлениями от ВЛ к вводам расстояние от проводов до тротуаров и пешеходных дорожек допускается уменьшить до 3,5 м.

Сооружение ВЛ ведется в соответствии с проектом. На местности производят разбивку трассы. Для этого измеряют расстояние между соседними анкерными или угловыми опорами и разбивают на равные участки, близкие к принятой для данной линии длине пролета, которая для ВЛ напряжением до 1 кВ не должна превышать 40...45 м.

Минимальное заглубление промежуточных опор в грунте должно быть на 10 см больше, чем нормативная глубина промерзания грунта. Анкерные опоры заглубляются не менее чем на 2,0...2,2 м, а угловые – на 2,3...2,5 м. Подкосы закапываются на глубину 1,5...1,7 м от уровня земли.

### **Контрольные вопросы**

- 1) Назовите источники электрической энергии в различных системах электроснабжения.
- 2) Какие основные элементы включают в себя системы электроснабжения территорий сельских районов?
- 3) Какие элементы электроснабжения могут быть в городах?
- 4) Назовите типы трансформаторных подстанций и их особенности.
- 5) Какие принципы трассирования электросетей применяются в поселениях и за их пределами?
- 6) Назовите основные элементы систем электроснабжения.
- 7) Назовите особенности кабельных линий электропередачи.
- 8) Где используются воздушные линии электропередачи?

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Современные условия требуют значительного улучшения условий жизнедеятельности человечества. Для этого требуется интенсифицировать производство сельскохозяйственной продукции, обеспечить благоустроенность территорий, поселений и зданий, качественную транспортную связь.

Хорошие урожаи можно получать при сохранении и повышении плодородия почв, улучшении теплового и водно-воздушного режима сельскохозяйственных угодий за счёт применения различных видов мелиорации и вертикальной планировки.

Автомобильные дороги, являясь основным видом транспортной связи современности, обеспечивают быстрое перемещение как пассажиров, так и грузов. Дороги оказывают существенное влияние на землеустроительные работы. Водоснабжение, канализация, теплоснабжение, газоснабжение, электроснабжение обеспечивают все стороны жизни человека необходимыми условиями.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Беляев, А. Б. Мелиорация почв / А. Б. Беляев, Д. И. Щеглов. – Воронеж : Воронежский гос. ун-т, 2005. – 247 с.
2. Бойчук, В. С. Проектирование сельскохозяйственных дорог и площадок / В. С. Бойчук. – М. : Агропромиздат, 1989. – 198 с.
3. Инженерная подготовка и благоустройство городских территорий / В. В. Владимиров, Г. Н. Давидянц, О. С. Расторгуев [и др.]. – М. : Архитектура-С, 2004. – 240 с.
4. Голованов, А. И. Рекультивация нарушенных земель / А. И. Голованов, Ю. И. Сухарев, В. В. Шабалов. – М. : МГУП, 2009. – 46 с.
5. Деменков, П. А. Инженерное обустройство территорий. Мелиорация земель / П. А. Деменков, В. Ф. Ковязин. – СПб. : СПбГТИ, 2007. – 89 с.
6. Дороги местного значения / под ред. Г. А. Кузнецова. – М. : Агропромиздат, 1986. – 353 с.
7. Ерхов, Н. С. Мелиорация земель / Н. С. Ерхов, Н. И. Ильин, В. С. Мисенов. – М. : Колос, 1991. – 319 с.
8. Кениг, Г. Р. Инженерное обустройство территории / Г. Р. Кениг. – Пермь : ПГСХА, 2008. – 207 с.
9. Ляндебурская, А. В. Инженерное обустройство территорий : учеб. пособие. Ч. II / А. В. Ляндебурская, А. П. Бажанов, В. В. Ляндебурский. – Пенза : РИО ПГСХА, 2012. – 116 с.
10. Красильщиков, И. М. Проектирование автомобильных дорог / И. М. Красильщиков, Л. В. Елизаров. – М. : Транспорт, 1986. – 215 с.
11. Никифоров, М. Т. Инженерное оборудование застроенных территорий / М. Т. Никифоров. – Комсомольск-на-Амуре : ГОУВПО «КнАГТУ», 2003. – 128 с.
12. Николадзе, Г. И. Гидравлика, водоснабжение и канализация сельских населенных пунктов / Г. И. Николадзе, Д. С. Циклаури. – М. : Стройиздат, 1982. – 200 с.
13. Проектирование автомобильных дорог. Справочник инженера-дорожника / под ред. Г. А. Федотова. – М. : Транспорт, 1989. – 437 с.
14. Славущий, А. К. Сельскохозяйственные дороги и площадки : учеб. / А. К. Славущий, В. П. Носов. – 2-е изд. – М. : Агропромиздат, 1986. – 447 с.
15. Сладков, А. В. Проектирование и строительство наружных сетей водоснабжения и канализации из пластмассовых труб / А. В. Сладков. – М. : Стройиздат, 1988. – 207 с.
16. СНиП 2.05-11-83. Внутрихозяйственные автомобильные дороги в колхозах, совхозах и других сельскохозяйственных предприятиях и организациях / Госстрой СССР. – М. : Стройиздат, 1984. – 51 с.
17. СП 19.13330.2011. Генеральные планы сельскохозяйственных предприятий. Актуализированная редакция СНиП II-97-76\* / Министерство регионального развития РФ. – М. : Стройиздат, 2011. – 34 с.

