

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

А. Ю. Плавич

**САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ
ОБОРУДОВАНИЕ ЗДАНИЙ**

Часть 2

Проектирование системы горячего водоснабжения

Учебно-методическое пособие – локальный электронный методический материал по выполнению курсового проекта для студентов, обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки 08.03.01 Строительство

Калининград
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»
2023

УДК 697.443.001.63 (035.5)

Рецензент

доктор технических наук, профессор кафедры строительства ФГБОУ ВО
«Калининградский государственный технический университет»

А.А. Герасимов

Плавич, А. Ю.

Санитарно-техническое оборудование зданий: учеб.-метод. пособие – локальный электронный методический материал по выполнению курсового проекта для студентов направления подготовки 08.03.01 Строительство / **А. Ю. Плавич.** – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2023. – Ч. 2. Проектирование системы горячего водоснабжения. – 63 с.

Изложена методика расчёта внутренней сети централизованного горячего водоснабжения.

Учебно-методическое пособие предназначено для содействия студентам бакалавриата, обучающимся по направлению подготовки 08.03.01 Строительство, при выполнении курсового проекта по дисциплине «Санитарно-техническое оборудование зданий».

Рис. 5, табл. 14, список лит. – 18 наименований

Учебно-методическое пособие рассмотрено и одобрено методической комиссией института морских технологий, энергетики и строительства 25.10.2023 г., протокол № 12

УДК 697.443.001.63 (035.5)

© Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Калининградский
государственный технический
университет», 2023 г.

© Плавич А. Ю., 2023 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ЗАДАНИЕ, ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ	5
2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ	5
2.1. Расчёт квартирной подводки	7
2.2. Расчёт секционного узла	8
2.3. Расчёт внутриквартальной сети горячего водоснабжения	14
2.3.1. Расчёт подающих трубопроводов	14
2.3.2. Расчёт циркуляционных трубопроводов	20
2.4. Расчёт водонагревательной установки	33
2.4.1. Расчёт первой ступени водоподогревателя	37
2.4.2. Расчёт второй ступени водоподогревателя	39
3. СПИСОК ВОПРОСОВ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ.....	42
4. ОПИСАНИЕ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ОРГАНИЗАЦИЯ ЗАЩИТЫ, КРИТЕРИИ И НОРМЫ ОЦЕНКИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	45
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	47
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	48
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	49

ВВЕДЕНИЕ

Целью освоения дисциплины «Санитарно-техническое оборудование зданий» является формирование начальных основных понятий и навыков анализа явлений и процессов в сфере будущей профессиональной деятельности.

Задачами дисциплины являются:

- усвоение технических и практических сведений по системам холодного и горячего водоснабжения, канализации и газоснабжения зданий различного назначения и их комплексов;
- оценка влияния этих систем на благоустройство зданий и обеспечению оптимальных условий труда и отдыха человека;
- оценка влияния этих систем на окружающую среду;
- рациональное использование энергетических ресурсов.

В результате освоения дисциплины студент должен:

Знать: требования нормативной документации, регламентирующей проведение и организацию работ, профессиональную терминологию в области санитарно-технического оборудования зданий, основные положения статики и динамики жидкости, составляющие основу гидравлического расчета трубопроводных систем.

Уметь: выбирать типовые схемы систем водоснабжения и водоотведения зданий, выбирать санитарно-техническое оборудование зданий, оптимальные материалы; оформлять и представлять результаты инженерных решений и расчетов.

Владеть: методикой выбора санитарно-технического оборудования зданий; навыками применять полученные в ходе изучения дисциплины знания в сфере своей профессиональной деятельности; навыками проектирования инженерных сетей здания.

Учебно-методическое пособие составлено в соответствии с действующими сводами правил.

С целью обеспечения удобства использования студентами в состав пособия включены практически все необходимые для расчетов данные из нормативной и справочной литературы.

Настоящее пособие является второй частью. Предполагается, что студент полностью овладел материалом и методикой расчета холодного водопровода, представленного в первой части – отдельного пособия по расчету холодного водопровода и водоотведения.

1. ЗАДАНИЕ, ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ

Результаты выполнения курсового проекта представляются в виде расчетно-пояснительной записки и графической части. Расчетно-пояснительная записка включает:

- титульный лист;
- задание и исходные данные;
- схему внутреннего горячего водопровода;
- определение расчётных расходов водопотребления объекта;
- гидравлический расчёт водопроводной сети;
- расчёт и подбор специального оборудования, необходимого для эксплуатации системы;
- список использованной литературы.

Графическая часть выполняется на одном стандартном листе А1, допускается использование меньших стандартных форматов. В графическую часть входят:

1. Схема внутриквартальной сети горячего водоснабжения в масштабе 1:1000.
2. Аксонометрическая схема горячего водопровода в масштабе 1:200 (1:100).
3. Двухступенчатая схема со смешанным включением водонагревателей.

На схемах должны быть показаны расчетные участки, их диаметры и длины, а также размещение запорных устройств. Должны быть указаны абсолютные отметки поверхности земли, пола, подвала и этажей, оси труб ввода, магистрали.

На схемах показываются условными обозначениями санитарные приборы, все фасонные части с учетом требований ГОСТ 21.205-2016.

В учебно-методическом пособии приводится пример задания и его решения. Персональные задания выдаются преподавателем.

В рамках данной части курсового проекта необходимо произвести расчёт системы горячего водоснабжения многоквартирного жилого дома.

2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Ввод в здание трубопроводов горячего водоснабжения (ГВС) осуществляется в канале теплосети ближе к центру здания. Разводка трубопроводов представлена на аксонометрической схеме – рис. 1.

