

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМУ ХОЗЯЙСТВУ
(РОССТРОЙ)**

ФГУП «НИИ ВОДГЕО»

РЕКОМЕНДАЦИИ

**ПО РАСЧЕТУ СИСТЕМ СБОРА, ОТВЕДЕНИЯ И ОЧИСТКИ ПОВЕРХНО-
СТНОГО СТОКА С СЕЛИТЕБНЫХ ТЕРРИТОРИЙ,
ПЛОЩАДОК ПРЕДПРИЯТИЙ
И ОПРЕДЕЛЕНИЮ УСЛОВИЙ ВЫПУСКА
ЕГО В ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ**

ПРИМЕР РАСЧЁТА

**КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОВЕРХНОСТНОГО
СТОКА ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ СБОРА, ОЧИСТКИ
И ОТВЕДЕНИЯ В ВОДНЫЙ ОБЪЕКТ**

Москва – 2006

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ.....	2
2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА.....	2
2.1.Определение среднегодовых объемов поверхностных сточных вод.....	2
2.2.Определение расчётных объёмов поверхностных сточных вод при отведении их на очистку.....	3
2.3.Определение расчетных расходов дождевых и талых вод в коллекторах дождевой канализации.....	4
3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ РАСХОДОВ ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОЧНЫХ ВОД ПРИ ОТВЕДЕНИИ НА ОЧИСТКУ И В ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ.....	6
3.1.Определение расчетного расхода поверхностных сточных вод при выпуске в водные объекты.....	6
3.2.Определение расчетного расхода поверхностных сточных вод при отведении на очистку.....	7
4. МЕТОДЫ РАСЧЁТА СХЕМ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОЧНЫХ ВОД.....	9
4.1.Схема регулирования расхода дождевых сточных вод по объёму.....	9
4.2.Схема регулирования расхода дождевых сточных вод по расходу и объёму.....	10
5. ПЕРЕКАЧКА ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА.....	12
5.1.Перекачка незарегулированного дождевого стока.....	12
5.2.Перекачка очищаемой части зарегулированного по расходу дождевого стока.....	13
5.3.Перекачка избыточной части зарегулированного по объёму дождевого стока.....	13
5.4.Перекачка избыточной части зарегулированного по расходу дождевого стока.....	14

1. Исходные данные

1. Предприятие – завод по производству лекарственных препаратов расположен в г. Москве.
2. Поверхностный сток отводится с территории водосбора площадью 3,90 га, в том числе:
 - с кровель зданий –1,06 га;
 - с асфальтированных покрытий и дорог – 1,39 га;
 - с газонов –1,45 га.
3. Отведение сточных вод осуществляется в водный объект рыбохозяйственного назначения 2-ой категории.

2. Определение количественных характеристик поверхностного стока

Определение количественных характеристик поверхностного стока с территории водосбора заключается в определении:

- среднегодовых и максимальных суточных объемов поверхностного стока (дождевого, талого и поливо-моечного), используемых при расчете нормативов ПДС и аккумулирующих резервуаров;
- расчетных расходов дождевых и талых вод в коллекторах дождевой канализации;
- расчетных расходов поверхностных сточных вод при отведении на очистку и в водные объекты.

2.1. Определение среднегодовых объемов поверхностных сточных вод

Годовой объем поверхностных сточных вод, образующихся на территории водосбора, определяется как сумма поверхностного стока за теплый (апрель-октябрь) и холодный (ноябрь-март) периоды года с общей площади водосбора объекта по формуле (4) рекомендаций:

$$W_{\Gamma} = W_{\text{Д}} + W_{\text{Т}} + W_{\text{М}}$$

где $W_{\text{Д}}$, $W_{\text{Т}}$ и $W_{\text{М}}$ - среднегодовой объем дождевых, талых и поливо-моечных вод, в м³.

Среднегодовой объем дождевых ($W_{\text{Д}}$) и талых ($W_{\text{Т}}$) вод, в м³, определяется по формулам (5) и (6) п. 5.1.2 рекомендаций:

$$W_{\text{Д}} = 10 \times h_{\text{Д}} \times \Psi_{\text{Д}} \times F = 10 \times 443 \times 0,4684 \times 3,90 = 8092,55 \text{ м}^3/\text{год (или } 38,5 \text{ м}^3/\text{сут)}$$

$$W_{\text{Т}} = 10 \times h_{\text{Т}} \times \Psi_{\text{Т}} \times F = 10 \times 201 \times 0,700 \times 3,90 = 5487,3 \text{ м}^3/\text{год (или } 783,9 \text{ м}^3/\text{сут)}$$

- где F - расчетная площадь стока, в га;
- $h_{\text{Д}}$ - слой осадков за теплый период года, $h_{\text{Д}} = 443$ мм (определяется по таблице 2 СНиП 23-01-99 «Строительная климатология»);
- $h_{\text{Т}}$ - слой осадков за холодный период года, $h_{\text{Т}} = 201$ мм (определяется по таблице 1 СНиП 23-01-99 «Строительная климатология»);
- $\Psi_{\text{Д}}$ и $\Psi_{\text{Т}}$ - общий коэффициент стока дождевых и талых вод соответственно; определяется как средневзвешенная величина согласно указаниям п.п. 5.1.3 - 5.1.5 рекомендаций.

Расчет общего коэффициента стока дождевых вод (Ψ_D)

Вид поверхности или площади водосбора	Площадь, F_i , га	Доля покрытия от общей площади стока, F_i / F	Коэффициент стока, Ψ_i	$F_i \Psi_i / F$
Кровли зданий и сооружений	1,06	0,2718	0,8	0,2174
Асфальтовые покрытия и дороги	1,39	0,3564	0,6	0,2138
Открытые грунтовые площадки	0,0	0,00	0,2	0,0
Зеленые насаждения и газоны	1,45	0,3718	0,1	0,0372
$\Sigma F_i = 3,90$		$\Sigma = 1,00$	$\Psi_D = 0,4684$	

Общий годовой объем поливо-моечных вод (W_M), в m^3 , стекающих с площади водосбора определяется по формуле (7) п. 5.1.6. рекомендаций:

$$W_M = 10 \times m \times k \times F_M \times \Psi_M = 10 \times 1,5 \times 150 \times 0,5 \times 1,39 = 1564 \text{ м}^3/\text{год}$$

где m - удельный расход воды на 1 мойку дорожных покрытий; при механизированной уборке территории принимается 1,2 - 1,5 л/м², ручной - 0,5 л/м²;

Ψ_M - коэффициент стока для поливо-моечных вод; принимается равным 0,5;

k - среднее количество моек в году составляет 100 - 150;

F_M - площадь твердых покрытий, подвергающихся мойке, га.

