

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**А. Ю. Плавич**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ  
ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ**

**Расчёт водоснабжения и водоотведения жилого здания**

Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ для  
студентов, обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки  
20.04.02 «Природообустройство и водопользование»

Калининград  
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»  
2026

УДК 697.443.001.63 (035.5)

Рецензент

кандидат биологических наук, доцент, заведующий кафедрой техносферной безопасности и природообустройства ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» Н.Р. Ахмедова

Плавич, А. Ю.

Проектирование систем водоснабжения и водоотведения: Расчёт водоснабжения и водоотведения жилого здания: учеб.-метод. пособие по выполнению лабораторных работ, обучающихся в магистратуре по напр. подгот. 20.04.02 Природообустройство и водопользование. / А. Ю. Плавич. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2026. – 42 с.

Проектирование систем водоснабжения и водоотведения. Изложена методика расчёта внутренних сетей водоснабжения и водоотведения многоквартирного жилого дома в виде отдельных практических заданий.

Учебно-методическое пособие предназначено студентам магистратуры, обучающимся по направлению подготовки 20.04.02 Природообустройство и водопользование.

Рис. – 4, табл. – 8, список лит. – 15 наименований

Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ рекомендовано к изданию в качестве локального электронного методического материала для использования в учебном процессе методической комиссией института рыболовства и аквакультуры ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» 27.03.2026 г., протокол № 3

УДК 697.443.001.63 (035.5)

© Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
"Калининградский государственный  
технический университет", 2026 г.  
© Плавич А. Ю. 2026 г.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	4
Лабораторная работа «Расчёт водоснабжения и водоотведения жилого здания» .....	6
Рекомендуемая литература .....	36
Приложения	
Таблицы для гидравлического расчета безнапорных трубопроводов из поливинилхлоридных труб.....	38
Карта значений величин интенсивности дождя.....	41

## Введение

Дисциплина «Проектирование систем водоснабжения и водоотведения» входит в состав основной профессиональной образовательной программы бакалавриата по направлению подготовки 20.034.02 «Природообустройство и водопользование».

Целью изучения дисциплины является формирование системы знаний, умений и практических навыков, необходимых для проектирования, внедрения и управления инженерными решениями в сфере водного хозяйства, включая мелиорацию сельскохозяйственных территорий, с учетом современных технологий и принципов устойчивого развития.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

знать: состав исходных данных для разработки проектной документации системы водоснабжения и водоотведения, в том числе, мелиоративной; требуемые параметры проектируемого объекта, передовой российский и зарубежный опыт по разработке проектной документации;

уметь: выбирать технические данные для обоснованного принятия решений по проектированию; оценивать разрабатываемые проекты и техническую документацию на соответствие требованиям нормативно-технической документации и нормативных правовых актов, специальным техническим условиям и заданным технико-экономическим показателям;

владеть: навыками выполнения проверочных расчетов и проверки принятых проектных решений.

Целью лабораторного практикума по дисциплине «Проектирование систем водоснабжения и водоотведения» является формирование у обучающихся практических навыков и профессиональных компетенций, необходимых для:

- выполнения инженерных расчетов и разработки проектной документации по системам водоснабжения и водоотведения (включая мелиоративные объекты);

- обоснованного выбора технических решений на основе анализа исходных данных;

- проверки проектных решений на соответствие требованиям нормативно-технической документации;

- применения современного программного обеспечения при проектировании инженерных систем.

В учебно-методическом пособии содержатся задания и методические рекомендации, необходимые для их выполнения, по теме «Расчёт водоснабжения и водоотведения жилого здания». Для выполнения расчётов необходимо наличие

нормативной и справочной литературы, представленной в соответствующем разделе учебно-методического пособия. Электронный вариант всей литературы студенты могут получить у преподавателя.

Лабораторные работы выполняются в аудиториях, оснащенных компьютерной техникой и программным обеспечением. По результатам работы составляется отчет в виде пояснительной записки, графическая часть выполняется в виде сопроводительных рисунков, схем, графиков. На выполнение лабораторной работы по данной теме выделяется более двух академических часов.

При проведении лабораторных работ в аудиториях, оснащенных компьютерной техникой:

1) запрещается прикасаться к разъемам, проводам, экранам мониторов и тыльным сторонам системных блоков без разрешения преподавателя:

2) запрещается включать, выключать или перезагружать компьютеры без указания преподавателя;

3) запрещается устанавливать программное обеспечение, копировать или удалять файлы без разрешения;

4) при обнаружении неисправности оборудования (искрение, запах гари, отсутствие изображения) немедленно прекратить работу и сообщить преподавателю;

5) соблюдать правила электробезопасности: не использовать поврежденные кабели, не класть на оборудование посторонние предметы.

## **Лабораторная работа «Расчёт водоснабжения и водоотведения жилого здания»**

**Цель работы:** сформировать у обучающихся практические навыки выполнения гидравлических и технологических расчетов систем водоснабжения и водоотведения жилого здания, а также умения разрабатывать проектную и расчетно-пояснительную документацию в соответствии с требованиями действующих нормативных документов.

**Задание:** выполнить расчет водоснабжения и водоотведения 5-этажного многоквартирного жилого дома, включая:

- определение расчетных расходов воды и стоков;
- подбор счетчиков воды;
- расчет напора внутреннего пожарного крана;
- определение потерь напора в трубопроводах различных типов;
- исследование рабочей точки центробежного насоса;
- расчет емкости водонапорного бака;
- проектирование системы внутренних водостоков.

Расчеты оформить в виде таблиц и графиков, чертежи – в виде схем и аксонометрических изображений.

**Используемое оборудование и программное обеспечение:** персональный компьютер с установленным программным обеспечением Microsoft Excel (для выполнения расчетов, построения графиков и таблиц); система автоматизированного проектирования - любая САД-система для выполнения схем и чертежей; нормативно-техническая документация; методические рекомендации и справочные таблицы (приложения к учебно-методическому пособию).

### **Определение расчётных расходов**

Для расчета принят 5 этажный многоквартирный дом (2 секции;  $n = 30$  квартир; 3,5 чел. в квартире;  $U = 105$  чел ( $30 \cdot 3,5$ ); 6 канализационных стояков. Дом благоустроен системами холодного и горячего водопровода.

Дом оборудован санитарно-техническими приборами:

- кухонная мойка;
- ванна длиной 1500 мм;
- умывальник;
- унитаз со смывным бачком вместимостью 6,5 л.

В здании установлено два поливочных крана.

В каждой квартире четыре точки водоразбора в системе холодного водопровода ( $30 \cdot 4 = 120$ ) и три точки в системе горячего водопровода ( $30 \cdot 3 = 90$ ).

Требуется определить:

- все виды расчетных расходов воды для дома в целом;
- расчетные расходы стоков для одного канализационного стояка;
- расчетные расходы стоков для дома в целом (длина выпуска  $L = 21,3$  м);
- расчетные расходы стоков для секционного выпуска ( $L = 11$  м), объединяющего 4 стояка в одной секции дома.

Устанавливаем число водоразборных приборов:

- в квартире  $N_{кв}^{tot} = N_{кв}^c = 4$ ;  $N_{кв}^h = 3$ ,
- в здании  $N^{tot} = N^c = 4 \cdot 30 + 2$  (поливочные краны)  $= 122$ ;  $N^h = 3 \cdot 30 = 90$ .

В соответствии с табл. А2 [1] нормы расхода воды на одного потребителя в час наибольшего водопотребления составляют:

- общий –  $q_{hr,u}^{tot} = 15,6$  л/ч;
- горячей воды –  $q_{hr,u}^h = 8,5$  л/ч;
- холодной воды –  $q_{hr,u}^c = 15,6 - 8,5 = 7,1$  л/ч.

По той же таблице норма расхода воды санитарно-техническим прибором:

- общий –  $q_o^{tot} = 0,3$  л/с ( $q_{o,hr}^{tot} = 300$  л/ч);
- холодной воды –  $q_o^c = 0,2$  л/с ( $q_{o,hr}^c = 200$  л/ч);
- горячей воды –  $q_o^h = 0,2$  л/с ( $q_{o,hr}^h = 200$  л/ч).

Число потребителей в здании  $U = V_o \cdot n_{кв} = 3,5 \cdot 30 = 105$  чел. Определяем секундную вероятность действия приборов по формуле:

$$P^{tot} = \frac{q_{hr,u}^{tot} \cdot U}{3600 \cdot q_o^{tot} \cdot N^{tot}} = \frac{15,6 \cdot 105}{3600 \cdot 0,3 \cdot 122} = 0,0124;$$

$$P^c = \frac{q_{hr,u}^c \cdot U}{3600 \cdot q_o^c \cdot N^c} = \frac{7,1 \cdot 105}{3600 \cdot 0,2 \cdot 122} = 0,0085;$$

$$P^h = \frac{q_{hr,u}^h \cdot U}{3600 \cdot q_o^h \cdot N^h} = \frac{8,5 \cdot 105}{3600 \cdot 0,2 \cdot 90} = 0,0138.$$

Находим значение произведения  $NP$  и по табл. Б.2 [1] значения коэффициентов  $\alpha$ . Промежуточные значения  $\alpha$  следует определять точной интерполяцией.

Для здания:

$$N^{tot}P^{tot} = 122 \cdot 0,0124 = 1,513; \alpha^{tot} = 1,221;$$

$$N^cP^c = 122 \cdot 0,0085 = 1,037; \alpha^c = 0,988;$$

$$N^hP^h = 90 \cdot 0,0138 = 1,242; \alpha^h = 1,092.$$

Для квартиры:

$$N_{кв}^cP^c = 4 \cdot 0,0085 = 0,034; \alpha_{кв}^c = 0,245;$$

$$N_{кв}^hP^h = 3 \cdot 0,0138 = 0,0414; \alpha_{кв}^h = 0,2584.$$

Определяем расчётные секундные расходы.