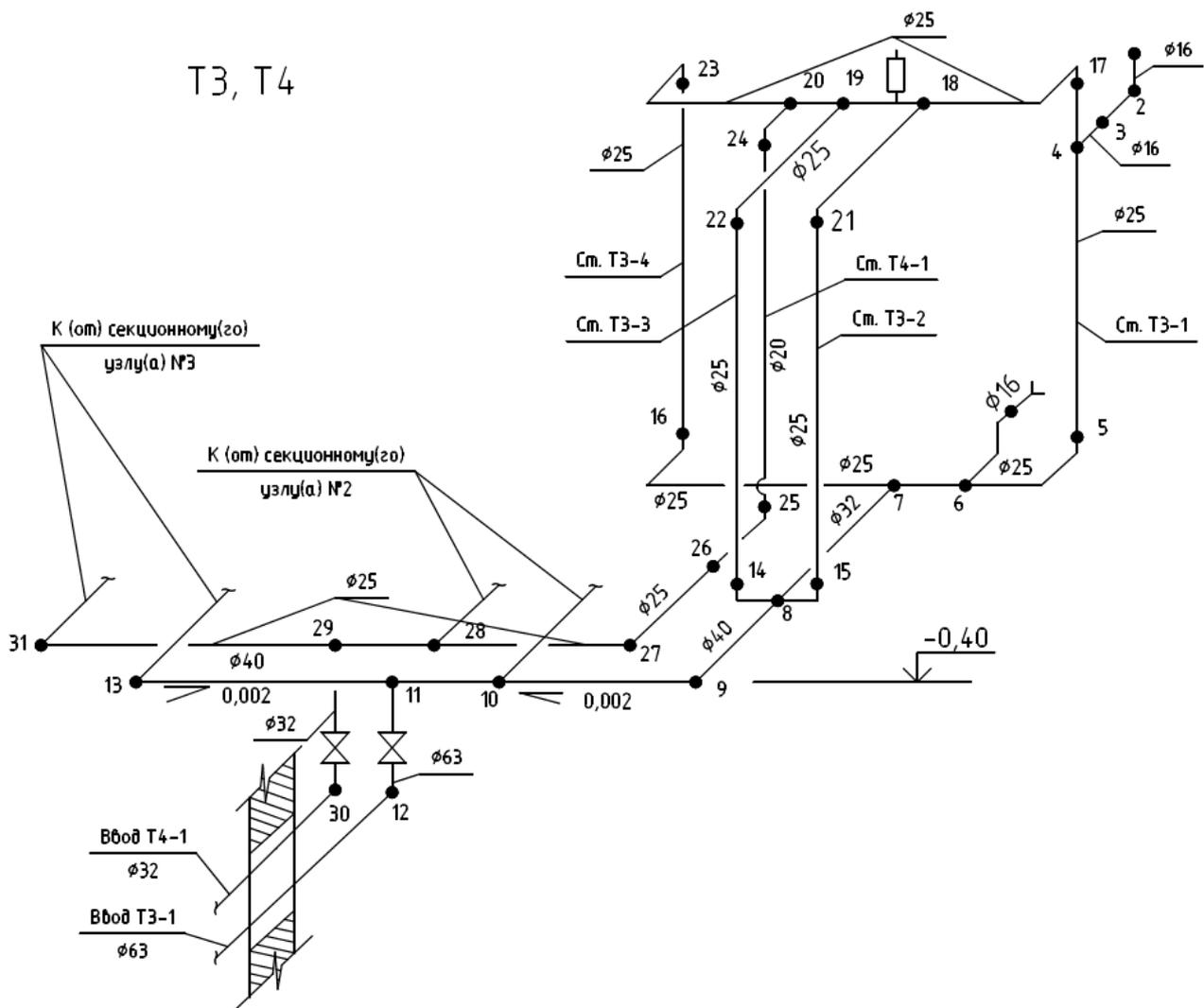


Рис. 1. Аксонометрическая схема горячего водопровода

Для проектируемого здания принята схема ГВС с нижней разводкой, при которой отдельные стояки объединяются в три секционных узла постоянного сопротивления с кольцующими перемычками между стояками с присоединением каждого секционного узла одним трубопроводом к циркуляционной магистрали. По аналогии с холодным водопроводом разбиваем сеть на расчётные участки и определяем диктующий прибор. В качестве диктующего прибора также принята ванна (смеситель ванны).

При прокладке магистральных и разводящих сетей водопровода горячей воды в жилых и общественных зданиях в подпольях, подвалах, технических этажах, под потолком общих коридоров и на чердаках следует предусматривать теплоизоляцию.

Тепловую изоляцию следует предусматривать для подающих и циркуляционных трубопроводов системы горячего водоснабжения, включая стояки, кроме подводок к водоразборным приборам. Толщина теплоизоляционного слоя должна обеспечивать допустимые потери тепла трубопроводами при расчете циркуляционного расхода. Теплопроводность теплоизоляционного материала

следует принимать не более 0,05 Вт/(м·°С), а толщину теплоизоляции не менее 10 мм.

Норма расхода горячей воды для проектируемого здания табл. А2 [2]:

- в час наибольшего водопотребления $q_{hr,u}^h = 6,5$ л/ч;

- расхода воды санитарно-техническим прибором $q_o^h = 0,2$ л/с ($q_{o,hr}^h = 200$ л/ч).

Общее количество приборов, установленных в жилом доме (в которых расходуется горячая вода) $N^h = 330$ шт.; количество потребителей $U = 378$ чел.

Расчёт системы ГВС можно разделить на четыре основных этапа:

1. Определение потерь давления и диаметров трубопроводов квартирной подводки в месте установки диктующего прибора.
2. Гидравлический и тепловой расчёт трубопроводов секционного узла.
3. Гидравлический и тепловой расчёт внутриквартальных сетей.
4. Расчёт и подбор оборудования учёта, приготовления и подачи горячей воды.

2.1. Расчёт квартирной подводки

Расчёт квартирной подводки выполняем от диктующего прибора (т. 1) до точки подключения к водоразборному стояку (т. 4) аналогично расчёту системы холодного водопровода.

Определяем **секундную** вероятность действия приборов по формуле:

$$P^h = \frac{q_{hr,u}^h \cdot U}{3600 \cdot q_o^h \cdot N^h} = \frac{6,5 \cdot 378}{3600 \cdot 0,2 \cdot 330} = 0,01034. \quad (1)$$

Результаты расчётов сведены в табл. 1. Суммарные потери давления в квартирной подводке составляют $H'_f = 5,23$ кПа.