Тогда средний годовой объем поверхностных сточных вод с территории предприятия составляет:

$$W_{\Gamma} = W_D + W_T + W_M = 8092,6 + 5487,3 + 1564 = 15143,85 \text{ м}^3/\text{год}$$

2.2. Определение расчётных объёмов поверхностных сточных вод при отведении их на очистку

Объём дождевого стока от расчётного дождя (W_{oc}) в m^3 , отводимого на очистные сооружения с территории завода, определяется по формуле (8) п. 5.2.1 рекомендаций:

$$W_{oc} = 10 \times h_a \times F \times \Psi_D, \text{ м}^3$$

где: h_a - максимальный слой осадков за дождь, в мм, сток от которого подвергается очистке в полном объёме;

Ψ_D - средний коэффициент стока для расчетного дождя, $\Psi_D = 0,634$ (определяется как средневзвешенная величина по данным табл.11, п. 5.3.8);

F - общая площадь стока, $F = 3,90$ га.

Так как завод по производству лекарственных препаратов по степени загрязнённости поверхностного стока относится к промпредприятиям первой группы, величина h_a определяется в соответствии с п. 5.2.2 рекомендаций при помощи соответствующей функции распределения вероятности (ФРВ) суточного слоя жидких осадков для данной местности в период с положительными среднемесячными температурами воздуха и периодом однократного превышения расчётной интенсивности $P = 0,05 - 0,1$ года.

Для г. Москвы величина h_a для дождей с периодом однократного превышения $P = 0,075$ года составляет 6,50 мм (расчет см. Приложение 5 рекомендаций).

Таким образом

$$W_{oc} = 10 \times 6,5 \times 3,90 \times 0,634 = 160,7 \text{ м}^3$$

Максимальный суточный объём талых вод ($W_{m.cym}$), отводимых на очистные сооружения предприятия в середине периода снеготаяния, определяется по формуле (10) п. 5.2.6 рекомендаций:

$$W_{m.cym} = 10 \times \Psi_T \times K_y \times F \times h_c = 10 \times 0,7 \times 0,372 \times 3,90 \times 20 = 203,1 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

- где Ψ - общий коэффициент стока талых вод, принимается 0,7 (см. п.5.1.5);
 F - общая площадь стока, 3,90 га;
 K_y - коэффициент, учитывающий частичный вывоз и уборку снега, определяется по формуле $K_y = 1 - F_y/F = 1 - 2,45/3,9 = 0,372$;
 где F_y – площадь, очищаемая от снега (включая площадь кровель, оборудованных внутренними водостоками);
 h_c - слой талых вод за 10 дневных часов, принимается 20 мм (определяются по карте районирования снегового стока Приложения 1).

2.3. Определение расчетных расходов дождевых и талых вод в коллекторах дождевой канализации

2.3.1. Расчетный расход дождевых вод

Расходы дождевых вод в коллекторах дождевой канализации, отводящих сточные воды с территории предприятия, следует определять по методу предельных интенсивностей, согласно указаниям раздела 5.3 рекомендаций:

- при постоянном коэффициенте стока (Ψ_{mid}) по формуле (12)

$$Q_r = \Psi_{mid} \times A \times F / t_r^n = 0,634 \times 671,12 \times 3,9 / 10^{0,71} = 323,535 \text{ л/с}$$

- при переменном коэффициенте стока (ψ_{mid}) по формуле (20)

$$Q_r = z_{mid} \times A^{1,2} \times F / t_r^{1,2n-0,1} = 0,201 \times 671,12^{1,2} \times 3,9 / 10^{1,2 \times 0,71 - 0,1} = 342,3 \text{ л/с}$$

- где z_{mid} - среднее значение коэффициента, характеризующего вид поверхности бассейна водосбора (коэффициент покрова); определяется как средневзвешенная величина в зависимости от коэффициентов z для различных видов поверхностей по таблицам 11 и 12 рекомендаций или по таблицам СНиП 2.04.03-85;
- Ψ_{mid} - средний постоянный коэффициент стока, определяется как средневзвешенная величина в зависимости от значения Ψ для различных видов поверхности по таблице 11 рекомендаций или по СНиП 2.04.03-85;
- q - расчетная интенсивность дождя для данной местности продолжительностью 20 мин при $P=1$ год; $q=80$ л/с с 1 га - определяется по данным Приложения 2 к рекомендациям или по рис.1 СНиП 2.04.03-85;
- A и n - параметры, характеризующие интенсивность и продолжительность дождя для конкретной местности определяются по п. 5.3.2 рекомендаций или по 2.12 СНиП 2.04.03-85;
- F - расчетная площадь стока (водосбора), 3,90га;
- t_r - расчетная продолжительность дождя, равная продолжительности протекания поверхностных вод по поверхности и трубам до расчетного участка, определяется согласно по п. 5.3.5 рекомендаций или п. 2.15 СНиП 2.04.03-85.

$$A = q_{20} \times 20^n \times (1 + \lg P / \lg m_r)^{\gamma} = 8 \times 20^{0,71} \times (1 + \lg 1,0 / \lg 150)^{1,54} = 671,15$$

- где q_{20} - интенсивность дождя для данной местности продолжительностью 20 мин при $P=1$ год; $q_{20} = 80$ л/с с га принимается по чертежу Приложения 2 рекомендаций или СНиП;
- n - показатель степени, $n=0,71$ по таблице Приложения 3 рекомендаций;
- m_r - среднее количество дождей за год, $m_r = 150$ - по таблице Приложения 3 рекомендаций или СНиП;
- P - период однократного превышения расчетной интенсивности дождя, в годах, принимаемый равным 1,0 года по таблице 8 п. 5.3.3 рекомендаций или СНиП;
- γ - показатель степени, принимается равным 1,54 по таблице Приложения 3 рекомендаций или СНиП.

Определение средневзвешенного значения постоянного коэффициента стока (Ψ_{mid})

Поверхность бассейна стока	Площадь, F, га	Доля покрытия от общей площади стока, а	Постоянный коэффициент стока, Ψ_i	$a \times \Psi_i$
Кровли зданий и асфальтовые покрытия	2,45	0,628	0,95	0,5966
Открытые грунтовые площадки	0	0	0,2	0
Зеленые насаждения и газоны	1,45	0,372	0,1	0,0372
Итого	3,90	1,00	-	$\Psi_{mid} = 0,634$

Определение средневзвешенного значения коэффициента покрытия (Z_{mid})

Поверхность бассейна стока	Площадь, F, га	Доля покрытия от общей площади стока, а	Коэффициент покрытия, Z_i	$a \times Z_i$
Кровли зданий и асфальтовые покрытия	2,45	0,628	0,297	0,1865
Открытые грунтовые площадки	0	0	0,064	0
Зеленые насаждения и газоны	1,45	0,372	0,038	0,014
Итого:	3,90	1,00	-	$Z_{mid} = 0,201$

Расчетная продолжительность протекания дождевых вод по поверхности и трубам t_r определяется по формуле (15) п. 5.3.5 рекомендаций или по СНиП 2.04.03-85:

$$t_r = t_{con} + t_{can} + t_p = 3 + 0 + 7 = 10 \text{ мин.}$$

- где t_{con} - продолжительность протекания дождевых вод до уличного лотка (время поверхностной концентрации), принимается 3 мин;
- t_{can} - продолжительность протекания дождевых вод по уличным лоткам до дождеприемника, в данном случае принимается равной 0;
- t_p - продолжительность протекания дождевых вод по трубам до рассматриваемого сечения, определяется по формуле (17) рекомендаций:

$$t_p = 0,017 \times \Sigma l_p / v_p = 0,017 \times \Sigma (68/0,7 + 133/1,0 + 277/1,5) = 7,0 \text{ мин.}$$

- где l_p - длина расчетных участков дождевой сети, в м;
- v_p - расчетная скорость течения на участках, принимается на основании

гидравлического расчета сети.

