

ГЛАВА 2. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВОДООТВОДЯЩИХ СИСТЕМ.

2.1. Санитарно-технические нормативы проектирования водоотводящих сетей.

Схемы водоотводящих сетей промышленных предприятий. Особенность схем водоотведения промышленных предприятий заключается в том, что там выполняется несколько технологических водоотводящих сетей, имеющих свои регулирующие резервуары, насосные установки и очистные сооружения. Составление схем сетей и расположение других сооружений производится с учетом размещения производственных цехов и выпусков из них воды. Расположение подземных и наземных сооружений выполнено как единое подземное комплексное хозяйство с учетом общего планировочного решения промышленной площади и взаимной компактной и легкодоступной прокладки сетей. Насосные установки для перекачки производственных сточных вод, выделяющих вредные газы и пары, располагаются в отдельных зданиях с обеспечением постоянной их вентиляции. Для инертных производственных и бытовых сточных вод допускается совмещенная насосная станция, а приемный резервуар выполняют с числом отделений, соответствующих числу несмешиваемых потоков. Бытовые сточные воды промышленного предприятия по отдельным сетям самотеком или с помощью насосов отводят в городскую водоотводящую сеть.

2.2. Расчёт и проектирование водоотводящих сетей.

Расчет водоотводящих сетей состоит в определении диаметров и уклонов трубопроводов, обеспечивающих при наиболее благоприятных гидравлических условиях пропуск расходов сточных вод в любой момент времени. Поскольку самотечное движение сточных вод в энергетическом отношении является наивыгоднейшим, то основная задача при проектировании заключается в построении продольного профиля коллекторов, определяющего объемы земляных работ и положения водоотводящих трубопроводов в подземной части относительно других инженерных коммуникаций. Основой для определения диаметров трубопроводов является расчетный расход, зависящий от удельной нормы водоотведения бытовых вод от города — среднесуточной (за год) расход воды, л/сут, отводимой от одного человека.

Удельная норма водоотведения зависит от уровня санитарно-технического оборудования зданий и в определенной степени от климатических условий.

В табл. 2.1 показано влияние степени благоустройства зданий на величину удельного водоотведения.

Таблица 2.1

Удельное водоотведение бытовых сточных вод от города

Степень благоустройства жилых зданий	Удельное водоотведение, л/(чел·сут)
Жилые здания с внутренним водоснабжением и водоотведением:	
без ванн	125-160
с ваннами и местными водонагревателями	160-230
с централизованным горячим водоснабжением	230-350

В отдельных микрорайонах в зданиях с повышенным комфортом удельные нормы могут достигать 500-1000 л/(чел·сут). Российский опыт показывает, что обычно удельное водоотведение равно удельному водопотреблению. Действие рыночных отношений в коммунальном хозяйстве будет влиять на удельное водоотведение, поэтому его следует постоянно

изучать и уточнять.

Удельное водоотведение бытовых вод промышленных предприятий приведено в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Удельное водоотведение бытовых вод от промышленных предприятий

Цехи	Удельное водоотведение, л/(чел·сут)	Коэффициент часовой неравномерности, K_6
Горячие (с тепловыделением более 80 кДж/(ч·м ³))	45	2,5
Холодные	25	3

Расходы воды от душей и ножных ванн определяются по часовым расходам воды, равным: на одну душевую сетку - 500 л/ч; на одну ножную ванну со смесителем - 250 л/ч. Продолжительность водной процедуры равна для душа 8 мин., для ванны - 16 мин. Продолжительность пользования душем и ванной 45 мин. с равномерным водопотреблением и водоотведением. Удельное водоотведение производственных сточных вод — это количество воды, м³, отводимое на единицу выпускаемой продукции. Величина удельного водоотведения зависит от вида производства и степени совершенства водной технологии. Самые совершенные — непрерывные производственные процессы с повторно-оборотным использованием воды - имеют самые низкие значения удельного водоотведения. В период дождей и снеготаяния наблюдается значительное поступление в водоотводящую сеть дождевых и талых вод. В связи с этим возникло требование о проведении проверочных расчетов водоотводящих сетей на пропуск максимального расхода с учетом дополнительного притока дождевых и талых вод. Дополнительный расход q_d , л/с, следует определять на основании данных эксплуатации, а при их отсутствии по формуле

$$q_d = 0,15L\sqrt{m_d}, \text{ л/с}, \quad (2.1)$$

где L — общая длина водоотводящей сети, км; m_d — максимальное суточное количество осадков, мм, определяемое по СНиП 2.01.01-82.