Таблица 1

Гидравлический расчёт трубопровода квартирной подводки системы ГВС
($q_o^h = 0,2$ л/с; $P^h = 0,01034$; $k_l = 0,3$)

Участок	Длина l , м	Число приборов N , шт.	$N \cdot P^h$	Коэффициент α^h , см. [2] брил. Б, табл. Б.2	q^h , л/с	d , мм	Скорость V , м/с	Потери напора по длине		H_{il} , м	кПа
								Удельные, мбар/м	На участке, м		
1-2	0,8	1	0,010	0,2	0,2	20	1,23	12,22	0,10	0,13	1,27
2-3	1,5	2	0,021	0,217	0,217	20	1,33	14,49	0,22	0,29	2,83
3-4	4	3	0,031	0,239	0,239	20	1,47	17,44	0,09	0,12	1,13
									$H'_f =$	0,53	5,23

2.2. Расчёт секционного узла

Секционный узел обслуживает 36 квартир, число приборов в узле $N_{uz} = 110$.
 Определяем расчётный секундный расход по узлу:

$$N_{uz} \cdot P^h = 110 \cdot 0,01034 = 1,137; \quad \alpha^h_{uz} = 1,04 \text{ ([2] прил. Б, табл. Б.2)}$$

$$q^h_{uz} = 5 \cdot q^h_o \cdot \alpha^h_{uz} = 5 \cdot 0,2 \cdot 1,04 = 1,04 \text{ л/с} = 3744 \text{ л/ч.} \quad (2)$$

Схема секционного узла приведена на рис. 1. Конструктивно секционный узел включает в себя 4 стояка одинакового диаметра и длины. На каждом из них в ваннных комнатах установлены стальные полотенцесушители диаметром 25 мм. По стояку вода подаётся к $N_{st} = 27$ приборам, тогда:

$$N_{st} \cdot P^h = 27 \cdot 0,01034 = 0,279; \quad \alpha^h_{st} = 0,517 \text{ ([2] прил. Б, табл. Б.2)}$$

$$q^h_{uz} = 5 \cdot q^h_o \cdot \alpha^h_{uz} = 5 \cdot 0,2 \cdot 0,517 = 0,52 \text{ л/с} = 1861 \text{ л/ч.}$$

Диаметры участков трубопроводов секционного узла допускается назначать по табл. 2. При этом максимальная скорость движения воды в трубах не должна превышать 1,5 м/с [2, 14]. Контроль скорости можно выполнить по прил. А.

Таблица 2

Рекомендуемые диаметры трубопроводов секционных узлов [14]

Место прокладки трубопровода	Диаметр, мм
Водозаборные стояки в санитарно-технических кабинах или монтируемые россыпью в зданиях высотой до 5 этажей включительно	20
То же, в зданиях высотой более 5 этажей	25
Дополнительные стояки, прокладываемые в кухнях для подачи воды к мойкам	20
Главные стояки горячего водоснабжения при верхней разводке: в зданиях высотой 14 этажей при обслуживании узлом до 70 квартир	50
то же, до 110 квартир	70
в зданиях высотой 15 - 16 этажей	80
Участки кольцующих переемычек: циркуляционные верхние (или нижние) в зданиях высотой до 5 этажей включительно	20
то же, свыше 5 этажей	25
Подключающие участки подающих трубопроводов при обслуживании: одного водоразборного стояка диаметром 25 мм	25
двух водоразборных стояков диаметром 25 мм	32
трёх и более стояков диаметром 25 мм	40

Водопроводные стояки, трубопроводы в пределах «тёплого» чердака, в подвале покрыты теплоизоляцией.

По имеющимся диаметрам и длинам участков рассчитываем теплопотери в трубопроводах секционного узла (с учётом теплопотерь в полотенцесушителях), используя формулу (3) [2]. Расход тепла Q_T^h , кВт, на приготовление горячей воды с учётом потерь тепла подающими и циркуляционными трубопроводами Q^{ht} в течение среднего часа следует определять:

$$Q_T^h = 1,16 q_T^h (\epsilon^h - \epsilon^c) + Q^{ht}, \quad (3)$$

где q_T^h - средний часовой расход горячей воды, м³/ч;

ϵ^h - температура горячей воды в местах водоразбора или на границе балансовой принадлежности, для предварительных расчётов допускается принимать $\epsilon^h = 65^\circ\text{C}$;

ϵ^c - температура в системе холодного водоснабжения, при отсутствии данных следует принимать $\epsilon^c = 5^\circ\text{C}$.

Q^{ht} - теплопотери на расчётном участке (для нашего случая в секционном узле - Q_{uz}^{ht} , см. табл. 3), кВт.

Определяем средний часовой расход горячей воды в узле q^h_{Tuz} за расчётное время (сутки) водопотребления по (11) из [2].

$$q^h_{Tuz} = q_{u,m} \cdot U_{uz} / (1000 \cdot T), \quad (4)$$

где $q_{u,m}$ - среднесуточный расход воды, л, принимаемый по приложению А2 [2];

T - расчетное время водопотребления воды (сутки, смена), ч, принимаемое по приложению А2 [2].

$$q^h_{Tuz} = q^h_{u,m} \cdot U_{uz} / (1000 \cdot T) = 70 \cdot (378/3) / (1000 \cdot 24) = 0,368 \text{ м}^3/\text{ч};$$

Определяем циркуляционный расход в секционном узле по формуле (13.3) [10].

$$q_{uz}^{cir} = \beta \frac{\sum Q_{uz}^{ht}}{4,2 \cdot \Delta t}, \quad (5)$$

где Q_{uz}^{ht} - теплопотери в трубах горячего водоснабжения секционного узла, кВт (табл. 3);

Δt - разность температур в подающих трубопроводах системы от водонагревателя до наиболее удалённой водоразборной точки, °С;

β - коэффициент разрегулировки циркуляции.

Значения Δt и β в соответствии с рекомендациями [10] принимаем $\Delta t = 8,5$ °С, $\beta = 1$.

$$q_{uz}^{cir} = 1 \frac{6,5424}{4 \cdot 2 \cdot 8,5} = 0,183 \text{ л/с} = 659,7 \text{ л/ч}$$

Считая, что цирк. расход распределяется равномерно по всем стоякам (4 шт.), находим расход через один стояк

$$q_{st}^{cir} = \frac{q_{uz}^{cir}}{n_{st}} = \frac{0,183}{4} = 0,046 \text{ л/с} = 165 \text{ л/ч}$$

Далее вычисляем потери давления в подающих трубопроводах секционного узла в режиме циркуляции. Результаты расчётов приведены в табл. 3.