Для здания:

$$q^{tot} = 5 \cdot q_o^{tot} \cdot \alpha^{tot} = 5 \cdot 0,3 \cdot 1,221 = 1,832 \text{ л/с};$$

$$q^c = 5 \cdot q_o^c \cdot \alpha^c = 5 \cdot 0,2 \cdot 0,988 = 0,988 \text{ л/с};$$

$$q^h = 5 \cdot q_o^h \cdot \alpha^h = 5 \cdot 0,2 \cdot 1,092 = 1,092 \text{ л/с}.$$

Для квартиры:

$$q_{кв}^c = 5 \cdot q_o^c \cdot \alpha_{кв}^c = 5 \cdot 0,2 \cdot 0,245 = 0,245 \text{ л/с};$$

$$q_{кв}^h = 5 \cdot q_o^h \cdot \alpha_{кв}^h = 5 \cdot 0,2 \cdot 0,2584 = 0,258 \text{ л/с}.$$

Определим часовую вероятность действия приборов по формулам:

$$P_{hr}^{tot} = \frac{3600 \cdot P^{tot} \cdot q_o^{tot}}{q_{o,hr}^{tot}} = \frac{3600 \cdot 0,0124 \cdot 0,3}{300} = 0,0445;$$

$$P_{hr}^c = \frac{3600 \cdot P^c \cdot q_o^c}{q_{o,hr}^c} = \frac{3600 \cdot 0,0085 \cdot 0,2}{200} = 0,031;$$

$$P_{hr}^h = \frac{3600 \cdot P^h \cdot q_o^h}{q_{o,hr}^h} = \frac{3600 \cdot 0,0138 \cdot 0,2}{200} = 0,0497.$$

Находим значение произведения  $NP_{hr}$  и по табл. Б.2 [1] значения коэффициентов  $\alpha_{hr}$ . Промежуточные значения  $\alpha_{hr}$  определяем точной интерполяцией.

Для здания:

$$N^{tot}P_{hr}^{tot} = 122 \cdot 0,0445 = 5,429; \alpha_{hr}^{tot} = 2,703;$$

$$N^cP_{hr}^c = 122 \cdot 0,031 = 3,782; \alpha_{hr}^c = 2,132;$$

$$N^hP_{hr}^h = 90 \cdot 0,0497 = 4,473; \alpha_{hr}^h = 2,377.$$

Для квартиры:

$$N_{кв}^cP_{hr}^c = 4 \cdot 0,031 = 0,124; \alpha_{hrкв}^c = 0,372;$$

$$N_{кв}^hP_{hr}^h = 3 \cdot 0,0497 = 0,149; \alpha_{hrкв}^h = 0,398.$$

Для секции:

$$N^{tot}_{секц}P_{hr}^{tot} = 61 \cdot 0,0455 = 2,775; \alpha_{hr,секц}^{tot} = 1,753.$$

Определяем максимальные часовые расходы.

Для здания:

$$q_{hr}^{tot} = 0,005 \cdot q_{o,hr}^{tot} \cdot \alpha_{hr}^{tot} = 0,005 \cdot 300 \cdot 2,703 = 4,05 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$q_{hr}^c = 0,005 \cdot q_{o,hr}^c \cdot \alpha_{hr}^c = 0,005 \cdot 200 \cdot 2,132 = 2,132 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$q_{hr}^h = 0,005 \cdot q_{o,hr}^h \cdot \alpha_{hr}^h = 0,005 \cdot 200 \cdot 2,377 = 2,377 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Для квартиры:

$$q_{hrкв}^c = 0,005 \cdot q_{o,hr}^c \cdot \alpha_{hrкв}^c = 0,005 \cdot 200 \cdot 0,372 = 0,372 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$q_{hrкв}^h = 0,005 \cdot q_{o,hr}^h \cdot \alpha_{hrкв}^h = 0,005 \cdot 200 \cdot 0,398 = 0,398 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Для секции:

$$q_{hr,секц}^{tot} = 0,005 \cdot q_{o,hr}^{tot} \cdot \alpha_{hr,секц}^{tot} = 0,005 \cdot 300 \cdot 1,753 = 2,63 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Определяем средние часовые расходы воды  $q_T$  за период (сутки) водопотребления по (5) из [1].

$$q_T = Q_{сут,м} / T.$$

Для этого по п. 5.2.2.6 и (8) из [1] определяем суточные расходы воды со средним за год водопотреблением  $Q_{сут,m}$  (общий  $Q_{сут,m}^{tot}$ , горячей  $Q_{сут,m}^h$  или холодной  $Q_{сут,m}^c$ ), м<sup>3</sup>/сут, на хозяйственно-питьевые нужды в населенном пункте, учитывая поливочный расход (см. задание).

Для здания:

$$Q_{сут,m}^{tot} = \frac{\sum_1^i q_{m,u,i}^{tot} U_i}{1000} + Q_{пол} = \frac{250 \cdot 105}{1000} + 2,2 = 28,45 \quad \text{м}^3 / \text{сут};$$

$$Q_{сут,m}^h = \frac{\sum_1^i q_{m,u,i}^h U_i}{1000} = \frac{85 \cdot 105}{1000} = 8,925 \quad \text{м}^3 / \text{сут};$$

$$Q_{сут,m}^c = \frac{\sum_1^i q_{m,u,i}^c U_i}{1000} + Q_{пол} = \frac{(250 - 85) \cdot 105}{1000} + 2,2 = 19,525 \quad \text{м}^3 / \text{сут}.$$

$$q_{T}^{tot} = Q_{сут,m}^{tot} / T = 28,45 / 24 = 1,185 \text{ м}^3 / \text{ч};$$

$$q_{T}^h = Q_{сут,m}^h / T = 8,925 / 24 = 0,372 \text{ м}^3 / \text{ч};$$

$$q_{T}^c = Q_{сут,m}^c / T = 19,525 / 24 = 0,814 \text{ м}^3 / \text{ч}.$$

Для квартиры:

$$Q_{сут,m,кв}^h = \frac{\sum_1^i q_{m,u,i}^h U_i}{1000} = \frac{85 \cdot 3,5}{1000} = 0,298 \quad \text{м}^3 / \text{сут};$$

$$Q_{сут,m,кв}^c = \frac{\sum_1^i q_{m,u,i}^c U_i}{1000} = \frac{(250 - 85) \cdot 3,5}{1000} = 0,578 \quad \text{м}^3 / \text{сут}.$$

$$q_{Tкв}^h = Q_{сут,m,кв}^h / T = 0,298 / 24 = 0,012 \text{ м}^3 / \text{ч};$$

$$q_{Tкв}^c = Q_{сут,m,кв}^c / T = 0,578 / 24 = 0,024 \text{ м}^3 / \text{ч}.$$

Коэффициенты часовой неравномерности вычисляем по формуле (7) [1].

Максимальные для здания:

$$K_{max}^{tot} = q_{hr}^{tot} / q_T^{tot} = 4,05 / 1,185 = 3,418;$$

$$K_{max}^h = q_{hr}^h / q_T^h = 2,377 / 0,372 = 6,39 ;$$

$$K_{max}^c = q_{hr}^c / q_T^c = 2,132 / 0,814 = 2,619,$$

где  $q_{hr}$  – максимальный часовой расход воды (общий  $q_{hr}^{tot}$ , горячей  $q_{hr}^h$  или

холодной  $q_{hr}^c$ ), м<sup>3</sup>/ч;

$q_T$  – средний часовой расход воды (общий  $q_T^{tot}$ , горячей  $q_T^h$  или холодной  $q_T^c$ ), м<sup>3</sup>/ч.

Максимальные для квартиры:

$$K_{max, кв}^h = q_{hrкв}^h / q_{Ткв}^h = 0,398 / 0,012 = 33,17 ;$$

$$K_{max, кв}^c = q_{hrкв}^c / q_{Ткв}^c = 0,372 / 0,024 = 15,5.$$

Соответствующие значения минимальных коэффициентов часовой неравномерности, определённые по таблице 1, составят:

для здания:

$$K_{min}^{tot} = 0,04 \text{ (Если } K_{max} > 3, \text{ то } K_{min} = 0,04) ;$$

$$K_{min}^h = 0,04 ; \text{ (Если } K_{max} > 3, \text{ то } K_{min} = 0,04) ;$$

$$K_{min}^c = 0,086;$$

для квартиры:

$$K_{min, кв}^h = 0,04 \text{ (Если } K_{max} > 3, \text{ то } K_{min} = 0,04);$$

$$K_{min, кв}^c = 0,04 \text{ (Если } K_{max} > 3, \text{ то } K_{min} = 0,04).$$

Определение минимального коэффициента часовой неравномерности  
(промежуточные значения определяются интерполяцией)

$K_{max}$	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,25	2,5	2,75	3,0
$K_{min}$	1,0	0,74	0,54	0,4	0,29	0,21	0,14	0,1	0,07	0,04

Минимальные часовые расходы воды  $q_{hr,min}$  (общий  $q^{tot}_{hr,min}$ , горячей  $q^h_{hr,min}$  или холодной  $q^c_{hr,min}$ ), м<sup>3</sup>/ч, вычисляем по (6) [2].

Для здания:

$$q^{tot}_{hr,min} = q^{tot}_T \cdot K^{tot}_{min} = 1,185 \cdot 0,04 = 0,0474,$$

$$q^h_{hr,min} = q^h_T \cdot K^h_{min} = 0,372 \cdot 0,04 = 0,0149,$$

$$q^c_{hr,min} = q^c_T \cdot K^c_{min} = 0,814 \cdot 0,086 = 0,07,$$

где  $K_{min}$  – минимальный коэффициент часовой неравномерности, определяемый по табл. 1 в зависимости от максимального коэффициента часовой неравномерности.

Для квартиры, м<sup>3</sup>/ч:

$$q^h_{hr,min,кв} = q^h_{Ткв} \cdot K^h_{min,кв} = 0,012 \cdot 0,04 = 0,00048,$$

$$q^c_{hr,min,кв} = q^c_{Ткв} \cdot K^c_{min,кв} = 0,024 \cdot 0,04 = 0,00096.$$

Нами были определены минимальные часовые расходы воды на дом и на квартиру. Необходимо рассчитать их для квартала. Выполняем это суммированием расходов по зданиям в квартале – у нас три одинаковых дома, значит, повторять определение расходов для каждого дома не нужно. Полученные расходы для одного дома умножаем на три. Результаты сведём в таблицу 2.