Подставив все полученные значения в формулы для определения расчетного расхода дождевых вод Q_r получим, что в первом случае, при расчете по формуле (12) при постоянном коэффициенте стока, расход составит 323,5 л/с, во втором при расчете с переменным коэффициентом стока по формуле (20) – 342,3 л/с.

Из данного примера следует, что расхождение в расходах дождевых вод в коллекторах дождевой канализации, рассчитанных при постоянных и переменных коэффициентах стока, составляет не более 5,5%. Поэтому для упрощения расчетов, когда площадь водонепроницаемых поверхностей объекта составляет более 30-40% от общей площади водосборного бассейна (в данном примере 63%), можно пользоваться формулой (12) рекомендаций.

Расчетный расход дождевых вод для гидравлического расчета дождевых сетей следует определять по формуле (13) п. 5.3.1 рекомендаций:

$$Q_{cal} = \beta \times Q_r = 0,65 \times 342,3 = 222,5 \text{ л/с}$$

где β - коэффициент, учитывающий заполнение свободной емкости сети в момент возникновения напорного режима, определяется по таблице 6 рекомендаций.

2.3.2. Расчетный расход талых вод

Расчетный расход талых вод в момент наибольшей интенсивности снеготаяния (в 2 часа дня в период весеннего снеготаяния), определяется по формуле (21) рекомендаций:

$$Q_{т.макс} = 5,5 \times \Psi_T \times K_y \times F \times h_c / (10 + T_m) = 5,5 \times 0,7 \times 0,372 \times 3,90 \times 20 / (10 + 0,17) = 10,9 \text{ л/с}$$

где:

- 10 - продолжительность процесса интенсивного снеготаяния в течение суток, час;
- T_m - продолжительность стекания талой воды от геометрического центра до расчетного створа, ч.

3. Определение расчетных расходов поверхностных сточных вод при отведении на очистку и в водные объекты

3.1. Определение расчетного расхода поверхностных сточных вод при выпуске в водные объекты

Расчетный расход поверхностных сточных вод (Q_{CT}), в м³/с, необходимый для определения кратности разбавления (n) при выпуске их в водный объект, принимается равным максимальному зарегулированному расходу сточных вод после очистных сооружений ($Q_{CT} = Q_{оч}$), а при отсутствии регулирования определяется по формуле (22) рекомендаций:

$$Q_{CT} = 2,8 \times 10^{-3} h_{cm} \times F \times \Psi_{mid} / (T_d + t_r) = \\ = 2,8 \times 10^{-3} \times 27,3 \times 3,9 \times 0,634 / (6 + 0,25) = 0,0302 \text{ м}^3/\text{с} \text{ или } 108,9 \text{ м}^3/\text{ч}$$

где:

- h_{cm} - среднесуточный максимум осадков за теплый период года, $h_{cm} = 27,3$ мм; принимается равным суточному слою атмосферных осадков H_p с периодом однократного превышения расчетной интенсивности $P=1$ год согласно п. 5.4.1 рекомендаций (расчет см. Приложение 6);
- Ψ_{mid} - коэффициент стока для расчетного дождя, $\Psi_{mid} = 0,634$; определяется как средневзвешенная величина по данным табл. 11 п. 5.3.8 рекомендаций (расчет см. выше)
- T_d - средняя продолжительность дождя в данной местности, для Москвы $T_d = 6$ ч; принимается по таблице Приложения 4;
- t_r - время добегающего стока от крайней точки водосборного бассейна до места выпуска в водный объект, 0,25 ч.

3.2. Определение расчетного расхода поверхностных сточных вод при отведении на очистку

Определение расчетных расходов дождевого стока с территории промышленных предприятий при отведении на очистку ($Q_{оч}$) с использованием схем регулирования поверхностных сточных вод выполняется согласно указаниям раздела 7.4 рекомендаций.

3.2.1. Расчетный расход дождевых вод $Q_{оч}$, направляемых на очистку при регулировании по схемам 1-3 (**производительность очистных сооружений при очистке дождевого стока**), определяется по формуле (29) рекомендаций:

$$Q_{оч} = (W_{оч} + W_{mn}) / [3,6 \times (T_{оч} - T_{отст} - T_{mn})], \text{ л/с,}$$

где:

- | | | |
|------------|---|---|
| $Q_{оч}$ | – | производительность сооружений глубокой очистки поверхностных сточных вод, л/с; |
| $W_{оч}$, | – | объем дождевого стока от расчетного дождя, отводимого на очистные сооружения с селитебных территорий городов и предприятий, м ³ ; |
| W_{mn} | – | суммарный объем загрязнённых вод, образующихся от операций обслуживания технологического оборудования очистных сооружений в течение нормативного периода переработки объема дождевого стока от расчетного дождя, м ³ ; |
| $T_{оч}$ | – | нормативный период переработки объема дождевого стока от расчетного дождя, отводимого на очистные сооружения с селитебных территорий городов и предприятий, ч; |
| $T_{отст}$ | – | минимальная продолжительность отстаивания поверхностных сточных вод в аккумулирующем резервуаре, ч; |
| T_{mn} | – | суммарная продолжительность технологических перерывов в работе очистных сооружений в течение нормативного периода переработки объема дождевого стока от расчетного дождя, ч. |

Загрязнённые воды, образующиеся от операций обслуживания технологического оборудования очистных сооружений, представляют собой, главным образом, стоки от промывки механических фильтров (а также периодической промывки адсорбционных фильтров с фильтрующей загрузкой из гранулированной активированного угля). Их суммарный объем W_{mn} для стандартных зернистых загрузок, продолжительности фильтроцикла и параметрах промывки составляет, как правило, не более 10 -12% от объема очищенного стока.

Технологические перерывы в работе очистных сооружений также связаны, главным образом, с проведением штатных операций промывки зернистых и адсорбционных фильтров, а их суммарная продолжительность T_{mn} в стандартных условиях составляет 3 - 4% от суммарной продолжительности непрерывной работы очистных сооружений.

Величина $T_{оч}$ в соответствии с п. 7.4.1 принимается равной 72 ч, то есть трем суткам.

Величина $T_{отст}$ в зависимости от режима работы аккумулирующего резервуара.

При использовании аккумулирующего резервуара только в качестве буферной ёмкости для регулирования расхода сточных вод величина $T_{отст}$ принимается в пределах 0,05 - 0,1 ч. Этот период времени от начала поступления стоков в резервуар необходим для его минимального заполнения из условия устойчивой работы откачивающих насосов.