Таблица 3

Тепловой и гидравлический расчёт узла

Уча- сток	Диаметр трубо- провода участка, мм по табл. 2	Потери теплоты на 1 м трубо- провода q , Вт/м по табл. 4	Длина участка, l , м	Полные потери теплоты на участке $Q=ql$, Вт	Режим циркуляции				
					Расход воды на участке q^{cir} , л/с	Удель- ные по- тери давле- ния i , мбар/м (по прил. А)	На участке, м ($H_i=$ $=i \cdot 10,2 /$ $/1000 \cdot l$)	$H_i(1+k_i)$, м. $k_i=0,3$ (15)[2]	Па
9-8	40	29,77	3,8	113,1	0,1833	0,36	0,014	0,018	177,88
8-7	32	26,87	3,5	94,0	0,0916	0,31	0,011	0,014	141,09
7-6	25	23,61	2	47,2	0,0458	0,31	0,006	0,008	80,62
6-5	25	23,61	10	236,1	0,0458	0,31	0,032	0,041	403,10
8-14	25	23,61	1,7	40,1	0,0458	0,31	0,005	0,007	68,53
8-15	25	23,61	2,5	59,0	0,0458	0,31	0,008	0,010	100,78
7-16	25	23,61	13,5	318,7	0,0458	0,31	0,043	0,055	544,19
5-17	25	31,75	40,5	1285,9	0,0458	0,31	0,128	0,166	1632,56
14-22	25	31,75	40,5	1285,9	0,0458	0,31	0,128	0,166	1632,56
15-21	25	31,75	40,5	1285,9	0,0458	0,31	0,128	0,166	1632,56
16-23	25	31,75	40,5	1285,9	0,0458	0,31	0,128	0,166	1632,56
17-18	25	17,21	10,5	180,7	0,0458	0,31	0,033	0,043	423,26
19-18	25	17,21	2	34,4	0,0916	1,033	0,021	0,027	268,65
19-20	25	17,21	1	17,2	0,1374	2,144	0,022	0,028	278,80
21-18	25	17,21	2,5	43,0	0,0458	0,31	0,008	0,010	100,78
22-19	25	17,21	2,5	43,0	0,0458	0,31	0,008	0,010	100,78
23-20	25	17,21	10	172,1	0,0458	0,31	0,032	0,041	403,10
			$\Sigma Q_{uz}^{ht} =$	6542,4					
Примечание: 1 ккал/ч = 1,163 Вт									

Таблица 4

Потери тепла трубопроводами системы горячего водоснабжения (прил. Л [2])

Место и способ прокладки	Потери тепла на 1 пог.м трубопровода, ккал/ч, при DN $1 \text{ ккал/ч} = 1.163 \text{ Вт}$						
	15	20	25	32	40	50	65
Главные подающие стояки при прокладке их в штрабе или в коммуникационной шахте, изолированные	-	-	-	-	21,8	24,5	30
Водоразборные стояки без полотенцесушителей, изолированные, при прокладке их в шахте сантехнической кабины, в борозде или в коммуникационной шахте	12,8	14,2	15,7	17,8	-	-	-
То же, с полотенцесушителями	-	23,4	27,3	33,3	-	-	-
Водоразборные стояки, неизолированные , при прокладке их в шахте сантехнической кабины, в борозде, коммуникационной шахте или открыто в ванной комнате, кухне	27,3	33,6	39,8	49,8	-	-	-
Распределительные трубопроводы и подключающие участки стояков (подающие):							
- в подвале и на лестничной клетке, изолированные	16,6	18,4	20,3	23,1	25,6	28,8	35,2
- на теплом чердаке, изолированные	14,7	16,5	18,1	20,6	22,7	25,6	31,2
Распределительные трубопроводы и подключающие участки стояков (подающие):							
- на холодном чердаке, изолированные	19,7	21,9	24,1	27,5	30,4	34,2	41,8
- то же, циркуляционные трубопроводы в подвале, изолированные	14	15,6	17,1	19,4	21,5	24,2	29,6
- на теплом чердаке, изолированные	12,1	13,4	14,8	16,9	18,6	21	25,7
- на холодном чердаке, изолированные	17,1	19,1	20,9	23,7	26,3	29,6	36,2
- в помещениях квартиры, изолированные	26,9	33,1	39,3	49,2	57,8	69,9	96,8
- на лестничной клетке, неизолированные	30,4	37,4	44,2	55,4	65,1	78,7	109,4
Циркуляционные стояки при прокладке их в штрабе сантехнической кабины или в ванной комнате, изолированные	11,5	12,9	14,1	16	17,7	20	24,4
То же, неизолированные	25,5	31,5	37,1	46,6	54,8	66,2	92,1

Подставляем значения в формулу (3):

$$Q^h_T = 1,16 \cdot 0,368 \cdot (65-5) + 6,5424 \approx 32 \text{ кВт}$$

По табл. 3 находим потери давления в подающей части узла через каждый

стояк от точки присоединения магистрали (т. 9) до точки подключения к циркуляционному стояку (т. 20).

$$\Sigma H_1 = H_{9-8} + H_{8-7} + H_{7-6} + H_{6-5} + H_{5-17} + H_{17-18} + H_{18-19} + H_{19-20} = 177,88 + 141,09 + 80,62 + 403,1 + 1632,56 + 423,26 + 268,65 + 278,8 = 3405,95 \text{ Па};$$

$$\Sigma H_2 = H_{9-8} + H_{8-15} + H_{15-21} + H_{21-18} + H_{18-19} + H_{19-20} = 177,88 + 100,78 + 1632,56 + 268,65 + 278,8 + 100,78 = 2559,44 \text{ Па};$$

$$\Sigma H_3 = H_{9-8} + H_{8-14} + H_{14-22} + H_{22-19} + H_{19-20} = 177,88 + 68,53 + 1632,56 + 278,8 + 100,78 = 2258,55 \text{ Па};$$

$$\Sigma H_4 = H_{9-8} + H_{8-7} + H_{7-16} + H_{16-23} + H_{23-20} = 177,88 + 141,09 + 544,19 + 1632,56 + 403,1 = 2898,82 \text{ Па}.$$