Надежный прием и отведение сточных вод в указанный выше период может быть обеспечен снижением расчетного наполнения коллекторов, не превышающем $h/d = 0,7$, что естественно удорожает строительство водоотводящих сетей. Опыт эксплуатации водоотводящих сетей г. Москвы выявил другой более эффективный способ повышенного водоотведения в паводковые периоды и дни интенсивных дождей.

Новая технология регулирования притока сточных вод реализуется с использованием аварийно - регулирующих резервуаров, позволяющих значительно снизить пиковую гидравлическую нагрузку на основные сооружения водоотведения, снизить величину коэффициента неравномерности поступления стоков на насосные станции и очистные сооружения, что существенно повышает стабильность их работы.

Коэффициенты неравномерности. Приток сточных вод колеблется по суткам в пределах года и по часам суток.

Коэффициент суточной неравномерности поступления сточных вод

$$K_1 = Q_1 / Q_2, \quad (2.2)$$

где Q_1 , Q_2 — максимальный и средний суточный расход за год.

Коэффициент суточной неравномерности используют при анализе колебаний бытовых сточных вод от города. В зависимости от местных условий он равен 1,1-1,3.

Коэффициент часовой неравномерности:

$$K_2 = q_1 / q_2, \quad (2.3)$$

где q_1, q_2 — максимальный и средний часовые расходы в сутки с максимальным водоотведением.

Общий максимальный коэффициент неравномерности:

$$K = K_1 \cdot K_2. \quad (2.4)$$

С учетом зависимостей (3.2) и (3.3) общий максимальный коэффициент имеет вид

$$K = (24q_1 / 24q) \cdot (q_1 / q_2),$$

или

$$K = q_1 / q, \quad (2.5)$$

где q — среднечасовой расход в сутки со средним поступлением сточных вод. Общий коэффициент неравномерности есть отношение максимального часового расхода в сутки с максимальным поступлением сточных вод к среднечасовому расходу в сутки со средним водоотведением.

Многочисленными исследованиями установлено, что общий коэффициент неравномерности зависит от величины среднего расхода сточных вод.

Для надежности действия некоторых сооружений водоотведения необходимо знать минимальные расходы, то есть значения общего минимального коэффициента неравномерности

$$K_m = q_m / q, \quad (2.6)$$

где q_m — минимальный часовой расход в сутки с минимальным водоотведением.

В табл. 3.3 показаны значения коэффициентов неравномерности от среднесекудного расхода, с помощью которых вычисляют значения расчетных максимальных и минимальных расходов сточных вод.

Таблица 2.3

**Общие коэффициенты неравномерности притока бытовых сточных вод
от города**

Средний расход сточных вод, л/с	Общий коэффициент неравномерности	
	K	K _m
5	2,5	0,38
10	2,1	0,45
20	1,9	0,5
50	1,7	0,55
100	1,6	0,59
300	1,55	0,62
500	1,5	0,66
1000	1,47	0,69
5000 и более	1,44	0,71

Примечания:

1. Общие коэффициенты неравномерности притока сточных вод допускается принимать при количестве производственных сточных вод, не превышающих 45 % общего расхода.

2. При промежуточном значении среднего расхода сточных вод общие коэффициенты неравномерности следует определять интерполяцией.

3. Для начальных участков сети, где средний расход менее 5 л/с действует правило для безрасчетных участков, на которых принимают минимально допустимые диаметры и уклоны труб (см. табл. 2.2).

4. При более значительном количестве производственных сточных вод, чем указано в примечании 1, расчетные расходы устанавливают по графикам и таблицам суммарного притока сточных вод от города и промышленного предприятия по часам суток.