При дополнительном использовании аккумулирующего резервуара в качестве сооружения для предварительной механической очистки сточных вод величина $T_{отст}$ принимается в пределах 2-4 ч, исходя из величины гидравлической крупности частиц, выделяемых в аккумулирующем резервуаре, и гидравлической глубины резервуара при его максимальном расчетном заполнении.

Таким образом, производительность очистных сооружений при очистке дождевого стока составляет:

– в режиме работы аккумулирующего резервуара только в качестве буферной ёмкости (АР):

$$Q_{oc} = (160,7 + 10 \times 160,7/100) / [3,6 \times (72 - 0,1 - 3 \times 72/100)] = 0,704 \text{ л/с}$$

– в режиме одновременной работы аккумулирующего резервуара в качестве буферной ёмкости и сооружения для предварительного отстаивания сточных вод (АРО):

$$Q_{oc} = (160,7 + 10 \times 160,7/100) / [3,6 \times (72 - 3 - 3 \times 72/100)] = 0,735 \text{ л/с}$$

3.2.2. Расчетный расход талых вод Q_{oc} , направляемых на очистку (производительность очистных сооружений при очистке талого стока), определяется по формуле (30) рекомендаций:

$$Q_{oc}^m = (W_m^{max.сут.} + W_{mn}) / [3,6 \times (T_{oc}^m - T_{отст} - T_{mn})], \text{ л/с}$$

где:

Q_{oc}^T	–	максимальная производительность очистных сооружений при очистке талых вод, л/с;
$W_T^{max.сут.}$	–	максимальный суточный объём талых вод в середине периода снеготаяния, м ³ ;
W_{mn}	–	суммарный объём загрязнённых вод, образующихся от операций обслуживания технологического оборудования очистных сооружений в течение нормативного периода переработки объёма талого стока, м ³ ;
T_{oc}^m	–	нормативный период переработки объёма талого стока, отводимого на очистные сооружения с селитебных территорий и предприятий, ч;
$T_{отст}$	–	минимальная продолжительность отстаивания поверхностных сточных вод в аккумулирующем резервуаре, ч;
T_{mn}	–	суммарная продолжительность технологических перерывов в работе очистных сооружений в течение нормативного периода переработки объёма талого стока, ч.

Величина T_{oc}^m в соответствии с п. 7.4.2. принимается не менее 14 ч, что соответствует суммарной продолжительности периода в течение суток с отсутствием поступления талого стока (вечерние, ночные и утренние часы суток). Однако, учитывая, что расход талого стока, поступающего в аккумулирующий резервуар в период максимальной интенсивности снеготаяния, как правило, в 10 - 20 раз меньше максимального расхода от расчётного дождя, работа очистных сооружений может быть начата с момента поступления первых порций талого стока в аккумулирующий резервуар и продолжаться вплоть до момента опорожнения резервуара перед поступлением в него новых порций талого стока на следующие за расчётным периодом сутки. Таким образом, величина T_{oc}^m в данном случае может быть принята равной 24 ч.

Величина $T_{отст}$ при этом определяется как период времени от начала поступления стоков в резервуар, необходимый для его минимального заполнения из условия устойчивой работы насосов, подающих стоки на очистные сооружения. Степень минимального заполнения аккумулирующего резервуара и величина $T_{отст}$ зависит от конструктивных особенностей резервуара, однако для предварительных расчётов может быть принята равной 1 ч.

Таким образом, производительность очистных сооружений при очистке талого стока составляет:

$$Q_{oc}^m = (203,1 + 10 \times 203,1/100) / [3,6 \times (24 - 1 - 3 \times 24/100)] = 2,616 \text{ л/с.}$$

В соответствии с указаниями п. 7.4.3 рекомендаций к проектированию принимается наибольшая из производительностей очистных сооружений, т.е. $Q_{oc}^m = 2,616 \text{ л/с}$.

4. Методы расчёта схем регулирования поверхностного стока

4.1. Схема регулирования расхода дождевых сточных вод по объёму (первая схема регулирования)

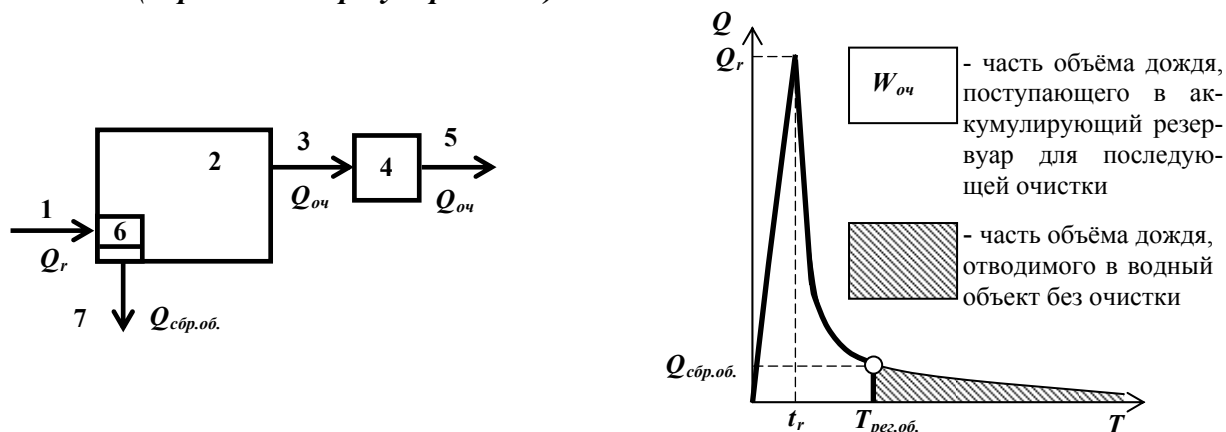


Рис. 1. Схема 1 регулирования дождевого стока перед очистными сооружениями и схематический расчётный гидрограф дождевого стока.

- 1 — самотечный коллектор дождевой канализации
- 2 — аккумулирующий (регулирующий) резервуар
- 3 — трубопровод отведения стока на сооружения глубокой очистки
- 4 — сооружения глубокой очистки
- 5 — трубопровод отведения очищенного стока в водный объект или систему производственного водоснабжения
- 6 — камера разделения стока по объёму
- 7 — сброс избыточного поверхностного стока в водный объект

Максимальный расход дождевых стоков $Q_{сбр.об.}$, отводимых в водный объект без очистки, рассчитывается по формулам (1), (2), (3) Приложения 7 рекомендаций:

$$Q_{сбр.об.} = Q_r \times [(T_{рег.об.}/t_r)^{1-n} - (T_{рег.об.}/t_r - 1)^{1-n}], \text{ л/с},$$

где:

- $Q_{сбр.об.}$ — максимальный избыточный расход стока от расчётного дождя, зарегулированного по объёму и отводимого в водный объект, минуя очистные сооружения, л/с
- Q_r — максимальный расчётный расход дождевых вод в коллекторе дождевой канализации в расчётном участке, л/с
- $T_{рег.об.}$ — момент времени начала перелива избыточного объёма дождевого стока от расчётного дождя из разделительной камеры аккумулирующего резервуара, мин.
- t_r — расчетная продолжительность дождя, равная продолжительности протекания поверхностных вод по поверхности и трубам до расчетного участка, мин.
- n — параметр, характеризующий интенсивность и продолжительность дождя для конкретной местности

Момент времени $T_{рег.об.}$, при котором начинается перелив избыточного объёма дождевого стока из разделительной камеры 6, определяется подбором значения $T_{рег.об.}$, при котором объём дождевых стоков, поступивших в аккумулирующий резервуар, равен объёму очищаемых стоков от расчётного дождя $W_{оч.}$:

$$0,06 \times Q_r \times t_r \times [(T_{рег.об.}/t_r)^{2-n} - (T_{рег.об.}/t_r - 1)^{2-n}] / (2 - n) = W_{оч.} = \\ = 0,06 \times 342,3 \times 10 \times [(T_{рег.об.}/10)^{2-0,71} - (T_{рег.об.}/10 - 1)^{2-0,71}] / (2 - 0,71) = 203,1 \text{ м}^3$$

В результате подбора установлено $T_{рег.об} = 14,94$ мин. Подставляя указанное значение, вычисляем $Q_{сбр.об}$:

$$Q_{сбр.об} = 342,3 \times [(14,94/10)^{1-0,71} - (14,94/10 - 1)^{1-0,71}] = 105,6 \text{ л/с}$$

4.2. Схема регулирования расхода дождевых сточных вод по расходу и объёму. (вторая схема регулирования)

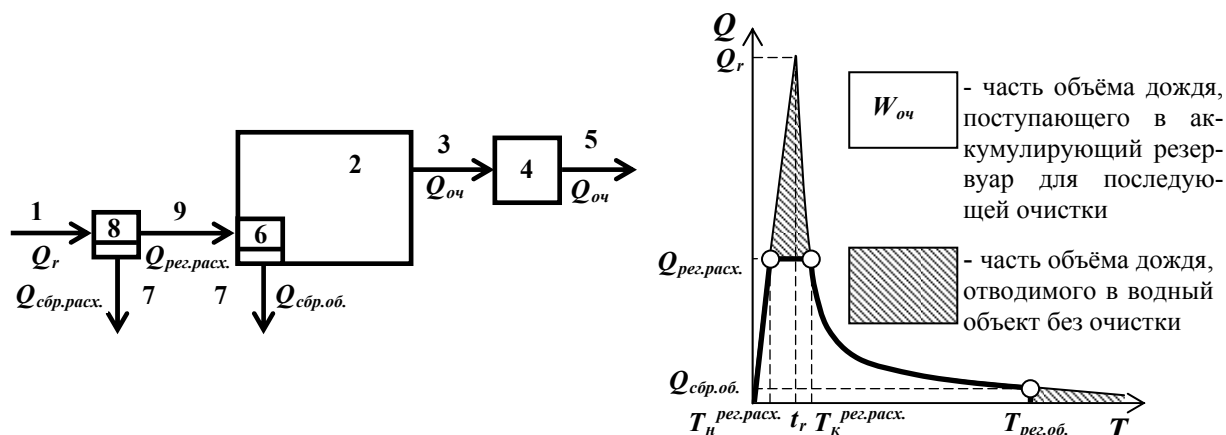


Рис. 2. Принципиальная схема разделения дождевого стока перед очистными сооружениями и схематические расчётные гидрографы дождевого стока.

- 1 – самотечный коллектор дождевой канализации
- 2 – аккумулирующий (регулирующий) резервуар
- 3 – трубопровод отведения стока на сооружения глубокой очистки
- 4 – сооружения глубокой очистки
- 5 – трубопровод отведения очищенного стока в водный объект или систему производственного водоснабжения
- 6 – камера разделения стока по объёму
- 7 – сброс избыточного поверхностного стока в водный объект
- 8 – камера разделения стока по расходу
- 9 – коллектор зарегулированного стока.

Максимальный расход дождевых стоков $Q_{рег.расх.}$, прошедших разделительную камеру 8 (регулирование стока по расходу) и направляемых в аккумулирующий резервуар для последующей очистки, рассчитывается по формулам раздела 5.3 рекомендаций, принимая величину периода однократного превышения расчётной интенсивности дождя P равной 0,075 (средняя величина из рекомендуемого диапазона 0,05-0,1):

$$Q_{рег.расх.} = z_{mid} \times [q_{20} \times 20^n \times (1 + \lg P / \lg m_r)]^{1,2} \times F / t_r^{1,2 \times n - 0,1} = 0,201 \times [80 \times 20^{0,59} \times (1 + \lg 0,075 / \lg 150)^{1,54}]^{1,2} \times 3,9 / 10^{1,2 \times 0,59 - 0,1} = 80,6 \text{ л/с}$$

где:

$Q_{рег.расх.}$ – максимальный расход стока от расчётного дождя, зарегулированного по расходу и направляемого самотёком непосредственно в аккумулирующий резервуар или в насосную станцию с последующей перекачкой в аккумулирующий резервуар, л/с.

Максимальный расход дождевых стоков $Q_{сбр.расх.}$, отводимых в водный объект без очистки из разделительной камеры 8 (регулирование стока по расходу), рассчитывается по формуле (4) Приложения 7 рекомендаций.

$$Q_{сбр.расх.} = Q_r - Q_{рег.расх.} = 342,3 - 80,6 = 261,7 \text{ л/с}$$

где:

$Q_{сбр.расх.}$ – максимальный избыточный расход стока от расчётного дождя, зарегулированного по расходу и отводимого в водный объект, минуя очистные сооружения, л/с.

Максимальный расход дождевых стоков $Q_{сбр.об.}$, отводимых в водный объект без очистки из разделительной камеры 6 (дополнительное регулирование стока по объёму), рассчитывается по формуле (1) Приложения 7 рекомендаций:

$$Q_{сбр.об.} = Q_r \times [(T_{рег.об.}/t_r)^{1-n} - (T_{рег.об.}/t_r - 1)^{1-n}], \text{ л/с.}$$

Момент времени $T_{рег.об.}$, при котором начинается перелив избыточного объёма дождевого стока из разделительной камеры 6, определяется как момент времени, при котором объём дождевых стоков, поступивших в аккумулирующий резервуар из разделительной камеры 8, равен объёму очищаемых стоков от расчётного дождя $W_{оч.}$ и рассчитывается по формуле (5) Приложения 7 рекомендаций:

$$\begin{aligned} & [0,06 \times Q_r \times t_r / (2 - n)] \times [(T_{рег.об.}/t_r)^{2-n} - (T_{рег.об.}/t_r - 1)^{2-n} - (T_{к.рег.расх.}/t_r)^{2-n} + \\ & + (T_{н.рег.расх.}/t_r)^{2-n} + (T_{к.рег.расх.}/t_r - 1)^{2-n} + (Q_{рег.расх.}/Q_r) \times (T_{к.рег.расх.}/t_r - T_{н.рег.расх.}/t_r) \times (2 - n)] = W_{оч.} = \\ & = [0,06 \times 342,3 \times 10 / (2 - 0,71)] \times [(T_{рег.об.}/10)^{2-0,71} - (T_{рег.об.}/10 - 1)^{2-0,71} - (T_{к.рег.расх.}/10)^{2-0,71} + \\ & + (T_{н.рег.расх.}/10)^{2-0,71} + (T_{к.рег.расх.}/10 - 1)^{2-0,71} + (80,6/342,3) \times (T_{к.рег.расх.}/10 - T_{н.рег.расх.}/10) \times \\ & \times (2 - 0,71)] = 203,1 \text{ м}^3 \end{aligned}$$