Таблица 2

Общая формула		Квартира	Дом	Квартал
$K_{max} = \frac{q_{hr}}{q_T}$	$K_{max}^{tot} = \frac{q_{hr}^{tot}}{q_T^{tot}}$		4,05/1,185 = 3,418	–
	$K_{max}^h = q_{hr}^h/q_T^h$	0,398/0,012 = 33,17	2,377/0,372 = 6,39	–
	$K_{max}^c = q_{hr}^c/q_T^c$	0,372/0,024 = 15,5	2,132/0,814 = 2,619	–
$K_{min}$ (табл. 1)	$K_{min}^{tot}$		0,04	–
	$K_{min}^h$	0,04	0,04	–
	$K_{min}^c$	0,04	0,086	–
$q_{hr\ min} = q_T \cdot K_{min}$ , м <sup>3</sup> /ч	$q_{hr,\ min}^{tot} = q_T^{tot} \cdot K_{min}^{tot}$		1,185 · 0,04 = 0,0474	0,0474 · 3 = 0,142
	$q_{hr,\ min}^h = q_T^h \cdot K_{min}^h$	0,012 · 0,04 = 0,00048	0,372 · 0,04 = 0,0149	0,0149 · 3 = 0,045
	$q_{hr,\ min}^c = q_T^c \cdot K_{min}^c$	0,024 · 0,04 = 0,00096	0,814 · 0,086 = 0,07	0,07 · 3 = 0,21

Определяем расходы сточных вод.

Для стояков систем канализации расчетным расходом является максимальный секундный расход стоков ( $q^s$ , л/с) от присоединенных к стояку санитарно-технических приборов, не вызывающий срыва гидравлических затворов любых видов санитарно-технических приборов (приемников сточных вод). Этот расход определяется как сумма расчетного максимального секундного расхода воды общей (суммарно холодной и горячей) для всех санитарно-технических приборов  $q^{tot}$  и расчетного максимального секундного расхода стока  $q_0^{s,1}$  от прибора с максимальным водоотведением (как правило, принимается равным 1,6 л/с – сток от смывного бачка унитаза) по формуле (20) из [1]:

$$q^s = q^{tot} + q_0^{s,1}.$$

Для отводных трубопроводов системы канализации расчетным расходом является расход  $q^{sL}$ , л/с, значение которого вычисляют в зависимости от числа санитарно-технических приборов  $N$ , присоединенных к проектируемому участку сети, и длины этого участка трубопровода  $L$ , м, по формуле (21) [1]:

$$q^{sL} = \frac{q_{hr}^{tot}}{3,6} + K_s q_0^{s,2},$$

где  $K_s$  – коэффициент, принимаемый по табл. 4.

Для жилого здания  $q_0^{s,2}$  принимают равным 1,1 л/с – расход от заполненной ванны емкостью 150–180 л с выпуском диаметром 40–50 мм.

Следует обратить внимание, что чаще встречается единый выпуск из здания. В этом случае секционные выпуски отсутствуют и расчёт сводится к определению расхода от всего здания в единый выпуск.

Определение расходов стоков сведено в таблицу 3.

Таблица 3

Показатели	Формула для расчета	Расчет
Расчетный максимальный секундный расход стоков $q^s$ для стояка, л/с	$q^s = q^{tot} + q_0^{s,1}$ (20) [1]	1,83 + 1,6 = 3,43 л/с Проверка пропускной способности вентилируемого стояка по п. 8.2.2, прил. Е.1, п. Е.1.1, табл. Е.1 [1] пройдена
Расчетный максимальный секундный расход стоков $q^{sL}$ для секционного выпуска, л/с (60 приборов на секцию, длина выпуска $L = 6 + 5 = 11$ м).	$q^{sL} = \frac{q_{hr}^{tot}}{3,6} + K_S \cdot q_0^{s,2}$ (21) [1]	$\frac{2,63}{3,6} + 0,5 \cdot 1,1 = 1,281$ л/с
<p>Примечания:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. При расчете по формуле (21) [1] значения <math>K_S</math> определяются по таблице 4 при <math>L = 11</math> м и <math>N = 60</math> (для секционного выпуска). Таких выпусков два, они одинаковые.</li> <li>2. Величина <math>q_0^{s,1}</math> в формуле (20) [1] принимается равной <math>q_0^{s,1} = 1,6</math> л/с в соответствии с рекомендацией п. 8.2.1 [1] – как сток от прибора с максимальным секундным расходом воды от смывного бачка (см. табл. А.1 [1]).</li> <li>3. Значения <math>q_0^{s,2}</math> при расчете по формуле (21) [1] принимаются равными <math>q_0^{s,2} = 1,1</math> л/с – как расход от полностью заполненной ванны емкостью 150–180 л с выпуском <math>\varnothing 40</math>–50 мм (см. п. 8.2.2 [1]).</li> </ol>		

Таблица 4

N	Значения $K_S$ при $L$ , м												
	1	3	5	7	10	15	20	30	40	50	100	500	1000
4	0,61	0,51	0,46	0,43	0,40	0,36	0,34	0,31	0,27	0,25	0,23	0,15	0,13
8	0,63	0,53	0,48	0,45	0,41	0,37	0,35	0,32	0,28	0,26	0,24	0,16	0,13
12	0,64	0,54	0,49	0,46	0,42	0,39	0,36	0,33	0,29	0,26	0,24	0,16	0,14
16	0,65	0,55	0,50	0,47	0,43	0,39	0,37	0,33	0,30	0,27	0,25	0,17	0,14
20	0,66	0,56	0,51	0,48	0,44	0,40	0,38	0,34	0,30	0,28	0,25	0,17	0,14
24	0,67	0,57	0,52	0,48	0,45	0,41	0,38	0,35	0,31	0,28	0,26	0,17	0,15
28	0,68	0,58	0,53	0,49	0,46	0,42	0,39	0,36	0,31	0,29	0,27	0,18	0,15
32	0,68	0,59	0,53	0,50	0,47	0,43	0,40	0,36	0,32	0,30	0,27	0,18	0,15
36	0,69	0,59	0,54	0,51	0,47	0,43	0,40	0,37	0,33	0,30	0,28	0,19	0,16
40	0,70	0,60	0,55	0,52	0,48	0,44	0,41	0,37	0,33	0,31	0,28	0,19	0,16
100	0,77	0,69	0,64	0,60	0,56	0,52	0,49	0,45	0,40	0,37	0,34	0,23	0,20
500	0,95	0,92	0,89	0,88	0,86	0,83	0,81	0,77	0,73	0,70	0,66	0,50	0,44
1000	0,99	0,98	0,97	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93	0,91	0,90	0,88	0,77	0,71

Примечание. За длину  $L$  принимается расстояние от последнего на расчетном участке стояка до ближайшего присоединения следующего стояка или, при отсутствии таких присоединений, до ближайшего канализационного колодца

Величина и размерности	Исходные данные к вариантам									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Количество секций в здании	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2
Число квартир $n_{кв}$ в здании	128	192	256	128	192	256	128	192	256	50
Средняя заселённость, чел/кв	3	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9
Количество этажей	16	16	16	16	16	16	16	16	16	5
Количество канализационных и водопроводных стояков (каждых)	8	12	16	8	12	16	8	12	16	10
Длина секционного выпуска $L$ , м	5	6	7	8	9	10	11	12	5	6
Величина и размерности	Исходные данные к вариантам									
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Количество секций в здании	2	3	4	2	3	4	2	3	2	
Число квартир $n_{кв}$ в здании	40	72	112	64	108	160	88	144	40	
Средняя заселённость, чел/кв	3,8	3,9	4	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	
Количество этажей	5	6	7	8	9	10	11	12	5	
Количество канализационных и водопроводных стояков (каждых)	8	12	16	8	12	16	8	12	8	
Длина секционного выпуска $L$ , м	7	8	9	10	11	12	5	6	7	

### Подбор счётчика воды

Диаметр условного прохода счетчика воды следует выбирать по среднечасовому расходу воды за период потребления (сутки, смену), который не должен превышать эксплуатационный расход по паспорту.

Счетчик с предварительно принятым диаметром условного прохода следует проверять на пропуск расчетного максимального часового или максимального секундного расхода; при этом потери давления в счетчиках воды не должны превышать для крыльчатых счетчиков 0,05 МПа (5 м), а для турбинных 0,025 МПа (2,5 м);

Составим таблицу расходов для подбора счётчиков воды.

Таблица 5 – Сводная таблица расходов

Объект	Среднечасовой расход	Максимальный секунднй расход
Квартира	$q_{\text{ГКВ}}^c = 0,024 \text{ м}^3/\text{ч}$	$q_{\text{КВ}}^c = 0,245 \text{ л/с}$
Здание	$q_{\text{Т}}^c = 0,814 \text{ м}^3/\text{ч}$	$q^c = 0,988 \text{ л/с}$

Потери давления в счетчике  $h_{сч}$ , м, при расчетном секундном расходе воды  $q$ , л/с, (табл. 5) следует вычислять по формуле:

$$h_{сч} = Sq^2,$$

где  $S$  – гидравлическое сопротивление счетчика, м/(л/с)<sup>2</sup>, при расчетном секундном расходе воды (таблица 6).

## Справочные данные по счётчикам воды [4]

Диаметр условного прохода счетчика, мм	Параметры					
	расход воды, м <sup>3</sup> /ч			порог чувствительности, м <sup>3</sup> /ч, не более	максимальный объем воды за сутки, м <sup>3</sup>	Гидравлическое сопротивление счетчика S, $\frac{м}{(л/с)^2}$
	минимальный	эксплуатационный	максимальный			
15	0,03	1,2	3	0,015	45	14,5
20	0,05	2	5	0,025	70	5,18
25	0,07	2,8	7	0,035	100	2,64
32	0,1	4	10	0,05	140	1,3
40	0,16	6,4	16	0,08	230	0,5
50	0,3	12	30	0,15	450	0,143
65	1,5	17	70	0,6	610	810·10 <sup>-5</sup>
80	2	36	110	0,7	1300	264·10 <sup>-5</sup>
100	3	65	180	1,2	2350	76,6·10 <sup>-5</sup>
150	4	140	350	1,6	5100	13·10 <sup>-5</sup>
200	6	210	600	3	7600	3,5·10 <sup>-5</sup>
250	15	380	1000	7	13700	1,8·10 <sup>-5</sup>

Осуществляем предварительный подбор диаметров счётчиков воды по среднечасовому расходу, подбор диаметров и проверку на пропуск максимального секундного расхода сведем в таблицу 7.