Расчётные потери давления в подающей части узла в режиме циркуляции определяются как среднее арифметическое из полученных значений:

$$H_{Ruz} = (\Sigma H_1 + \Sigma H_2 + \Sigma H_3 + \Sigma H_4)/4 = (3405,95 + 2559,44 + 2258,55 + 2898,82)/4 = 2781 \text{ Па}.$$

В соответствии с п. 10.14 [2] задаёмся потерями давления в секционном узле в режиме циркуляции (потери давления в подающей части и в циркуляционном стояке):

$$H_{uz} = 0,03 \text{ МПа} = 30000 \text{ Па}.$$

Требуемые потери давления в циркуляционном стояке

$$H_{st}^{cir} = H_{uz} - H_{Ruz} = 30000 - 2781 = 27219 \text{ Па}.$$

По длине циркуляционного стояка (от т. 20 до т. 27) $l_{st}^{cir} = 35$ м средние удельные потери давления в нём:

$$i = \frac{H_{st}^{cir}}{l_{st}^{cir} \cdot (1 + k_{эк})} = \frac{27219}{35 \cdot (1 + 0,1)} = 707 \frac{\text{Па}}{\text{м}}, \quad (6)$$

где $k_{эк} = 0,1$ - учёт зарастания трубопровода в процессе эксплуатации (принят 0,1 для полимерных труб).

Согласно прил. А, при расходе по циркуляционному стояку $q_{st}^{cir} = 0,183$ л/с:

при диаметре $d = 20$ мм $i = 10,34$ мбар/м = 1034 Па/м (1 мбар = 100 Па),

при диаметре $d = 25$ мм $i = 3,537$ мбар/м = 353,7 Па/м.

Для увязки давлений принимаем циркуляционный стояк составным:

диаметр $d = 20$ мм – 18,2 м,

диаметр $d = 25$ мм – 16,8 м.

Действительные потери давления в нём:

$$H_{st}^{cir} = \Sigma i \cdot l \cdot (1 + k_{эк}) = (1034 \cdot 18,2 + 353,7 \cdot 16,8) \cdot 1,1 = 27237 \text{ Па}.$$

Действительные потери давления в узле при режиме циркуляции составят:

$$H_{uz} = H_{st}^{cir} + H_{Ruz} = 27237 + 2781 = 30018 \text{ Па}$$

Превышение действительных потерь давления в узле при циркуляционном режиме по сравнению с принятыми составляет

$(30018-30000)/30018 \cdot 100\% = 0,06\%$ (при допустимых 10%), что удовлетворяет требованиям нормативов.

Используя табл. 4, вычислим теплопотери в принятом циркуляционном стояке (участок 26-25 длиной 6 м, $\varnothing 25$ мм; 25-24 длиной 28 м ($\varnothing 25$ мм – (16,8 – 6 = 10,8 м); ($\varnothing 20$ мм – (18,2 – 1 = 17,2 м)); 24-20 – 1 м ($\varnothing 20$ мм)):

Участок	Диаметр, мм	Потеря теплоты, ккал/ч на 1 пог. м (табл. 4)	Длина, м	Потеря теплоты Вт/м	Потеря теплоты Вт
26-25	25	17,1	6	19,84	119
25-24	20	12,9	17,2	14,96	257
	25	14,1	10,8	16,36	177
24-20	20	13,4	1	15,54	16
				$Q_{st}^{cir} =$	569

Расчётные потери давления при водоразборе определяем по формуле (7.36) [14]:

$$H_{uz}^h = \alpha^h \cdot H_{Ruz} \cdot \left(\frac{q_{uz}^h}{q_{uz}^{cir}} \right)^2 = 0,4 \cdot 2781 \cdot \left(\frac{1,04}{0,18326} \right)^2 = 35825 \text{ Па}, \quad (7)$$

где $\alpha^h = 0,4$ – коэффициент, учитывающий конструкцию секционного узла [12].

Основные результаты расчёта секционного узла и квартирной подводки.

Этажность здания – 9

Число квартир – 36

Расчётные расходы:

на водоразбор, л/с – 1,04

л/ч – 3744

циркуляционный, л/с – 0,183

л/ч – 660

Теплопотери в подающей части узла, Вт – 6542,4

То же, в циркуляционном стояке, Вт – 569 Вт

Расчётные потери давления, Па

на водоразбор – 35822 (3,65 м)

на циркуляцию – 30018 (3,06 м)

Потери напора в квартирной подводке, м – 0,53

Свободный напор у диктующего прибора, м – 20.

2.3. Расчёт внутриквартальной сети горячего водоснабжения

Схема внутриквартальной сети горячего водоснабжения проектируемого объекта приведена на рис. 2. На схеме римскими цифрами обозначены номера ветвей, арабскими – секционных узлов.

2.3.1. Расчёт подающих трубопроводов

Расчёт начинаем с главной расчётной ветви, под которой подразумевается ветвь, имеющая минимальные удельные потери давления i . (Удельные потери давления всех ветвей представлены в табл. 5. В качестве примера рассмотрим ветвь V.