где:

- $T_{н.рег.расх.}$ — момент времени, соответствующий началу сброса избыточного расхода дождевого стока от расчётного дождя из разделительной камеры при регулировании по расходу, мин.
- $T_{к.рег.расх.}$ — момент времени, соответствующий окончанию сброса избыточного расхода дождевого стока от расчётного дождя из разделительной камеры при регулировании по расходу, мин.

Величина $T_{н.рег.расх.}$ рассчитывается по формуле (6) Приложения 7 рекомендаций:

$$T_{н.рег.расх.} = t_r \times (Q_{рег.расх.} / Q_r)^{1/(1-n)} = 10 \times (80,6/342,3)^{1/(1-0,71)} = 0,07 \text{ мин.}$$

Величина $T_{к.рег.расх.}$ рассчитывается подбором по формуле (7) Приложения 7 рекомендаций:

$$\begin{aligned} Q_{рег.расх.} &= Q_r \times [(T_{к.рег.расх.}/t_r)^{1-n} - (T_{к.рег.расх.}/t_r - 1)^{1-n}] = \\ &= 342,3 \times [(T_{к.рег.расх.}/10)^{1-0,71} - (T_{к.рег.расх.}/10 - 1)^{1-0,71}] \end{aligned}$$

В результате подбора установлено $T_{к.рег.расх.} = 18,9 \text{ мин.}$ Подставляя указанное значение, а также значение $T_{н.рег.расх.} = 0,07 \text{ мин.}$ в формулу (5), вычисляем подбором $T_{рег.об.} = 60,03 \text{ мин.}$

Подставляя указанное значение $T_{рег.об.}$ в формулу (1), вычисляем $Q_{сбр.об.}$:

$$Q_{сбр.об.} = 342,3 \times [(60,03/10)^{1-0,71} - (60,03/10 - 1)^{1-0,71}] = 29,6 \text{ л/с.}$$

5. Перекачка поверхностного стока

5.1. Перекачка незарегулированного дождевого стока

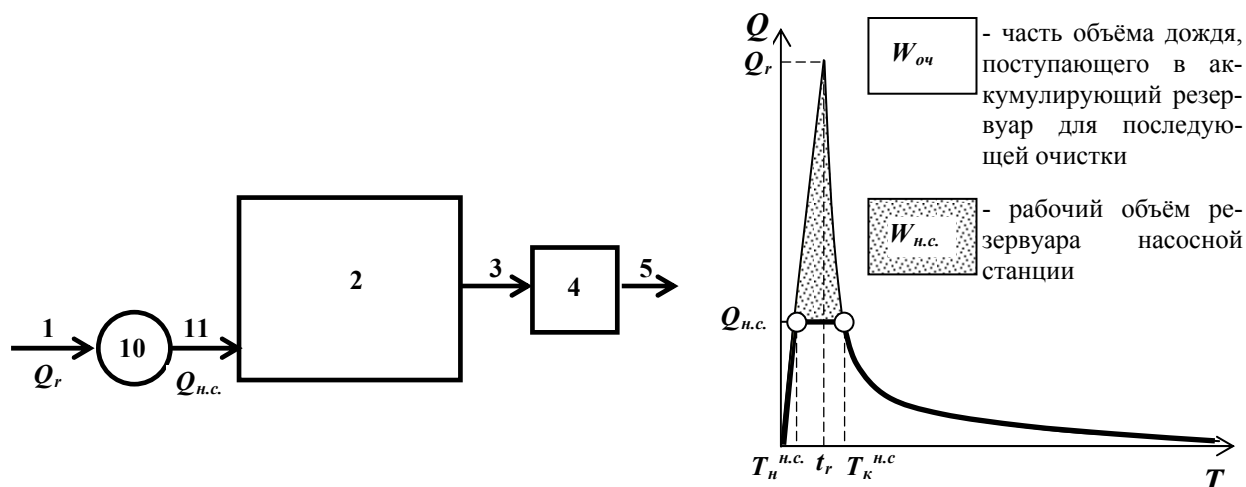


Рис. 3. Схема 1 перекачки полного объема незарегулированного дождевого стока.

10 – насосная станция

11 – напорный трубопровод перекачки стока в аккумулирующий резервуар.

Рабочий объем резервуара насосной станции $W_{н.с.}$ при выбранной максимальной производительности насосов в насосной станции $Q_{н.с.}$ (см. рис. 3) рассчитывается подбором по формуле (1) Приложения 8 рекомендаций:

$$W_{н.с.} = 0,06 \times Q_r \times t_r \times [(T_k^{н.с.}/t_r)^{2-n} - (T_n^{н.с.}/t_r)^{2-n} - (T_k^{н.с.}/t_r - 1)^{2-n} - (Q_{н.с.}/Q_r) \times (T_k^{н.с.}/t_r - T_n^{н.с.}/t_r) \times (2-n)] / (2-n), \text{ м}^3$$

где:

- $W_{н.с.}$ – рабочий объем резервуара насосной станции, м^3 ;
- $Q_{н.с.}$ – максимальная производительности насосов в насосной станции, л/с;
- $T_n^{н.с.}$ – момент времени, при котором расход дождевого стока, поступающего в насосную станцию, начинает превышать её максимальную производительность, мин;
- $T_k^{н.с.}$ – момент времени, при котором расход дождевого стока, поступающего в насосную станцию, перестаёт превышать её максимальную производительность, мин.

Примем для примера величину максимальной производительности насосов насосной станции $Q_{н.с.} = 100 \text{ л/с}$.