Таблица 7 – Подбор диаметров счётчиков, проверка на пропуск максимального секундного расхода

Объект	Среднечасовой расход	Предварительный диаметр по табл. 9	S по табл. 9	Потери напора, м, в счётчике $h = Sq^2$	Результат контроля
Квартира	$q_{\text{ТКВ}}^c = 0,024 \text{ м}^3/\text{ч}$ (табл. 5)	15	14,5	$14,5 \cdot 0,245^2 = 0,87$	<5, пройден
Здание	$q_{\text{Т}}^c = 0,814 \text{ м}^3/\text{ч}$ (табл. 5)	15	14,5	$14,5 \cdot 0,988^2 = 14,15$	>5, не пройден
Увеличиваем до 20 мм			5,18	$5,18 \cdot 0,988^2 = 5,06$	>5, не пройден
Увеличиваем до 25 мм			2,64	$2,64 \cdot 0,988^2 = 2,58$	<5, пройден

Осуществить подбор счётчика холодной воды, установленного на квартире и на здании по вышеуказанной методике для своего варианта расчёта задачи №1.

## Определение напора перед внутренним пожарным краном

Определить рабочий напор перед внутренним пожарным краном диаметром  $d$  при подаче через него воды в количестве  $q$ , длине пожарного рукава  $l_p$ , диаметре spryska  $d_{cnp}$  и требуемой высоте компактной струи  $h$ .

Величина и размерности	Исходные данные к вариантам									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$d, мм$	50	65	50	65	50	65	50	65	50	65
$q, л/с$	6,5	6,8	7	7,2	7,5	2,5	5	5,2	5,8	6
$l_p, м$	10	15	20	10	15	20	10	15	20	10
$d_{cnp}, мм$	13	16	19	13	16	19	13	16	19	13
$h, м$	6	8	10	12	14	16	18	6	8	10
Величина и размерности	Исходные данные к вариантам									
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
$d, мм$	50	65	50	65	50	65	50	65	50	
$q, л/с$	7,5	2,5	5	5,2	6,9	6	6,5	6,8	7	
$l_p, м$	15	20	10	15	20	10	15	20	10	
$d_{cnp}, мм$	13	16	19	13	16	19	13	16	19	
$h, м$	12	14	16	18	6	8	10	12	14	

Решение задачи ведётся по таблице 8 (СП 10.13130.2009). При этом следует помнить, что при подборе заданные параметры допускается корректировать следующим образом. Расход на пожаротушение, длина рукава, высота струи должны быть не менее требуемого, диаметр spryska может быть любым. Если требуемый расход невозможно подать одной струёй, то количество струй увеличивают. В задаче возможно несколько вариантов решения, однако следует принять тот вариант, в котором напор перед пожарным краном будет минимальным.

При попадании в «прочерки» таблицы следует изменить диаметр spryska.

Таблица 8

## Выдержки из СП 10.13130.2009.

Высота компактной части струи или помещения, м	Производительность пожарной струи, л/с	Напор, м, у пожарного крана с рукавами длиной, м			Производительность пожарной струи, л/с	Напор, м, у пожарного крана с рукавами длиной, м			Производительность пожарной струи, л/с	Напор, м, у пожарного крана с рукавами длиной, м		
		10	15	20		10	15	20		10	15	20
		Диаметр sprыска наконечника пожарного ствола, мм										
		13			16			19				
<i>Пожарные краны d = 50 мм</i>												
6	-	-	-	-	2,6	9,2	9,6	10	3,4	8,8	9,6	10,4
8	-	-	-	-	2,9	12	12,5	13	4,1	12,9	13,8	14,8
10	-	-	-	-	3,3	15,1	15,7	16,4	4,6	16	17,3	18,5
12	2,6	20,2	20,6	21	3,7	19,2	19,6	21	5,2	20,6	22,3	24
14	2,8	23,6	24,1	24,5	4,2	24,8	25,5	26,3	-	-	-	-
16	3,2	31,6	32,2	32,8	4,6	29,3	30	31,8	-	-	-	-
18	3,6	39	39,8	40,6	5,1	36	38	40	-	-	-	-
<i>Пожарные краны d = 65 мм</i>												
6	-	-	-	-	2,6	8,8	8,9	9	3,4	7,8	8	8,3
8	-	-	-	-	2,9	11	11,2	11,4	4,1	11,4	11,7	12,1
10	-	-	-	-	3,3	14	14,3	14,6	4,6	14,3	14,7	15,1
12	2,6	19,8	19,9	20,1	3,7	18	18,3	18,6	5,2	18,2	19	19,9
14	2,8	23	23,1	23,3	4,2	23	23,3	23,5	5,7	21,8	22,4	23
16	3,2	31	31,3	31,5	4,6	27,6	28	28,4	6,3	26,6	27,3	28
18	3,6	38	38,3	38,5	5,1	33,8	34,2	34,6	7	32,9	33,8	34,8
20	4	46,4	46,7	47	5,6	41,2	41,8	42,4	7,5	37,2	38,5	39,7

## Определение потерь напора в трубопроводе

Определить потери напора в трубопроводе с условным проходом  $d$ , длиной  $l$  при расчётном расходе  $q$ .

Расчёт произвести для труб:

1. стальных водогазопроводных (ГОСТ 3262-75\*);
2. стальных электросварных (ГОСТ 10704-76, ГОСТ 8696-74);
3. чугунных (ГОСТ 9583-75);
4. асбестоцементных (ГОСТ 539-80);
5. полиэтиленовых (ГОСТ 18599-83).

Произвести вычисления для четырёх видов трубопроводов:

- а) хозяйственно-питьевой;
- б) хозяйственно-противопожарный;
- в) противопожарный;
- г) производственно-противопожарный.

Величина и размерности	Исходные данные к вариантам									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$d, мм$	15	20	25	32	40	50	70	80	90	100
$l, м$	15	20	25	32	40	50	70	80	90	100
$q, л/с$	1,5	1,8	2,5	3,5	4,6	4	8	9,5	10,3	14
Величина и размерности	Исходные данные к вариантам									
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
$d, мм$	125	150	80	90	100	150	40	50	70	
$l, м$	125	150	80	90	150	150	40	50	70	
$q, л/с$	15,5	16,5	15,5	18,5	12,5	10,8	3,6	4,5	6	

### Примечание:

1. Шевелев Ф. А., Шевелев А. Ф. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб: Справ, пособие. - 8-е изд., перераб. и доп. М.: ООО «БАСТЕТ», 2007. -336 с.
2. Если сортамент труб не предусматривает заданного диаметра – взять ближайший и сделать пояснение.

3. В примере решения заполнен один столбец для труб стальных водогазопроводных. При выполнении контрольных работ заполнить всю таблицу.

Дано:

$$d = 50 \text{ мм}; q = 1,4 \text{ л/с}; l = 28 \text{ м.}$$

На стр. 41 [15] (для труб водогазопроводных) находим искомые значения удельных потерь напора  $1000i$ .

$$1000i = 23,8 \text{ мм вод. ст./м.}$$

Потери напора составят:

$$h = 1000i \cdot l / 1000 = 23,8 \cdot 28 / 1000 = 0,6664 \text{ м}$$

Если требуется произвести расчёт для конкретного вида трубопровода – потери умножают на соответствующие коэффициенты:

Вид трубопровода	Коэффициент
Хозяйственно-питьевой	1,3
Хозяйственно-противопожарный	1,2
Противопожарный	1,1
Производственно-противопожарный	1,15

Результаты расчёта удобно представить в виде таблицы:

Вид трубопровода	ГОСТ труб				
	3262-75*	10704-76	9583-75	539-80	18599-83
Удельные потери $1000i$ , мм вод. ст./м.	23,8				
Потери напора $h$ , м	0,6664				
Хозяйственно-питьевой	0,866				
Хозяйственно-противопожарный	0,8				
Противопожарный	0,733				
Производственно-противопожарный	0,766				

## Исследование зависимости характеристик центробежного насоса при его работе на трубопровод

Центробежный насос, характеристика которого задана, подаёт воду на геометрическую высоту  $H_{г}$  (рисунок 1). Трубы всасывания и нагнетания имеют диаметры  $d_в$  и  $d_н$ , длины  $l_в$  и  $l_н$  соответственно. Температура подаваемой воды и соответствующие значения удельного веса воды  $q$  кг/м<sup>3</sup> заданы.

Найти рабочую точку при работе насоса на сеть.

Определить, как изменяются напор и мощность насоса, если задвижка частично прикрыта и полностью открыта (учтено коэффициентом местного сопротивления).

При построении характеристики насосной установки учесть нижеприведённые местные гидравлические сопротивления.

Вид местного сопротивления	$\xi$
Плавный поворот трубы $R=d$	1
Вход в трубопровод	0,5
Выход из трубопровода	1
Задвижка:	
- частично прикрытая*;	20
- открытая	0,8
* Степень прикрытия задвижки здесь не уточняется	

Материал и характеристика труб учитывается величиной эквивалентной шероховатости  $K_s$  (дано). Температура транспортируемой воды 20 °С.

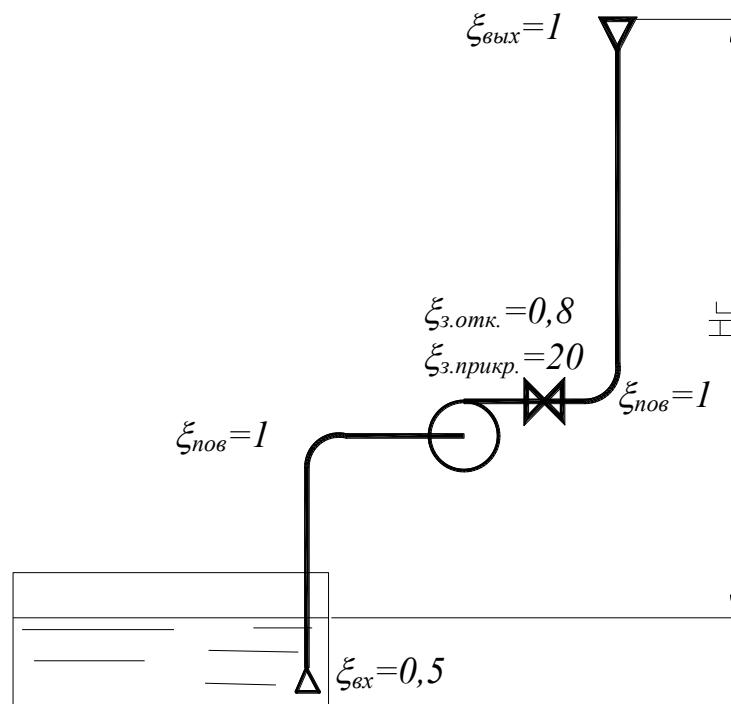


Рисунок 1.

Характеристика центробежного насоса.