Сначала вычисляем максимальный расчётный напор в основании каждого секционного узла

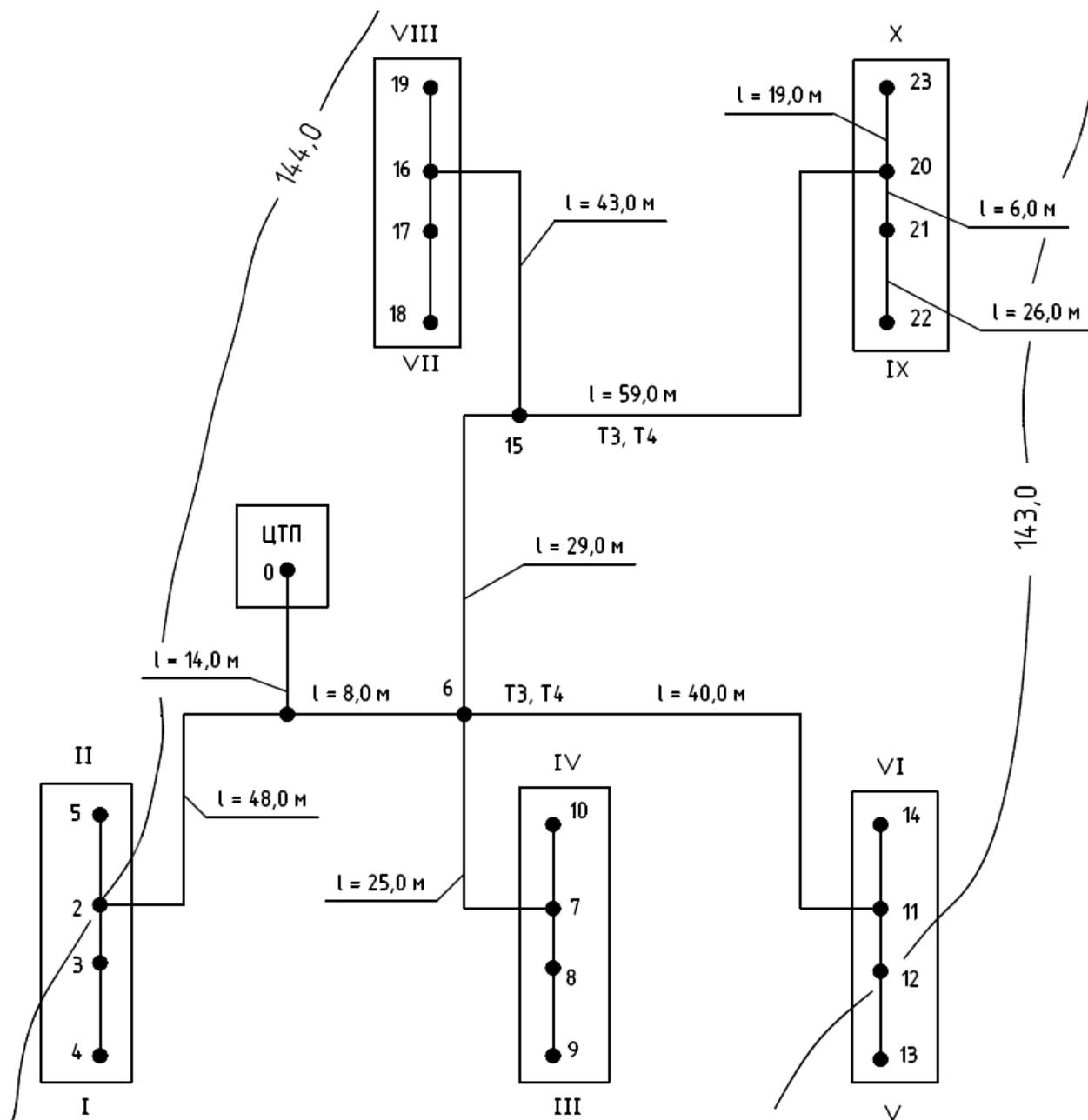


Рис. 2. Схема внутриквартирной сети горячего водоснабжения

$$H_{Ruz\ max} = H_{geod} + H_{geom} + H_{uz}^h + H'_f + H_f,$$

где H_{geod} , м – разность геодезических отметок основания секционного узла и оси насоса в ЦТП (принимается по генплану площадки);

H_{geom} , м – геометрическая высота здания;

H_{uz}^h , м - расчётные потери давления при водоразборе в узле (7);

H'_f , м – суммарные потери напора в поквартирной подводке (табл. 1);

H_f , м – свободный напор у диктующего прибора [2].

В рассматриваемом случае значения H_{geom} , H_{uz}^h , H'_f , H_f одинаковы для всех секционных узлов.

Удельные потери давления определяем по формуле, полученной из (7.38, 7.39, 7.40) [14] и рекомендациям к ним, а также [12].

$$i = \frac{\sum H_{l,tot}}{\sum l \cdot (1 + k_l) \cdot (1 + k_{эк})} = \frac{H'_g - H_{Ruz\ max}}{\sum l \cdot (1 + k_l) \cdot (1 + k_{эк})}, \quad (8)$$

где H'_g - напор в сети горячего водопровода после водоподогревателя. Согласно рекомендациям [14], $\sum H_{l,tot} \leq 100$ кПа, таким образом принимаем $H'_g = 550$ кПа.

$\sum l$ – расстояние от ЦТП до секционного узла;

$k_l = 0,3$ – то же, что в табл. 1;

$k_{эк} = 0,1$ – то же, что в (6).

Результаты расчёта сводим в табл. 5.

В качестве примера рассмотрим ветвь V.

$\sum l$ – расстояние от ЦТП до секционного узла (по рис. 2 $14+8+40+6+26=94$ м);

где $H_{geod} = 142,9 - 143,9 = -1$ м – разность геодезических отметок основания секционного узла и оси насоса в ЦТП (принимается по генплану площадки);

$H_{geom} = 25,4$ м – геометрическая высота здания;

$H^h_{uz} = 35825$ Па = 3,65 м (7);

$H'_f = 0,53$ м (табл. 1);

$H_f = 20$ м – свободный напор у диктующего прибора.