Величина $T_n^{н.с.}$ рассчитывается по формуле (2) Приложения 8 рекомендаций:

$$T_n^{н.с.} = t_r \times (Q_{н.с.}/Q_r)^{1/(1-n)} = 10 \times (100/342,3)^{1/(1-0,71)} = 0,14 \text{ мин.}$$

Величина $T_k^{н.с.}$ рассчитывается подбором по формуле (3) Приложения 8 рекомендаций:

$$Q_{н.с.} = 342,3 \times [(T_k^{н.с.}/10)^{1-0,71} - (T_k^{н.с.}/10 - 1)^{1-0,71}]$$

В результате подбора установлено $T_k^{н.с.} = 15,61 \text{ мин}$. Подставляя указанное значение, а также значение $T_n^{н.с.} = 0,14 \text{ мин}$. в формулу (1) вычисляем:

$$W_{н.с.} = 0,06 \times 342,3 \times 10 \times [(15,61/10)^{2-0,71} - (0,14/10)^{2-0,71} - (15,61/10 - 1)^{2-0,71} - (100/342,3) \times (15,61/10 - 0,14/10) \times (2-0,71)] / (2-0,71) = 113,8 \text{ м}^3$$

Аналогичный расчёт с другими значениями производительности $Q_{н.с.}$:

$Q_{н.с.}, \text{ л/с}$	110	120	130	140	150	200
$W_{н.с.}, \text{ м}^3$	104,9	96,6	88,9	81,6	74,7	44,4

**5.2. Перекачка очищаемой части зарегулированного по расходу дождевого стока.
(вторая схема регулирования)**

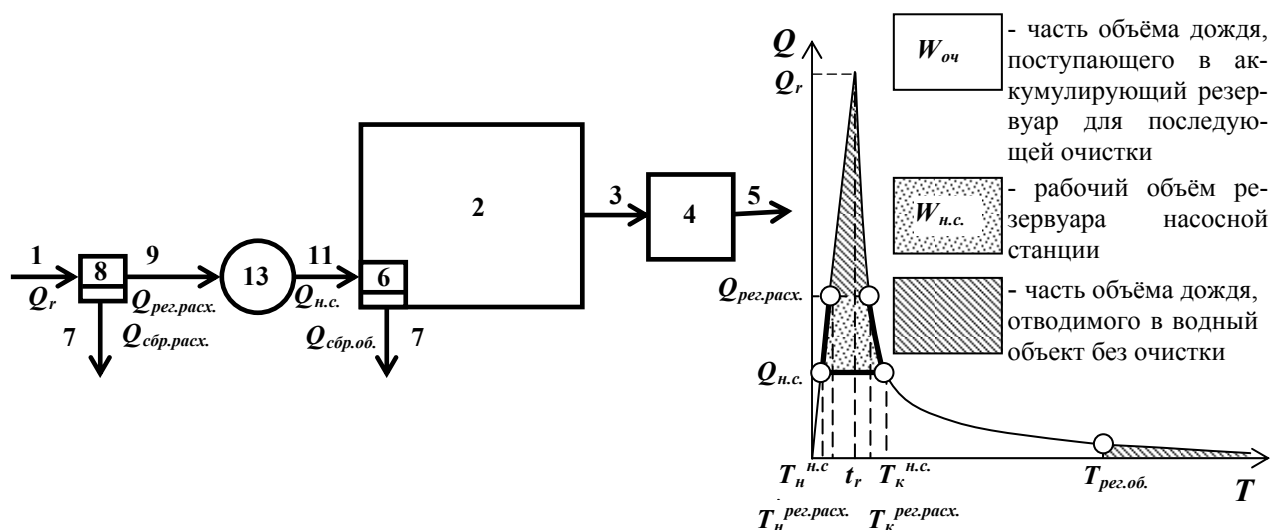


Рис. 4. Схема 3 перекачки очищаемой части зарегулированного по расходу
дождевого стока.

13 – насосная станция.

Рабочий объём резервуара насосной станции W_{nc} при максимальной производительности насосов в насосной станции Q_{nc} (см. рис. 4) рассчитывается по формуле (4) Приложения 8 рекомендаций:

$$W_{HC} = 0,06 \times Q_r \times t_r \times [(T_K^{hc}/t_r)^{2-n} - (T_H^{hc}/t_r)^{2-n} - (T_K^{hc}/t_r - 1)^{2-n} - \\ - (Q_{HC}/Q_r) \times (T_K^{hc}/t_r - T_H^{hc}/t_r) \times (2-n) - \\ - (T_K^{pez.pacx}/t_r)^{2-n} + (T_H^{pez.pacx}/t_r)^{2-n} + (T_K^{pez.pacx}/t_r - 1)^{2-n} + \\ + (Q_{pez.pacx}/Q_r) \times (T_K^{pez.pacx}/t_r - T_H^{pez.pacx}/t_r) \times (2-n)] / (2-n), \quad m^3$$

Значения T_n^{nc} , T_k^{nc} определяются по формулам (2), (3) Приложения 8 рекомендаций, а $T_{n,reg.rasx}$, $T_{k,reg.rasx}$ – соответственно, по формулам (6), (7) Приложения 7 рекомендаций.

Ранее вычисленная величина $T_n^{рег.расх} = 0,07 \text{ мин.}$, а величина $T_k^{рег.расх} = 18,9 \text{ мин.}$

Примем для примера величину максимальной производительности насосов насосной станции $Q_{nc} = 40 \text{ л/с}$.

Тогда:

$$T_h^{hc} = t_r \times (O_{hc}/O_r)^{1/(1-n)} = 10 \times (40/342,3)^{1/(1-0,71)} = 0,006 \text{ мин.}$$

Величина T_k^{nc} , рассчитанная подбором по формуле (3) Приложения 8 рекомендаций, составила $T_k^{n.c} = 41,17 \text{ мин.}$ Подставляя указанное значение, а также значение $T_n^{nc} = 0,006 \text{ мин.}$ в формулу (4), вычисляем:

$$W_{nc} = 0,06 \times 342,3 \times 10 \times [(41,17/10)^{2-0,71} - (0,006/10)^{2-0,71} - (41,17/10 - 1)^{2-0,71} - \\ - (40/342,3) \times (41,17/10 - 0,006/10) \times (2 - 0,71) - \\ - (18,9/10)^{2-0,71} + (0,07/10)^{2-0,71} + (18,9/10 - 1)^{2-0,71} + \\ + (80,6/342,3) \times (18,9/10 - 0,07/10) \times (2 - 0,71)] / (2 - 0,71) = 65,6 \text{ м}^3$$

5.3. Перекачка избыточной части зарегулированного по объёму дождевого стока. (первая схема регулирования)

Рабочий объём резервуара насосной станции W_{nc} при максимальной производительности насосов в насосной станции Q_{nc} (см. рис. 5) рассчитывается по формуле (5) Приложения 8 рекомендаций:

$$W_{HC} = 0,06 \times Q_r \times t_r \times [(T_K^{HC}/t_r)^{2-n} - (T_K^{HC}/t_r - 1)^{2-n}] / (2-n) - W_{Oч} - 0,06 \times Q_{HC} \times (T_K^{HC} - T_{нег.об}), M^3$$

Значение момента времени $T_{рег.об}$, при котором избыточный сток начинает поступать из аккумулирующего резервуара в приёмный резервуар насосной станции, определяется по формуле (3) Приложения 7, а момент времени $T_{к}^{н.с.}$ – по формуле (3) Приложения 8 рекомендаций.