$Q$ , л/с	0	0,3	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9
$H$ , м	12	11,7	11,5	11,2	10,8	10,2	9,3	8,1	6	1,8
$\eta$ , %	0	34	50	60	65	69	70	68	62	51

Величина и размерн.	Исходные данные к вариантам									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$H_2$ , м	4,5	9	8,5	8	7,5	7	7,5	6	5,5	8
$l_6$ , м	3,8	4	5	6	5	4	3	2	4	5,5
$l_n$ , м	19,5	19	18	27	26	25	36	37	38	28
$d_6$ , мм	32	50	40	32	40	32	40	32	25	40
$d_n$ , мм	25	25	32	25	25	20	32	32	25	32
$K_э$ , мм	0,06	0,06	0,06	0,06	0,075	0,075	0,075	0,075	0,06	0,05
$q$ , кг/м <sup>3</sup>	985	985	988	990	992	994	996	997	998	990
Величина и размерн.	Исходные данные к вариантам									
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
$H_2$ , м	4,3	5,8	6,5	7,6	8,5	9,5	4,5	5,4	6,5	
$l_6$ , м	2,8	3,4	4,5	3,6	4,5	2,4	3,3	4,2	1,4	
$l_n$ , м	19,5	19	18	27	26	25	36	37	38	
$d_6$ , мм	32	50	40	32	40	32	40	32	25	
$d_n$ , мм	25	25	32	25	25	20	32	32	25	
$K_э$ , мм	0,06	0,06	0,06	0,06	0,075	0,075	0,075	0,075	0,06	
$q$ , кг/м <sup>3</sup>	985	985	988	990	992	994	996	997	998	

Центробежный насос, характеристика которого задана, подаёт воду на геометрическую высоту  $H_T=1,5$  м (рисунок 1). Трубы всасывания и нагнетания имеют диаметры  $d_в=40$  мм и  $d_н=20$  мм, длины  $l_в=3$  м и  $l_н=10,5$  м соответственно. Температура подаваемой воды и соответствующие значения удельного веса воды  $q=983$  кг/м<sup>3</sup> заданы.

Общие потери напора в трубопроводе определяются по формуле:

$$h_{\text{общ}} = h_n + h_в, \text{ м},$$

где  $h_n$  и  $h_в$  – соответственно потери напора в напорном и всасывающем трубопроводе, которые определяются по аналогичным формулам.

$$h_{n(в)} = h_{ln(в)} + h_{mn(в)}, \text{ м},$$

где  $h_{ln(в)}$  – потери по длине на трение;

$h_{mn(в)}$  - потери на местные сопротивления.

$$h_{ln(в)} = \lambda_{n(в)} \frac{l_{n(в)}}{d_{n(в)}} \cdot \frac{V_{n(в)}^2}{2g}, \quad h_{mn(в)} = \sum \xi_{n(в)} \cdot \frac{V_{n(в)}^2}{2g}$$

где  $\lambda_{n(в)}$  - коэффициент гидравлического трения.

Таким образом получим, что

$$h_{n(в)} = \lambda_{n(в)} \frac{l_{n(в)}}{d_{n(в)}} \cdot \frac{V_{n(в)}^2}{2g} + \sum \xi_{n(в)} \cdot \frac{V_{n(в)}^2}{2g} = \frac{V_{n(в)}^2}{2g} \left( \lambda_{n(в)} \frac{l_{n(в)}}{d_{n(в)}} + \sum \xi_{n(в)} \right),$$

$$\lambda_{n(в)} = \frac{1}{\left( 1,74 + 2 \cdot \lg \left( \frac{K_s}{2 \cdot d_{n(в)}} \right) \right)^2}$$

$$\lambda_n = \frac{1}{\left( 1,74 + 2 \cdot \lg \left( \frac{0,06}{2 \cdot 20} \right) \right)^2} = 0,065$$

$$\lambda_{\epsilon} = \frac{1}{\left(1,74 + 2 \cdot \lg\left(\frac{0,06}{2 \cdot 40}\right)\right)^2} = 0,049$$

где  $K_3$  – величина эквивалентной шероховатости (из задания)

Для определения скорости необходимо найти площадь сечения:

$$\omega_{n(\epsilon)} = \frac{\pi \cdot d_{n(\epsilon)}^2}{4}, \text{ м}^2; \quad V_{n(\epsilon)} = \frac{Q}{\omega_{n(\epsilon)}} = \frac{4Q}{\pi \cdot d_{n(\epsilon)}^2}, \text{ м/с}$$

Для построения графика для случая с прикрытой задвижкой результаты сведём в таблицу.

$Q, \text{ л/с}$	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2
$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	0	0,0002	0,0004	0,0006	0,0008	0,001	0,0012	0,0014	0,0016	0,0018	0,002
$V_n = 4Q/(\pi d_n^2), \text{ м/с}$	0,000	0,637	1,273	1,910	2,546	3,183	3,820	4,456	5,093	5,730	6,366
$h_n = \frac{V_n^2}{2g} \left( \lambda_n \frac{L_n}{d_n} + \sum \xi_n \right)$	0,000	1,165	4,658	10,481	18,634	29,115	41,926	57,065	74,534	94,333	116,460
$V_{\epsilon} = 4Q/(\pi d_{\epsilon}^2), \text{ м/с}$	0,000	0,159	0,318	0,477	0,637	0,796	0,955	1,114	1,273	1,432	1,592
$h_{\epsilon} = \frac{V_{\epsilon}^2}{2g} \left( \lambda_{\epsilon} \frac{L_{\epsilon}}{d_{\epsilon}} + \sum \xi_{\epsilon} \right)$	0,000	0,007	0,027	0,060	0,107	0,167	0,241	0,328	0,429	0,542	0,670
$h_{\text{общ}} = h_{\epsilon} + h_n$	0,000	1,171	4,685	10,542	18,741	29,282	42,167	57,394	74,963	94,875	117,130
$h_{\text{общ}+\text{геом}} = h_{\epsilon} + h_n + H_z$	1,500	2,671	6,185	12,042	20,241	30,782	43,667	58,894	76,463	96,375	118,630

Строим график для случая с прикрытой задвижкой ( $\xi_{з.прикр.} = 20$ ) – рисунок 2.

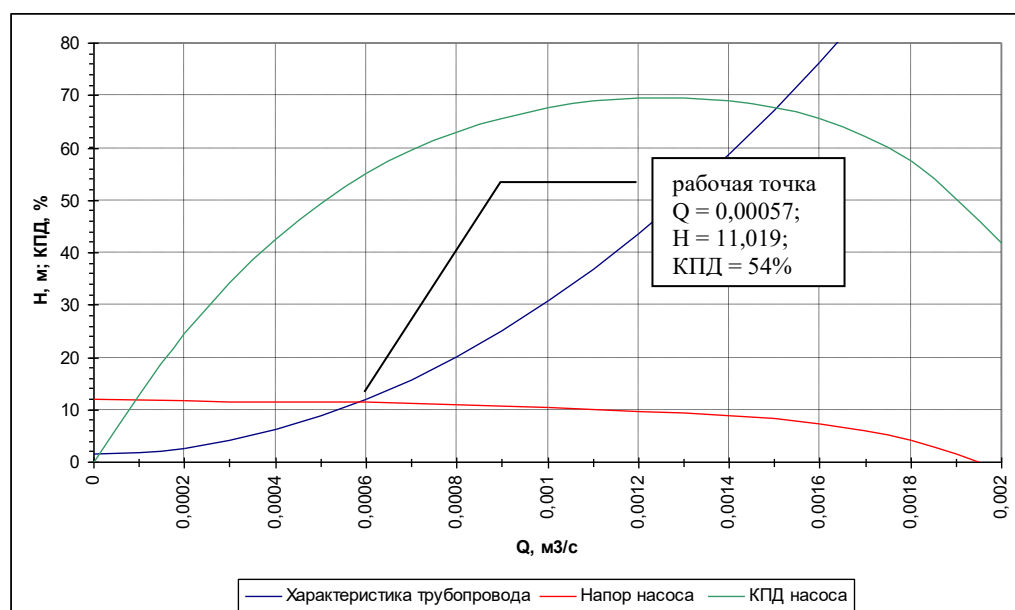


Рисунок 2 – Характеристики насоса при работе на трубопровод с прикрытой задвижкой.

Для построения графика для случая с открытой задвижкой результаты сведём в таблицу.

$Q, \text{ л/с}$	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2
$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	0	0,0002	0,0004	0,0006	0,0008	0,001	0,0012	0,0014	0,0016	0,0018	0,002
$V_H=4Q/(\pi d_H^2), \text{ м/с}$	0,000	0,637	1,273	1,910	2,546	3,183	3,820	4,456	5,093	5,730	6,366
$h_n = \frac{V_n^2}{2g} \left( \lambda_n \frac{l_n}{d_n} + \sum \xi_n \right)$	0,000	0,768	3,072	6,912	12,288	19,200	27,648	37,632	49,151	62,207	76,799
$V_6=4Q/(\pi d_6^2), \text{ м/с}$	0,000	0,159	0,318	0,477	0,637	0,796	0,955	1,114	1,273	1,432	1,592
$h_6 = \frac{V_6^2}{2g} \left( \lambda_6 \frac{l_6}{d_6} + \sum \xi_6 \right)$	0,000	0,007	0,027	0,060	0,107	0,167	0,241	0,328	0,429	0,542	0,670
$h_{\text{общ}}=h_6+h_n$	0,000	0,775	3,099	6,972	12,395	19,367	27,889	37,960	49,580	62,750	77,469
$h_{\text{общ}+\text{геом}}=h_6+h_n+H_z$	1,500	2,275	4,599	8,472	13,895	20,867	29,389	39,460	51,080	64,250	78,969

Строим график для случая с открытой задвижкой ( $\xi_{з.отк.}=0,8$ ) – рисунок 3.