18. СП 31.13330.2012. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84 / Министерство регионального развития РФ. – М. : Минрегион России, 2011. – 124 с.
19. СП 32.13330.2012. Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85 / Министерство регионального развития РФ. – М. : ФАУ ФЦС, 2012. – 85 с.
20. СП 34.13330.2012. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85\* / Министерство регионального развития РФ. – М. : Минрегион России, 2013. – 112 с.
21. СП 39.13330.2011. Плотины из грунтовых материалов. Актуализированная редакция СНиП 2.06.05-84\* / Министерство регионального развития РФ. – М. : Гос. предприятие – Центр проектной продукции массового применения, 2012. – 85 с.
22. СП 42.13330.2011. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89\* / Министерство регионального развития РФ. – М. : Гос. предприятие – Центр проектной продукции массового применения, 2011. – 109 с.
23. СП 46.13330.2012. Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 3.0.6.04-91 / Министерство регионального развития РФ. – М. : ФАУ ФЦС, 2012. – 141 с.
24. СП 62.13330.2011. Газораспределительные системы. Актуализированная редакция СНиП 42-01-2002 / Госстрой России. – М. : ФАУ ФЦС, 2014. – 65 с.
25. СП 116.13330.2012. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 22-02-2003 / Министерство регионального развития РФ. – М. : Гос. предприятие – Центр проектной продукции массового применения, 2012. – 59 с.
26. СП 124.13330.2012. Тепловые сети. Актуализированная редакция СНиП 40-02-2003 / Министерство регионального развития РФ. – М. : ФАУ ФЦС, 2012. – 73 с.
27. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99\* / Минрегион России. – М. : Гос. предприятие – Центр проектной продукции массового применения, 2012. – 115 с.
28. Чернышев, Н. И. Основы сельскохозяйственного производства. Земледелие, овощеводство / Н. И. Чернышев. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВПО «КНАГТУ», 2010. – 240 с.
29. Чернышев, Н. И. Особенности агротехники полевых культур на торфяно-болотных почвах Нижнего Амура / Н. И. Чернышев. – Владивосток : Изд-во ДВГУ, 2007. – 115 с.
30. Шуляков, Л. В. Внутрихозяйственные дороги и площадки / Л. В. Шуляков, В. Н. Основин. – Минск : Ураджай, 1999. – 103 с.

*Учебное издание*

**Никифоров Михаил Трифионович**  
**Чернышев Николай Ильич**

## **ИНЖЕНЕРНОЕ ОБУСТРОЙСТВО ТЕРРИТОРИЙ**

Учебное пособие

Научный редактор – доктор сельскохозяйственных наук,  
профессор, академик РАН Е. П. Киселев

Редакторы Е. В. Безолукова, Т. Н. Карпова

Подписано в печать 10.12.2014.

Формат 60 × 84 1/16. Бумага 80 г/м<sup>2</sup>. Ризограф EZ570E.

Усл. печ. л. 11,85. Уч.-изд. л. 11,65. Тираж 100 экз. Заказ 26652.

Редакционно-издательский отдел  
Федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего профессионального образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет»  
681013, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27.

Полиграфическая лаборатория  
Федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего профессионального образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет»  
681013, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27.