Приток бытовых вод от промышленных предприятий характеризуется максимальным коэффициентом часовой неравномерности K_6

$$K_6 = q_{\max} / q_{\text{mid}}, \quad (2.7)$$

где $q_{\max}$ и q_{mid} — максимальный и средний расходы в час за смену. Многочисленными наблюдениями установлено, что коэффициент часовой неравномерности притока бытовых сточных вод практически одинаков для различных отраслей промышленности.

Рекомендуемые значения K_6 приведены в табл. 2.4, где показан режим отведения бытовых вод от промышленного предприятия по часам смены.

Таблица 3.4

Режим отведения бытовых вод промышленного предприятия

Часы смены	Холодный цех, 25 л/(см·чел)		Горячий цех, 45 л/(см·чел)	
	Значение K_6 при $K_{6.х.}=3$	Расходы в %	Значение K_6 при $K_{6.г.}=2,5$	Расходы в %
0-1	1	12,5	1	12,5
1-2	0,625	6,2	0,6	7,5
2-3	0,625	6,2	0,6	7,5
3-4	0,625	6,2	0,6	7,5
4-5	1,5	18,75	1,5	18,75
5-6	0,625	6,2	0,6	7,5
6-7	0,625	6,2	0,6	7,5
7-8	3	37,5	2,5	31,25
Всего за смену		100		100

2.3. Методика определения расчётных расходов бытовых и производственных сточных вод.

Под расчетным расходом подразумевается расход, являющийся лимитирующим при расчете сооружений водоотведения.

Для расчета водоотводящих сооружений используются средние и максимальные суточный, часовой и секундный расходы.

Расчетные расходы бытовых вод от города определяют по следующим формулам: средний суточный:

$$Q_2 = q_6 \cdot N / 1000, \text{ м}^3 / \text{сут.} \quad (2.8)$$

максимальный суточный:

$$Q_1 = (q_6 \cdot N / 1000) \cdot K_1, \text{ м}^3 / \text{сут.}; \quad (2.9)$$

средний часовой:

$$q = q_6 \cdot N / (1000 \cdot 24), \quad (2.10)$$

максимальный часовой:

$$q_1 = q \cdot K, \text{ м}^3 / \text{ч.}; \quad (2.11)$$

средний секундный:

$$q_{\text{mid.s}} = q_6 \cdot N / (24 \cdot 3600), \text{ л/с.}; \quad (2.12)$$

максимальный секундный:

$$q_{\text{max.s}} = q_{\text{mid.s}} \cdot K, \text{ л/с.}, \quad (2.13)$$

где q_6 — удельное водоотведение бытовых вод, л/(чел·сут); N — расчетное население к концу расчетного периода действия водоотводящей сети — 25 лет.

Максимальный секундный расход удобно определять по формуле

$$q_{\max.s} = q_0 FK, \quad (2.14)$$

где F — селитебная площадь кварталов, га; q_0 - модуль стока, л/(с·га) — обобщенный показатель расхода с единицы площади жилых кварталов, определяемый по формуле

$$q_0 = q_6 \cdot P / 24 \cdot 3600, \quad (2.15)$$

где P — плотность населения, чел/га.

Нормами водоотведения бытовых вод от города не учитываются расходы воды, поступающие от домов отдыха, санаториев, профилакториев и др. Эти расходы воды определяются и учитываются отдельно.

Расчетные расходы бытовых вод от промышленных предприятий определяются по формулам:

$$Q_{\text{mid}} = (25N_1 + 45N_2) / 1000, \text{ м}^3/\text{сут}, \quad (2.16)$$

$$Q_{\text{max.cm}} = (25N_3 + 45N_4) / 1000, \text{ м}^3/\text{сут}, \quad (2.17)$$

$$q_{\text{max.s}} = (25N_3 \cdot K_{\text{б.х.}} + 45N_4 \cdot K_{\text{б.з.}}) / t \cdot 3600, \text{ л/с}, \quad (2.18)$$

где N_1 и N_2 — число работающих в сутки при удельном водоотведении соответственно в холодных и горячих цехах 25 и 45 л/см (см. табл. 2.4); N_3 и N_4 - то же, в смену с максимальным числом работающих при удельном водоотведении соответственно 25 и 45 л/см на одного работающего; Q_{mid} - среднесуточный расход; $Q_{\text{max.cm}}$ - расход в смену с максимальным числом работающих; $K_{\text{б.х.}}=3$ и $K_{\text{б.з.}}=2,5$ - коэффициенты часовой неравномерности при удельном водоотведении соответственно 25 и 45 л/см на одного работающего; t - продолжительность смены, ч.