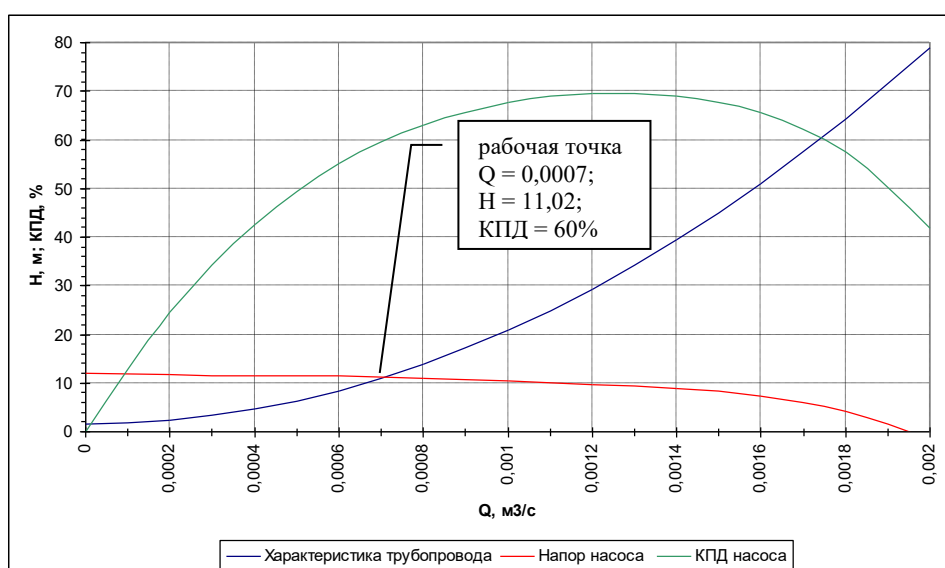


Рисунок 3 – Характеристики насоса при работе на трубопровод с открытой задвижкой.

Таким образом, при постепенном закрытии задвижки рабочая точка (пересечение характеристики  $H-Q$  насоса с характеристикой трубопровода) стремится влево.

Мощность насоса определяется по формуле:

$$N = \frac{qQ_p H_p}{102\eta}, \text{ кВт},$$

где  $\eta$  - КПД в долях.

Для случая с закрытой задвижкой:

$$N = \frac{983 \cdot 0,00057 \cdot 11,019}{102 \cdot 0,54} = 0,112 \text{ кВт}$$

Для случая с открытой задвижкой

$$N = \frac{983 \cdot 0,0007 \cdot 11,02}{102 \cdot 0,6} = 0,124 \text{ кВт}$$

Таким образом, закрытие задвижки на напорном трубопроводе ведёт к некоторому снижению мощности насоса, однако снижение КПД ограничивает широкое применение данного вида регулирования.

## Определение ёмкости водонапорного бака

а) Определить ёмкость водонапорного бака для здания с объединённым хозяйственно-питьевым и противопожарным водопроводом. Суточный расход воды для хозяйственно-питьевых целей  $q_T$ , а максимальный часовой –  $q_{hr}$ . Пожарный водопровод должен обеспечить работу двух внутренних пожарных кранов производительностью по  $q_n$ .

б) Определить ёмкость водонапорного бака при наличии насосной установки с автоматическим включением и выключением насосов. Производительность насосной установки  $q_{hr}^{sp.i}$  равна максимальному часовому расходу  $q_{hr}$ .\*

Величина и размерности	Исходные данные к вариантам									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$q_T, \text{м}^3/\text{ч}$	110	120	140	160	180	200	220	240	260	280
$q_{hr}^{sp.i}, \text{м}^3/\text{ч}$	7,2	8,2	8,8	9,6	10,4	11,8	12,2	14,2	16,2	18
$q_n, \text{л/с}$	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	5	5	5	5	2,5
Величина и размерности	Исходные данные к вариантам									
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
$q_T, \text{м}^3/\text{ч}$	115	125	130	145	170	190	210	230	250	
$q_{hr}^{sp.i}, \text{м}^3/\text{ч}$	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
$q_n, \text{л/с}$	2,5	2,5	5	5	5	5	2,5	5	2,5	

Дано:

$$q_n = 2,5 \text{ л/с}$$

$$q_T = 100 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$q_{hr} = q_{hr}^{sp.i} = 6,6 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$T = 6 \text{ ч} - \text{период недостатка напора в сети}^*$$

$$n = 3 - \text{число включений в час насосной установки}^*$$

\* - можно принять для всех вариантов такими же.

а) Объем напорно-запасных баков определяется по формуле 31 п.13.12 СНиП 2.04.01-85\*:

$$V = BW + W_1,$$

где  $B$  – коэффициент запаса, принимаемый равным 1,2 согласно п.13.12;

$W_1$  – противопожарный объем воды, м<sup>3</sup>;

$W$  – регулирующий объем бака, определяется по формуле

$$W = T \cdot q_{hr,m}^c,$$

где  $q_{hr,m}^c$  – среднечасовой расход холодной воды, м<sup>3</sup>/ч.

$$q_{hr,m}^c = q_T / 24 = 100 / 24 = 4,17 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$W = 6 \cdot 4,17 = 25 \text{ м}^3$$

Согласно п.6.9 СНиП 2.04.01-85\* Расположение и вместимость водонапорных баков здания должны обеспечивать получение в любое время суток компактной струи высотой не менее 4 м на верхнем этаже или этаже, расположенном непосредственно под баком, и не менее 6 м - на остальных этажах; при этом число струй следует принимать: две производительностью 2,5 л/с каждая в течение 10 мин при общем расчетном числе струй две и более, одну - в остальных случаях.

$$W_1 = 2,5 \text{ л/с} \cdot 2 \text{ струи} \cdot 10 \text{ мин} \cdot 60 \text{ с/мин} = 3000 \text{ л} = 3 \text{ м}^3$$

$$V = 1,2 \cdot 25 + 3 = 33 \text{ м}^3.$$

б) Согласно п.13.4а СНиП 2.04.01-85\*:

$$W = \frac{q_{hr}^{spi}}{4n} = \frac{6,6}{4 \cdot 3} = 0,55 \text{ м}^3$$

$$V = 1,2 \cdot 0,55 + 3 = 3,66 \text{ м}^3$$

## Расчёт внутренних водостоков

Для отвода дождевых и талых вод с кровли проектируемого здания рассчитать систему внутренних водостоков. Для каждой секции предусмотреть одну водосточную воронку. Дождевые воды отвести в наружную дождевую канализацию. Трубопроводы проложить открыто под потолком помещений, водосточный стояк – вдоль капитальной стены здания на лестничной клетке. В местах поворота труб установить прочистки, на стояке на уровне первого этажа – ревизии. Водосточные воронки присоединить к отводным трубопроводам при помощи компенсационных патрубков с эластичной заделкой. Аксонометрическая схема внутренних водостоков жилого дома представлена на рисунке 4.

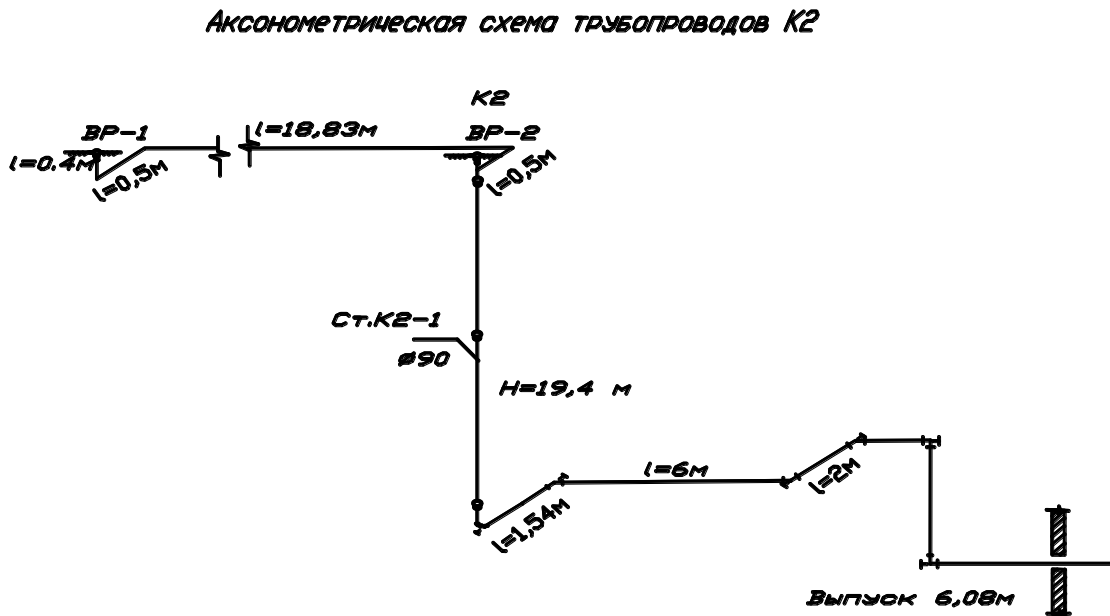


Рисунок 4 – Аксонометрическая схема внутренних водостоков жилого дома

Расчётный расход дождевых вод с кровли проектируемого объекта определяется отдельно для каждой секции по формуле 34 [1]. Параметр  $q_{20}$  для г. Калининграда, согласно прил. Б равен 100 л/с с 1 га (см. прил. Б). Площадь водосбора для одной секции  $F$  с учётом 30% суммарной площади вертикальных стен, примыкающих к кровле и возвышающихся над ней:

$$F = (32 \cdot 12 + (32 \cdot 2 + 12 \cdot 2) \cdot 0,5 \cdot 0,3) / 2 = 198,6 \text{ м}^2.$$

(При расчётах по вариантам – водосборная площадь уже задана).

Определяем расчётный расход ливневой воды на одну воронку:

$$Q = \frac{F \cdot q_{20}}{10000} = \frac{198,6 \cdot 100}{10000} = 2 \quad \text{л/с},$$

где  $q_{20}$  – интенсивность дождя, л/с на 1 га, для данной местности продолжительностью 20 мин, определяемая по прил. Б.

Для жилых и общественных зданий с плоскими кровлями рекомендуется применять воронки типа Вр7 с патрубком диаметром 80 мм, для промышленных зданий – типа Вр9 диаметром 220 мм. На плоских эксплуатируемых кровлях рекомендуется применять воронки типа Вр10, а на плоских кровлях, заполняемых водой, - типа Вр8.

По таблице 7 [1] подбираем диаметр стояка. Согласно этой таблицы подходит диаметр 85 мм, однако по сортаменту полиэтиленовых труб принимаем ближайший в большую сторону – 110 мм.

Согласно [1], отводные трубопроводы на чердаке прокладываем с уклоном 0,005 в сторону водосточного стояка.

Следует учесть п. 8.6.4 [1]. На плоской кровле здания и в одной ендове необходимо устанавливать не менее двух водосточных воронок.

Водосточные воронки на кровле следует размещать с учетом ее рельефа, допускаемой площади водосбора на одну воронку и конструкции здания.