$H_{Ruz\ V} = -1 + 25,4 + 3,65 + 0,53 + 20 = 48,58$ м = 476,468 кПа.

$$i_V = \frac{(550 - 476,468) \cdot 10^3}{94 \cdot (1 + 0,3) \cdot (1 + 0,1)} = 547 \text{ Па/м}$$

Таблица 5

Определение удельных потерь давления в ветвях внутриквартальной сети

Ветвь	Узел	Цирк. расход по узлу q_{uz}^{cir} , л/с	Отметка основания секционного узла, м	Отметка оси насоса в ЦТП, м	H_{geod}	$H_{geom} + H_{uz}^h + H_f + H_f$	Требуемый напор у основания секционного узла H_{Ruz} , м	Расстояние от ЦТП до узла l , м	Удельные потери давления по ветви i , Па/м
I	4	0,183	143,9	143,9	0	49,59	49,59	94	474,07
	3	0,183	143,92	143,9	0,02	49,59	49,61	68	653,32
II	5	0,183	144,1	143,9	0,2	49,59	49,79	81	533,23
III	9	0,183	143,35	143,9	-0,55	49,59	49,04	79	611,83
	8	0,183	143,4	143,9	-0,5	49,59	49,09	53	905,51
IV	10	0,183	143,5	143,9	-0,4	49,59	49,19	66	716,76
V	13	0,183	142,9	143,9	-1	49,59	48,59	94	547,03
	12	0,183	143	143,9	-0,9	49,59	48,69	68	746,10
VI	14	0,183	143,1	143,9	-0,8	49,59	48,79	81	617,89
VII	18	0,183	143,75	143,9	-0,15	49,59	49,44	126	361,84
	17	0,183	143,8	143,9	-0,1	49,59	49,49	100	452,49
VIII	19	0,183	143,9	143,9	0	49,59	49,59	113	394,36
	22	0,183	143,2	143,9	-0,7	49,59	48,89	142	наименьшее 347,63
IX	21	0,183	143,28	143,9	-0,62	49,59	48,97	116	420,82
X	23	0,183	143,3	143,9	-0,6	49,59	48,99	129	377,35

На основании данных табл. 5 в качестве главной расчётной принимаем ветвь IX.

Потери давления в ветви IX

$$H_{IX} = i \cdot l \cdot (1 + k_l)(1 + k_{эк}) = 347,63 \cdot 142 \cdot 1,3 \cdot 1,1 \approx 70590 \text{ Па} < 100 \text{ кПа.}$$

Расчётные расходы на участках главной ветви в режиме водоразбора вычисляем по аналогии с расчётом системы внутреннего водопровода в зависимости от количества приборов N и вероятности их действия P^h . По известным значениям q^h и i (удельные потери давления) подбираем диаметры трубопроводов таким образом, чтобы суммарные действительные потери давления в ветви максимально совпадали бы с расчётными.

Выбор диаметров остальных ветвей производится из условия гашения в подающем трубопроводе каждой боковой ветви давления, равного потерям давления в главной расчётной ветви считая от наиболее удалённого секционного узла (т. 22) до точки присоединения к главной ветви соответствующей боковой*.

Результаты гидравлического и теплового расчётов главной и боковых ветвей приведены в табл. 6.

Табл. 6

Результаты гидравлического и теплового расчёта ветвей в режиме водоразбора ($q^h_o = 0,2$ л/с; $P^h = 0,01034$; $k_l = 0,3$; $k_{эк} = 0,1$)

Уча- сток	Число прибо- ров N , шт.	$N \cdot P^h$	Коэф- фи- циент α^h , см. [2] брил. Б, табл. Б.2	q^h , л/с	Длина l , м	$(1+k_l)(1+k_{эк})$	d^p , мм	Ско- рость V , м/с	Потери давления		Потери теплоты		
									Удель- ные по- тери, мбар/м	На участке H^h , Па	на 1 м тру- бо- про- вода Q^{ht}/l Вт/м по табл. 4, 7	на участке, Q^{ht} , Вт	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Главная ветвь IX (0-22)													
22-21	110	1,14	1,041	1,041	26	1,43	40	1,57	8,17	30376,06	29,77	774	
21-20	220	2,28	1,555	1,555	6	1,43	50	1,51	5,76	4942,08	33,49	201	
20-15	330	3,41	1,995	1,995	59	1,43	63	1,21	2,88	24298,56	29,31	1729	
15-6	660	6,83	3,159	3,159	29	1,43	90	0,94	1,17	4851,99	35,59	1032	
6-1	1320	13,65	5,173	5,173	8	1,43	90	1,54	2,90	3317,60	35,59	285	
1-0	1650	17,06	6,109	6,109	14	1,43	110	1,22	1,49	2982,98	38,15	534	
				$\Sigma =$	142					$\Sigma H^h =$	70769*	$\Sigma Q^{ht} =$	4555
*- изменением диаметров максимально подгоняем к расчётным потерям давления (70590 Па).													
Ветвь I (4-1)													
$H_{4-1} = H_{22-1} = 30376 + 4942 + 24299 + 4852 + 3318 = 67787$ Па													
$i = 67787 / ((26+6+48) \cdot 1,3 \cdot 1,1) = 592,5$ Па/м													
4-3	110	1,14	1,041	1,041	26	1,43	40	1,57	8,17	30376	29,77	774	
3-2	220	2,28	1,555	1,555	6	1,43	40	2,35	17,09	14663	29,77	179	
2-1	330	3,41	1,995	1,995	48	1,43	63	1,21	2,88	19768	29,31	1407	
				$\Sigma =$	80					$\Sigma H^h =$	64808	$\Sigma Q^{ht} =$	2360
Ветвь III (9-6)													
$H_{9-6} = H_{22-6} = 30376 + 4942 + 24299 + 4852 = 64469$ Па													
$i = 64469 / (26+6+25) \cdot 1,3 \cdot 1,1 = 791$ Па/м													
9-8	110	1,14	1,041	1,041	26	1,43	40	1,57	8,17	30376	29,77	774	
8-7	220	2,28	1,555	1,555	6	1,43	40	2,35	17,09	14663	29,77	179	
7-6	330	3,41	1,995	1,995	25	1,43	63	1,21	2,88	10296	29,31	733	
				$\Sigma =$	57					$\Sigma H^h =$	55335	$\Sigma Q^{ht} =$	1686
Потери напора на участке (55335 Па) довести до требуемых 64469 Па балансировочным клапаном.													
Ветвь V (13-6)													
$H_{13-6} = H_{22-6} = 30376 + 4942 + 24299 + 4852 = 64469$ Па													
$i = 64469 / (26+6+25) \cdot 1,3 \cdot 1,1 = 791$ Па/м													
13-12	110	1,14	1,041	1,041	26	1,43	40	1,57	8,17	30376	29,77	774	
12-11	220	2,28	1,555	1,555	6	1,43	40	2,35	17,09	14663	29,77	179	
11-6	330	3,41	1,995	1,995	40	1,43	63	1,21	2,88	16474	29,31	1172	
				$\Sigma =$	72					$\Sigma H^h =$	61513	$\Sigma Q^{ht} =$	2125
Ветвь VII (18-15)													
$H_{18-15} = H_{22-15} = 30376 + 4942 + 24299 = 59617$ Па													
$i = 59617 / (19 \cdot 1,3 \cdot 1,1) = 2194$ Па/м													
18-17	110	1,14	1,041	1,041	26	1,43	40	1,57	8,17	30376	29,77	774	
17-16	220	2,28	1,555	1,555	6	1,43	40	2,35	17,09	14663	29,77	179	
16-15	330	3,41	1,995	1,995	43	1,43	63	1,21	2,88	17709	29,31	1260	