Расчетные расходы душевых вод с учетом их равномерного образования в течение 45 минут последнего часа смены можно определять по формулам:

$$Q_{\text{max.cm}} = q_{\text{д.с.}} m_{\text{д}} 45 / 1000 \cdot 60, \text{ м}^3/\text{см} \quad (2.19)$$

$$Q_{\text{cm}} = (q_{\text{д.с.}} m_{\text{д}} 45 / 1000 \cdot 60) (N_{\text{cm}} / N_{\text{max}}), \text{ м}^3/\text{см} \quad (2.20)$$

$$q_{\text{max.s}} = q_{\text{д.с.}} m_{\text{д}} / 3600, \text{ л/с} \quad (2.21)$$

где $q_{\text{д.с.}}$ - расход воды через одну душевую сетку, равный 500 л/ч; $m_{\text{д}}$ - число душевых сеток; N_{cm} и N_{max} — число рабочих, пользующихся душем, соответственно, в рассчитываемую и максимальную смены; 45 - продолжительность работы душа в последний час смены, мин.

Число душевых сеток:

$$m_{\text{д}} = N_{\text{max}} \cdot t_{\text{п}} / t_{\text{д}}, \text{ шт.} \quad (2.22)$$

где $t_{\text{п}} = 9$ - продолжительность водной процедуры одним пользующимся душем, мин; $t_{\text{д}} = 45$ - продолжительность работы душа, мин.

Расход душевых вод можно определить по формулам:

$$Q_{\text{mid}} = (40N_5 + 60N_6) / 1000, \text{ м}^3/\text{сут}; \quad (2.23)$$

$$Q_{\text{max.cm}} = (40N_7 + 60N_8) / 1000, \text{ м}^3/\text{см}; \quad (2.24)$$

$$q_{\text{max.s}} = (40N_7 + 60N_8) / (45 \cdot 60), \text{ л/с}; \quad (2.25)$$

где N_5 и N_7 — число пользователей душем в холодных и горячих цехах с удельной нормой 40 л/чел, N_6 и N_8 — то же в горячих цехах с удельной нормой 60 л/чел.

Расчетные расходы производственных сточных вод определяют по формулам:

$$Q_{\text{mid}} = q_{\text{п}} M, \text{ м}^3/\text{сут}; \quad (2.26)$$

$$Q_{\text{max.cm}} = q_{\text{п}} M_{\text{max}}, \text{ м}^3/\text{см}; \quad (2.27)$$

$$q_{\text{max.s}} = q_{\text{п}} M_{\text{max}} K_{\text{п}} / (t \cdot 3,6), \text{ л/с}, \quad (2.28)$$

где $q_{\text{п}}$ — удельное водоотведение производственных сточных вод, м³, на единицу выпускаемой продукции; M и M_{max} — количество выпускаемой продукции, соответственно, в сутки и смену с наибольшей производительностью; $K_{\text{п}}$ — коэффициент часовой неравномерности; t — продолжительность смены (технологического процесса), ч.

Коэффициент часовой неравномерности притока производственных сточных вод K_{Π} зависит от отрасли промышленности, вида выпускаемой продукции и степени совершенства технологического процесса.

При проектировании коэффициент K_{Π} следует принимать на основании опыта работы аналогичных промышленных предприятий или по рекомендациям технологов.

Расчет, выполненный по вышеизложенным формулам, позволяет установить экстремальные часовые расходы сточных вод и расходы за другое время.

Для удобства расчетов водоотводящих сооружений полученные результаты определения расходов целесообразно сводить в ведомости. Форма сводной ведомости приведена в табл. 2.5.

Режим водоотведения сточных вод по часам суток. Распределение расхода сточных вод по часам суток удобно представлять в виде ступенчатого графика (рис. 2.1). По оси абсцисс откладывается время суток, а по оси ординат - часовые расходы в м^3 или в % от суточного расхода.