Максимальное расстояние между водосточными воронками при любых видах кровли не должно превышать 48 м.

Для расчёта горизонтальных участков внутридомовой ливневой канализации используем прил. А с проверкой выполнения п. 8.3.2 [1].

Согласно п.8.3.2 [1] должно выполняться условие:

$$V \sqrt{\frac{h}{d}} \geq K,$$

где  $K$  для полиэтиленовых труб равно 0,5.

При расходе 2 л/с (от одной воронки), экстраполируя значения табл. прил. А получим:

H/D	i=0,018	
	qs	V
0,3	2,17	1,02
0,4	3,79	1,205
0,290	2	1,001

$$1,001\sqrt{0,29} = 0,54 \geq 0,5$$

Контроль пройден.

При расходе 4 л/с (от здания в целом), интерполируя значения табл. прил.

А получим:

H/D	i=0,018	
	qs	V
0,4	3,79	1,205
0,5	5,69	1,35
0,411	4	1,221

$$1,221\sqrt{0,411} = 0,78 \geq 0,5$$

Контроль пройден.

Осуществляем проверку системы на пропуск критического расхода, определяемого по формуле:

$$Q_{кр} = \sqrt{\frac{H}{il + r_m \sum \xi \cdot Q^2}},$$

где  $H$  – напор или разность отметок, м;

$l$  – суммарная длина трубопроводов, м;

$i$  – гидравлический уклон.

Трубопроводы	Удельные сопротивления трению $i \times 10^{-3}$ , с <sup>2</sup> /л <sup>2</sup> , для трубопроводов внутренних водостоков					
	Условный проход, мм					
	80	100	125	150	200	250
Чугунные канализационные (ГОСТ 6942-80)	-	0,365	-	0,042	-	-
Чугунные напорные	1,71	0,365	0,11	0,042	0,009	0,0028
Асбестоцементные (ГОСТ 1839-80)	0,735	0,165	0,067	0,028	0,006	0,002
Полиэтиленовые (ГОСТ 22689-77)	0,962	0,11	0,043	0,023	-	-
Стальные (ГОСТ 3262-75* и 8732-87)	1,17	0,267	0,106	0,045	0,0093	0,0026

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

Вид местного сопротивления	$\xi$
Поворот на 90°	0,65
Поворот на 135°	0,45
Воронка	1,5
Выпуск	1
Тройник «на проход» прямой	0,25
Тройник «на поворот» прямой	0,9
Тройник «на поворот» косой	0,8

$r_m$  – удельное местное сопротивление,  $(\text{м}\cdot\text{с}^2)/\text{л}^2$  при  $\xi=1$ , в зависимости от диаметра условного прохода, мм, имеет следующие значения:

$d_v$	75	80	100	125	150	200	250
$r_m \cdot 10^{-5}$	260	102	83	34	16,5	5,2	2,1

$Q$  – расход ливневых вод, л/с.

$$Q_{кр} = \sqrt{\frac{19,4}{\left[0,536 \cdot 10^{-3} \cdot (0,4 + 0,5 + 18,83 + 0,5) + 92,5 \cdot 10^{-5} \cdot (1,5 + 3 \cdot 0,65 + 0,9) \cdot 2^2\right]^* + \left[0,536 \cdot 10^{-3} \cdot (19,4 + 1,54 + 6 + 2 + 6,08) + 92,5 \cdot 10^{-5} \cdot (0,65 \cdot 4 + 1) \cdot 4^2\right]**}} = 14,02 \text{ л/с}$$

где: \* - ветка от одной воронки; \*\* - ветка от двух секций с полным

расходом от здания.

Поскольку  $Q_{кр} > Q$ , то расчёт выполнен верно.

Если критический расход получается меньше фактического, то необходимо увеличить пропускную способность системы путём увеличения диаметра.

Величина и размерности	Исходные данные к вариантам									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Город</i>	Орёл	Орск	Ташкент	Сочи	Курск	Чита	Псков	Киев	Уфа	Рига
<i>F, м<sup>2</sup></i> (водосборная площадь одной секции)	850	900	940	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300
<i>H, м</i> (разность отметок воронки и выпуска)	21	26	29	36	40	42	46	50	24	32
<i>L, м</i> (длина выпуска)	3	4	5	6	3	4	5	6	3	4
<i>Материал</i>	Ч	П	Ч	П	Ч	П	Ч	П	Ч	П
Величина и размерности	Исходные данные к вариантам									
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
<i>Город</i>	Москва	СПб	Калининград	Львов	Нижний Новгород	Томск	Новосиб-к	Киров	Челябинск	
<i>F, м<sup>2</sup></i> (водосборная площадь одной секции)	970	900	1000	1000	1050	1100	1150	1200	1250	
<i>H, м</i> (разность отметок воронки и выпуска)	40	42	46	50	24	32	18	24	32	
<i>L, м</i> (длина выпуска)	3	4	5	6	3	4	5	6	3	
<i>Материал</i>	Ч	П	Ч	П	Ч	П	Ч	П	Ч	

Примечание:

1. Ч – чугун; П – поливинилхлорид.
2. Интенсивность дождя определяется по прил. Б.

## Рекомендуемая литература

1. СП 30.13330.2020 Свод правил. Внутренний водопровод и канализация зданий. - М., 2016. – 82 с.
2. СТО 5.2-01-2006 Стандарт организации. Внутренний водопровод и канализация зданий. - ФГУП «СантехНИИпроект», 2006. – 53 с.
3. СНиП 2.04.01-85\*. Внутренний водопровод и канализация зданий. - М., 1996. – 72 с.
4. СНиП 2.03.04-85\*. Канализация. Наружные сети и сооружения. - М., 1986. – 132 с.
5. СП 40-102-2000. Проектирование и монтаж трубопроводов систем водоснабжения и канализации из полимерных материалов. Общие требования. - М., 2001 – 43 с.
6. СП 32.13330.2018 Свод правил. Канализация. Наружные сети и сооружения. - М., 2012 – 106 с.
7. ГОСТ 21.604-82 Система проектной документации для строительства. Водоснабжение и канализация. Наружные сети. Рабочие чертежи. – М., 1982, - 7 с.
8. Кедров В.С. Санитарно-техническое оборудование зданий: Учеб. для вузов / В.С. Кедров, Е.Н. Ловцов. – М., 1989. – 495 с.
9. Богатов Г.Ф. Водоснабжение и водоотведение жилых и общественных зданий. Пример расчёта. Учебно-методическое пособие к выполнению курсового проекта для студентов специальности 290700 – Теплогазоснабжение и вентиляция. / Г.Ф. Богатов. - КГТУ, 1997 – 44 с.
10. Саргин Ю.Н. Внутренние санитарно-технические устройства: в 3 ч. / Ю.Н. Саргин, Л.И. Друскин, И.Б. Покровская и др.; Под. ред. И.Г. Старовойра и Ю.И. Шиллера. – 4-е изд., перераб. и доп.- М., 1990. – ч. 2. – 247 с.
11. Лукиных А. А., Лукиных Н. А. Таблицы для гидравлического расчета канализационных сетей и дюкеров по формуле акад. Н. Н. Павловского. - изд. 4-е, доп. - М.: Стройиздат, 1974. - 156 с.

12. Гидравлический расчет сетей водоотведения : Расчетные таблицы / КХ М. Константинов, А. А. Василенко, А. А. Сапухин, Б. Ф. Батченко.- К.: Будівельник, 1987.-120 с.

13. Пособие по определению расчётных расходов воды в системах водоснабжения и канализации зданий микрорайонов. БЗ-98, ОАО «СантехНИИпроект», 2007. – 15 с.

14. СП 10.13130.2009 Свод правил. Системы противопожарной защиты. Внутренний противопожарный водопровод. Требования пожарной безопасности - М., 2009. – 13 с.

15. Шевелев Ф. А., Шевелев А. Ф. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб: Справ, пособие. - 8-е изд., перераб. и доп. М.: ООО «БАСТЕТ», 2007. -336 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблицы для гидравлического расчета безнапорных трубопроводов из  
поливинилхлоридных труб

$D_n = 50 \text{ мм} , S = 1,9 \text{ мм}$

$h/D$	Расход жидкости $q_s$ , л/с, и скорости $V$ , м/с, при уклоне трубопровода									
	$i=0,01$		$i=0,02$		$i=0,03$		$i=0,04$		$i=0,05$	
	$q_s$	$V$	$q_s$	$V$	$q_s$	$V$	$q_s$	$V$	$q_s$	$V$
0,3	0,13	0,34	0,207	0,55	0,27	0,72	0,32	0,85	0,37	0,98
0,4	0,23	0,41	0,36	0,65	0,47	0,85	0,56	1,014	0,64	1,16
0,5	0,35	0,47	0,55	0,74	0,716	0,96	0,85	1,14	0,97	1,30
0,6	0,48	0,51	0,75	0,8	0,97	1,04	1,15	1,23	1,3	1,4
0,7	0,60	0,54	0,94	0,845	1,22	1,09	1,44	1,3	1,65	1,47
0,8	0,706	0,55	1,1	0,86	1,43	1,11	1,69	1,32	1,92	1,5
0,9	0,77	0,54	1,2	0,85	1,55	1,098	1,84	1,3	2,09	1,48
1,0	0,7	0,47	1,1	0,74	1,43	0,96	1,7	1,14	1,94	1,3

$D_n = 110 \text{ мм} , S = 3,2 \text{ мм}$

$h/D$	Расход жидкости $q_s$ , л/с, и скорости $V$ , м/с, при уклоне трубопровода															
	$i=0,01$		$i=0,014$		$i=0,018$		$i=0,025$		$i=0,03$		$i=0,04$		$i=0,05$		$i=0,1$	
	$q_s$	$V$	$q_s$	$V$	$q_s$	$V$	$q_s$	$V$	$q_s$	$V$	$q_s$	$V$	$q_s$	$V$	$q_s$	$V$
0,3	1,525	0,717	1,86	0,87	2,17	1,02	2,62	1,23	2,91	1,368	3,4	1,6	3,85	1,81	5,6	2,63
0,4	2,68	0,85	3,26	1,034	3,79	1,205	4,57	1,45	5,07	1,61	5,92	1,88	6,7	2,13	9,7	3,08
0,5	4,02	0,955	4,89	1,16	5,69	1,35	6,85	1,625	7,58	1,8	8,85	2,1	10,00	2,374	14,45	3,43
0,6	5,46	1,033	6,62	1,25	7,7	1,46	9,26	1,75	10,25	1,94	11,95	2,26	13,5	2,56	19,48	3,69
0,7	6,84	1,085	8,29	1,31	9,64	1,53	11,58	1,84	12,82	2,03	14,94	2,37	16,88	2,68	24,32	3,86
0,8	8,00	1,107	9,7	1,34	11,27	1,56	13,55	1,874	15,00	2,07	17,47	2,42	19,73	2,73	28,43	3,93
0,9	8,71	1,09	10,56	1,32	12,27	1,536	14,75	1,846	16,33	2,04	19,02	2,38	21,49	2,69	30,97	3,87
1,0	8,05	0,955	9,77	1,16	11,37	1,35	13,7	1,625	15,16	1,8	17,7	2,1	20,00	2,374	28,9	3,43