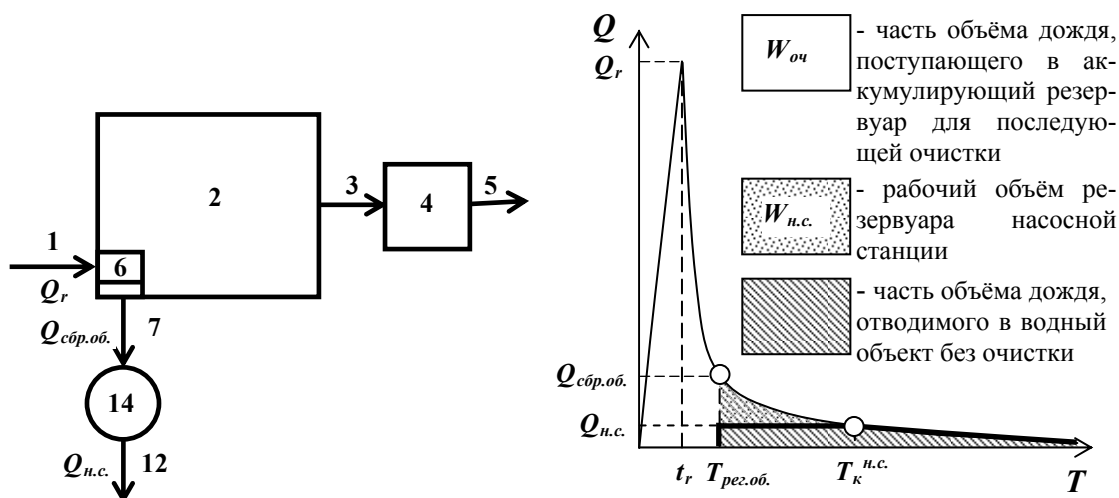


Рис. 5. Схема 4 перекачки избыточной части зарегулированного по объёму дождевого стока.
14 – насосная станция.

Ранее вычисленная величина $T_{рег.об} = 14,94$ мин.

Примем для примера величину максимальной производительности насосов насосной станции $Q_{нс} = 15$ л/с. При этом величина $T_{к}^{н.с.}$, рассчитанная подбором по формуле (3) Приложения 8 рекомендаций, составила 41,2 мин.

Подставляя указанные значения, вычисляем $W_{нс}$:

$$W_{нс} = 0,06 \times 342,3 \times 10 \times [41,2/10)^{2-0,71} - (41,2/10 - 1)^{2-0,71}] / (2-0,71) - 203,1 - 0,06 \times 15 \times (41,2 - 14,94) = 31,9 \text{ м}^3$$

5.4. Перекачка избыточной части зарегулированного по расходу дождевого стока. (вторая схема регулирования)

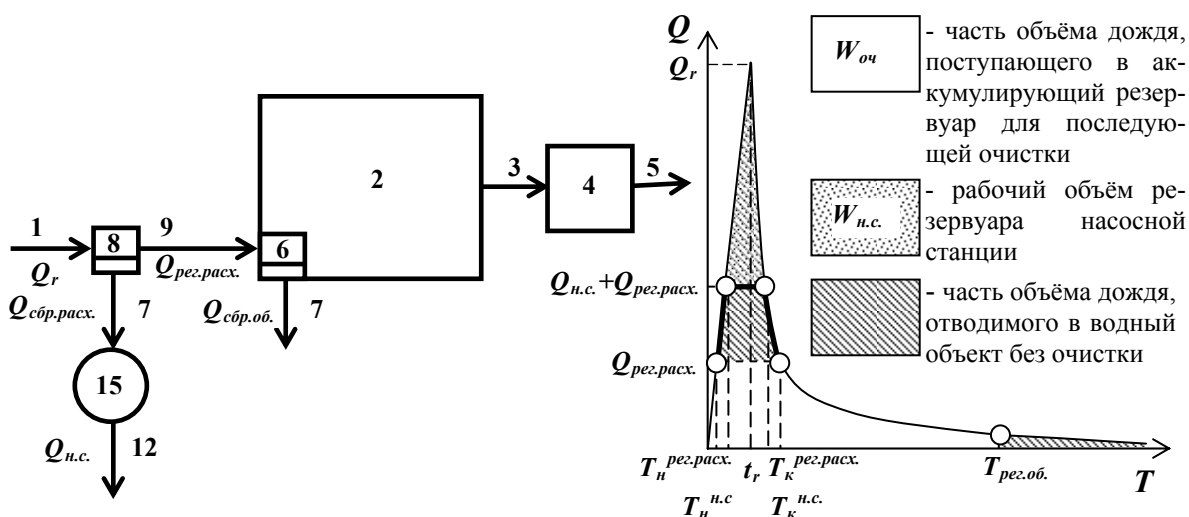


Рис. 6. Схема 5 перекачки избыточной части зарегулированного по расходу дождевого стока.
15 – насосная станция.

Рабочий объём резервуара насосной станции $W_{нс}$ при максимальной производительности насосов в насосной станции $Q_{нс}$ (см. рис. 6) рассчитывается по формуле (6) Приложения 8 рекомендаций:

$$W_{nc} = 0,06 \times Q_r \times t_r \times \{ (T_{\kappa}^{nc}/t_r)^{2-n} - (T_n^{nc}/t_r)^{2-n} - (T_{\kappa}^{nc}/t_r - 1)^{2-n} - \\ - [(Q_{nc} + Q_{рег.расх})/Q_r] \times (T_{\kappa}^{nc}/t_r - T_n^{nc}/t_r) \times (2-n) \} / (2-n), \text{ м}^3$$

Примем для примера величину максимальной производительности насосов насосной станции $Q_{nc} = 60 \text{ л/с}$.

Значение T_n^{nc} определяется по формуле (7) Приложения 8 рекомендаций:

$$T_n^{nc} = t_r \times [(Q_{nc} + Q_{рег.расх})/Q_r]^{2-n} = 10 \times [(60 + 80,6)/342,3]^{1/(1-0,71)} = 0,47 \text{ мин.}$$

Значение T_{κ}^{nc} определяется подбором по формуле (8) Приложения 8 рекомендаций:

$$Q_{nc} = Q_r \times [(T_{\kappa}^{nc}/t_r)^{1-n} - (T_n^{nc}/t_r - 1)^{1-n}] - Q_{рег.расх} = \\ 342,3 \times [(T_{\kappa}^{nc}/10)^{1-0,71} - (0,47/10 - 1)^{1-0,71}] - 80,6$$

В результате подбора установлено $T_{\kappa}^{nc} = 12,67 \text{ мин.}$

Подставляя указанные значения T_n^{nc} и T_{κ}^{nc} , вычисляем W_{nc} :

$$W_{nc} = 0,06 \times 342,3 \times 10 \times \{ (12,67/10)^{2-0,71} - (0,47/10)^{2-0,71} - (12,67/10 - 1)^{2-0,71} - \\ - [(60 + 80,6)/342,3] \times (12,67/10 - 0,47/10) \times (2 - 0,71) \} / (2 - 0,71) = 81,1 \text{ м}^3$$

По аналогичным зависимостям и расчётным формулам производятся расчёты количественных характеристик поверхностных сточных вод для других климатических районов, периодов однократного превышения расчётной интенсивности (слоя) дождя и снеготаяния.