Отклонение от значения среднечасового расхода, равного $100/24 = 4,17\%$, зависит от среднесекундного расхода и соответствующего ему коэффициента неравномерности водоотведения.

Таблица 2.5

Ведомость суммарных расходов сточных вод

Обслуживаемый объект	Расходы сточных вод					
	Среднесуточные, $\text{м}^3/\text{сут}$		Максимальные часовые, $\text{м}^3/\text{ч}$		Максимальные секундные, л/с	
	Бытовых и душевых	Производственных	Бытовых и душевых	Производственных	Бытовых и душевых	Производственных
Город						
Промышленное предприятие						
Всего						

Такие графики наглядны и более точны, если строятся при заполнении суммарной

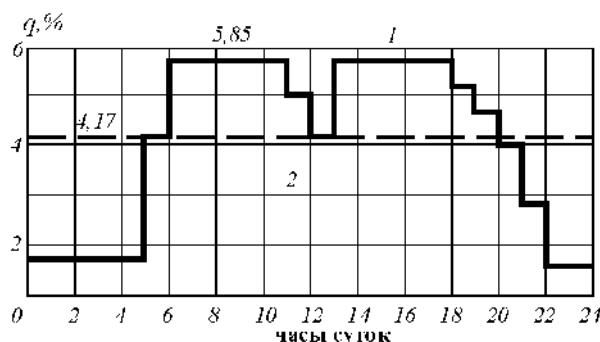


Рис. 2.1. Ступенчатый график притока сточных вод: 1 - реальный приток; 2 - равномерный приток

таблицы притока сточных вод от города и промышленных предприятий, с учетом распределения бытовых и производственных сточных вод от промышленного предприятия по часам смены.

Расчетные участки трубопроводов и коллекторов — это отдельные расчетные участки, в пределах которых расход считают условно постоянным. Определять суммарные (максимальные) расчетные расходы сточных вод различного происхождения с учетом графиков их притока для всех участков сложно, так как эти пиковые расходы не совпадают по времени, что способствует созданию некоторого

запаса. Этот запас наиболее ощутим лишь на нескольких начальных участках, когда так

называемый «сосредоточенный расход» бытовых, душевых и производственных сточных вод от промышленных предприятий соизмерим с расходом бытовых вод от города, отводимым по коллекторам наибольшего сечения.

Опыт проектирования водоотводящих сетей подтверждает возможность указанного выше метода определения расчетных (суммарных) расходов.

При расчете насосных станций, аварийно - регулирующих резервуаров и очистных сооружений необходимо иметь распределение суточных и сменных расходов по часам суток и смен.

Суммарные расходы сточных вод в отдельные часы суток получают путем составления суммарной таблицы притока сточных вод, форма которой представлена в табл. 2.6.

Таблица 2.6

Ведомость суммарного почасового притока сточных вод от города и промышленных предприятий

Часы суток	Бытовые воды от города		Воды от промышленного пред- приятия №1					Суммар- ные рас- ходы	
			Бытовые		Душе- вые	Производ- ственные			
	%	м ³	%	м ³	м ³	%	м ³	м ³	%
0-1									
1-2									
...									
...									
23-24									
Всего	100		100			100			100

Максимальный часовой расход по табл. 2.6 будет меньше суммы максимальных расходов отдельных видов сточных вод, получаемый с помощью табл.2.5, так как пиковые расходы не совпадают по времени.

Расчет с использованием табл. 2.6 исключает запас и этот расход ближе к действительному.

В значениях удельного водоотведения бытовых вод учтены расходы не только от жилых домов, но и от административных зданий и коммунально-бытовых предприятий. Формулы (2.14) и (2.15) предполагают равномерное отведение сточных вод с площади кварталов. При размещении на этой площади административных и коммунальных объектов этот принцип нарушается.

На участках, отводящих воду от таких объектов, следует трубопроводы проверять на пропуск сосредоточенных расходов от них. Эти расходы устанавливают по соответствующим действующим нормативам.