$D_H = 160 \text{ мм}, S = 4,7 \text{ мм}$

$h/D$	Расход жидкости $q_s$ , л/с, и скорости $V$ , м/с, при уклоне трубопровода																	
	$i=0,004$		$i=0,006$		$i=0,008$		$i=0,01$		$i=0,012$		$i=0,014$		$i=0,016$		$i=0,018$		$i=0,02$	
	$q_s$	$V$	$q_s$	$V$	$q_s$	$V$	$q_s$	$V$	$q_s$	$V$	$q_s$	$V$	$q_s$	$V$	$q_s$	$V$	$q_s$	$V$
0,3	2,45	0,54	3,14	0,7	3,73	0,83	4,28	0,95	4,75	1,06	5,18	1,15	5,6	1,24	5,98	1,33	6,35	1,41
0,4	4,30	0,65	5,51	0,83	6,53	0,98	7,48	1,12	8,29	1,25	9,04	1,36	9,76	1,47	10,42	1,57	11,05	1,66
0,5	6,48	0,728	8,28	0,93	9,79	1,1	11,22	1,26	12,42	1,395	13,53	1,52	14,6	1,64	15,58	1,75	16,51	1,855
0,6	8,8	0,79	11,27	1,01	13,26	1,19	15,18	1,36	16,8	1,5	18,3	1,64	19,74	1,77	21,06	1,89	22,31	2,00
0,7	11,03	0,83	14,06	1,06	16,61	1,25	19,00	1,43	21,03	1,58	22,9	1,72	24,69	1,85	26,33	1,98	27,9	2,09
0,8	12,92	0,84	16,5	1,08	19,44	1,27	22,23	1,45	24,59	1,61	26,78	1,75	28,87	1,89	30,79	2,015	32,62	2,13
0,9	14,05	0,83	17,91	1,06	21,16	1,25	24,2	1,43	26,78	1,59	29,16	1,73	31,44	1,86	33,53	1,99	35,53	2,1
1,0	12,96	0,728	16,55	0,93	19,58	1,1	22,43	1,26	24,84	1,395	27,06	1,52	29,2	1,64	31,16	1,75	33,03	1,855

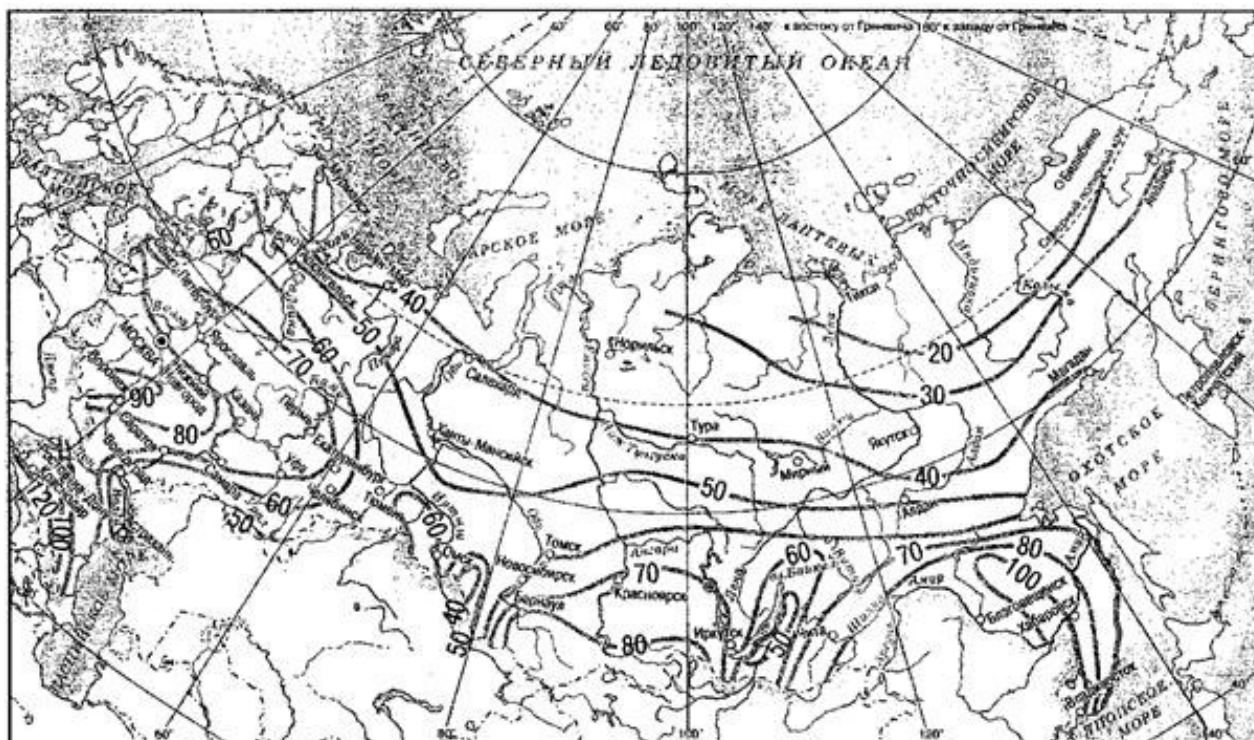
$D_H = 200 \text{ мм}, S = 5,9 \text{ мм}$

$h/D$	Расход жидкости $q_s$ , л/с, и скорости $V$ , м/с, при уклоне трубопровода											
	$i=0,004$		$i=0,006$		$i=0,008$		$i=0,01$		$i=0,012$		$i=0,014$	
	$q_s$	$V$	$q_s$	$V$	$q_s$	$V$	$q_s$	$V$	$q_s$	$V$	$q_s$	$V$
0,3	4,56	0,65	5,83	0,83	6,91	0,98	7,83	1,11	8,7	1,24	9,46	1,35
0,4	8,00	0,77	10,20	0,98	12,07	1,16	13,65	1,31	15,15	1,46	16,46	1,58
0,5	12,02	0,865	15,29	1,1	18,07	1,3	20,43	1,47	22,66	1,63	24,61	1,77
0,6	16,30	0,93	20,71	1,19	24,4	1,4	27,64	1,59	30,63	1,76	33,25	1,91
0,7	20,43	0,98	25,93	1,25	30,6	1,47	34,58	1,66	38,31	1,84	41,58	2,00
0,8	23,91	1,00	30,34	1,27	35,8	1,50	40,44	1,69	44,8	1,88	48,62	2,04
0,9	26,02	0,987	33,02	1,25	38,98	1,48	44,03	1,67	48,79	1,85	52,94	2,01
1,0	24,05	0,865	30,58	1,1	36,14	1,3	40,87	1,47	45,32	1,63	49,21	1,77
$h/D$	$i=0,016$		$i=0,018$		$i=0,02$		$i=0,022$		$i=0,026$		$i=0,028$	
	$q_s$	$V$	$q_s$	$V$	$q_s$	$V$	$q_s$	$V$	$q_s$	$V$	$q_s$	$V$
	0,3	10,22	1,45	10,92	1,55	11,58	1,65	12,17	1,73	13,26	1,89	13,92
0,4	17,77	1,71	18,99	1,83	20,11	1,94	21,14	2,03	23,02	2,21	24,14	2,32
0,5	26,55	1,91	28,36	2,04	30,03	2,16	31,56	2,27	34,34	2,47	36,00	2,59
0,6	35,87	2,06	38,3	2,20	40,54	2,33	42,60	2,44	46,34	2,66	48,58	2,79
0,7	37,57	2,16	47,87	2,30	50,67	2,44	53,23	2,56	57,89	2,78	60,68	2,92
0,8	54,43	2,20	55,97	2,35	59,23	2,48	62,22	2,61	67,67	2,84	70,93	2,97
0,9	57,1	2,16	60,96	2,31	64,52	2,45	67,78	2,57	73,71	2,79	77,27	2,93
1,0	53,1	1,91	56,72	2,04	60,06	2,16	63,11	2,27	68,68	2,47	72,01	2,59
$h/D$	$i=0,03$		$i=0,036$		$i=0,04$		$i=0,05$		$i=0,1$		$i=0,15$	
	$q_s$	$V$	$q_s$	$V$	$q_s$	$V$	$q_s$	$V$	$q_s$	$V$	$q_s$	$V$
	0,3	14,40	2,05	15,88	2,26	16,86	2,4	19,84	2,70	27,1	3,86	33,19
0,4	24,99	2,40	27,52	2,65	29,21	2,81	32,78	3,15	46,78	4,50	57,21	5,5
0,5	37,26	2,68	41,01	2,95	43,51	3,13	48,79	3,51	69,51	5,0	84,94	6,11

0,6	50,26	2,88	55,3	3,17	58,67	3,37	65,76	3,77	93,56	5,37	114,26	6,56
0,7	62,78	3,02	69,06	3,32	73,25	3,52	82,09	3,95	116,7	5,61	142,46	6,85
0,8	73,38	3,07	80,71	3,38	85,60	3,59	95,92	4,02	136,32	5,71	166,38	6,97
0,9	79,94	3,03	87,93	3,33	93,27	3,54	104,51	3,96	148,57	5,63	181,36	6,88
1,0	74,51	2,68	82,02	2,95	87,03	3,13	97,59	3,51	139,02	5,0	169,88	6,11

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Карта значений величин интенсивности дождя



Значения величин интенсивности дождя  $q_{20}$

Локальный электронный методический материал

Плавич Андрей Юрьевич

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ  
ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ**

Расчёт водоснабжения и водоотведения жилого здания

*Редактор И. Голубева*

Уч.-изд. л. 2,9. Печ. л. 2,6.

Издательство федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Калининградский государственный технический университет»  
236022, Калининград, Советский проспект, 1