В то же время расходы воды на других участках сети могут быть меньше вычисленных по формулам (2.14) и (2.15). В этом случае для района, где расположены административные здания и коммунальные предприятия, модуль стока следует определять без учета расходов воды от указанных выше объектов по формуле

$$q_0 = \frac{(Q_{mid} - \sum Q_c) \cdot 1000}{\sum F \cdot 86400}, \text{ л/(с} \cdot \text{га)} \quad (2.29)$$

где Q_{mid} — среднесуточный расход сточных вод от рассматриваемого района водоотведения, м³/сут, с суммарной площадью кварталов $\sum F$, га; $\sum Q_c$ — сумма сосредоточенных расходов от объектов нежилого назначения, м³/сут.

Удельное водоотведение без учета расходов от нежилых объектов q'_6 может быть определено по формуле

$$q'_6 = q_6 - \frac{\Sigma Q_c \cdot 1000}{\Sigma F \cdot P}, \text{ л/(чел} \cdot \text{сут)}. \quad (2.30)$$

2.4. Определение расчетных расходов сточных вод для отдельных участков сети.

Расчетный расход для расчетного участка сети можно определить по тяготеющим площадям и по удельному расходу на единицу длины трубопровода. Первый метод «площадей» широко применяется в инженерной практике, второй — метод «длин» — применяется реже, преимущественно при расчете сети с использованием ЭВМ.

При определении расчетного расхода по тяготеющим площадям используются понятия транзитного, бокового, попутного и сосредоточенного расходов.

На рис. 2.2 представлены модели, иллюстрирующие методику определения расхода q_{21-22} на участке 21-22.

Транзитный расход $q_{тр}$ — расход на предшествующем расчетном участке (участок 20-21); боковой расход $q_{бок}$ — расход, поступающий с боковой ветки; попутный расход $q_{пон}$ —

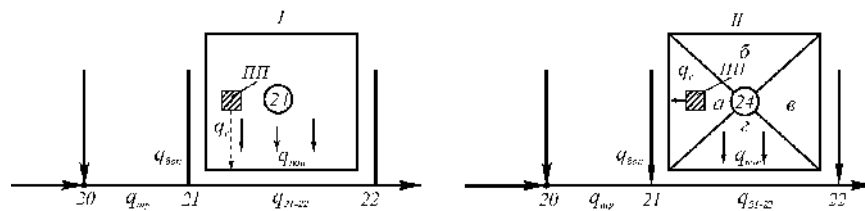


Рис. 2.2. Модели к определению расчетных расходов:

I - трассировка сети по пониженной грани; II - то же, по объемлющей схеме; а-г - части кварталов,

расход, поступающий с прилегающего квартала; сосредоточенный расход q_c от не жилого объекта.

При определении расчетного расхода общий коэффициент неравномерности может быть введен только на общий средний расход q_i

$$q_i = q_0 \cdot F_i, \text{ л/с} \quad (2.31)$$

где q_0 — модуль стока, вычисляемый по формуле (2.15); F_i — общая площадь кварталов, тяготеющая к данному расчетному участку.

По схемам на рис. 2.2 видно, что попутный расход $q_{пон}$ в рассматриваемый участок 21-22 поступает по всей его длине. В целях упрощения расчета его условно считают присоединенным в начале участка (в точке 21).

Сосредоточенный расход q_c от не жилого объекта определяют как сумму расчетных расходов сточных вод различного происхождения (например, бытовых, душевых и производственных), каждый из которых вычисляют соответственно по формулам (2.18), (2.21) и (2.28). Различают транзитный и местный сосредоточенные расходы.

I. Местный сосредоточенный расход — расход от промышленного предприятия, расположенного на прилегающем квартале или его части (при трассировке сети по пониженной стороне квартала), показан на схеме рис. 2.2., г.

II. Транзитный сосредоточенный расход — расход от промышленного предприятия, попадающий в сеть выше расчетной точки 21 (см. рис. 2.2., б).

Таким образом, расчетный расход на отдельном участке сети q_{21-22} определяется по формуле

$$q_{21-22} = [(q_{пон} + q_{бок}) + q_{тр}] \cdot K + q_c, \text{ л/с} \quad (2.32).$$