				Σ	75					$\Sigma H^h =$	62748	$\Sigma Q^{ht} =$	2213
Ветвь X (23-20)													
$H_{23-20} = H_{22-20} = 30376 + 4942 = 35318$ Па													
$i = 35318 / ((26+6+43) \cdot 1,3 \cdot 1,1) = 329$ Па/м													
23-20	110	1,14	1,041	1,041	19	1,43	40	1,57	8,17	22198	29,77	566	
Потери напора на участках (22198 Па) довести до требуемых 35318 Па балансировочным клапаном (п. 10.13 [2]).													
Ветви II (5-2), IV (10-7), VI (14-11), VIII (19-16)													
$H_{5-2} = H_{10-7} = H_{14-11} = H_{19-16} = H_{4-2} = H_{22-20} = 35318$ Па													
$i = 35318 / ((26+6) \cdot 1,3 \cdot 1,1) = 772$ Па/м													
5-2	110	1,14	1,041	1,041	19	1,43	40	1,57	8,17	22198	29,77	566	
10-7	110	1,14	1,041	1,041	19	1,43	40	1,57	8,17	22198	29,77	566	
14-11	110	1,14	1,041	1,041	19	1,43	40	1,57	8,17	22198	29,77	566	
19-16	110	1,14	1,041	1,041	19	1,43	40	1,57	8,17	22198	29,77	566	
Потери напора на участках (22198 Па) довести до требуемых 35318 Па балансировочным клапаном (п. 10.13 [2]).													
Примечания.													
1. По аналогии с расчётом холодного водопровода, руководствуемся п. 8.26 [2]. Отступление от данного пункта возможно для подгонки потерь давления в ветвях (см. *).													
2. Ввиду ограниченности прил. Л, табл. Л.1 [2], применяем справочные данные из прил. В, табл. 2 [14], которые приведены в табл. 7. В числителе указаны теплотери 1 м трубопровода системы горячего водоснабжения, присоединенного к закрытым системам теплоснабжения, в знаменателе — к открытым системам теплоснабжения.													

Потери тепла:

- в подающих трубопроводах (сумма значений Q^{ht} табл. 6):

$$\Sigma Q^{ht} = 4555 + 2360 + 1686 + 2125 + 2213 + 566 \cdot 5 = 15769 \text{ Вт};$$

- в секционных узлах:

$$\Sigma Q^{ht}_{uz} = 6542,4 \cdot 15 = 98136 \text{ Вт};$$

- в циркуляционных стояках

$$\Sigma Q^{cir}_{st} = 569 \cdot 15 = 8535 \text{ Вт}.$$

Общие потери теплоты в системе (без циркуляционных трубопроводов):

$$\Sigma Q^{ht}_P = \Sigma Q^{ht} + \Sigma Q^{ht}_{uz} + \Sigma Q^{cir}_{st} = 15769 + 98136 + 8535 = 122440 \text{ Вт} \approx 122,4 \text{ кВт}$$

Теплопотери изолированного трубопровода квартальной сети
при различных условиях прокладки

Диаметр, мм	Теплопотери 1 м трубопровода, ккал/ч			
	подающего		циркуляционного	
	в подвале	в канале	в подвале	в канале
200	54,6	48,5	44,1	37,8
	67	60,9	56,7	50,4
150	42	37,4	37	29,1
	51,5	47	47,6	38,8
125	43,2	38,4	34,9	29,9
	53	48,2	44,9	39,9
100	37	32,8	29,8	25,6
	45,4	41,2	38,3	34,1
80	32	28,4	25,8	22,1
	39,3	35,7	33,2	29,5
70	28,6	25,2	23	19,7
	35,1	31,7	29,6	26,3
50	23,4	20,7	18,8	16,1
	28,7	26	24,2	21,5
40	20,8	18,4	16,7	14,3
	25,5	23,1	21,5	19,1

Примечание.

Значения теплопотерь для других диаметров определить интерполяцией (экстраполяцией).

В числителе указаны теплопотери 1 м трубопровода системы горячего водоснабжения, присоединенного к закрытым системам теплоснабжения, в знаменателе — к открытым системам теплоснабжения.

2.3.2. Расчёт циркуляционных трубопроводов

Расчёт циркуляционных трубопроводов начинаем с распределительной части внутридомовой сети главной ветви от наиболее удалённого секционного узла (т. 22) до ближайшего к ЦТП (т. 21).

На участке 21-22 расход равен циркуляционному расходу через узел 22, т.е. $q_{22}^{cir} = q_{uz22}^{cir} = 0,183$ л/с.

Выбор диаметров участков циркуляционных трубопроводов внутридомовых сетей производится по циркуляционным расходам и удельным потерям напора, равным удельным потерям в распределительной части ветви системы.

Для участка 21-22

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Главная ветвь IX (22-21): ветви I (4-3), III (9-8), V (13-12), VII (18-17). $H_{lj}^{Pcir} = \gamma \cdot H_{uz} - \sum H_{lj}^{cir} = 1,6 \cdot 30018 - 939 = 47090 \text{ Па}$ $i_{cir} = \frac{47090}{26 \cdot 1,3 \cdot 1,1} = 1267 \text{ Па/м}$												
22-21												
4-3											17,1·	
9-8	1,041	0,183	26	40	939	25	0,72	1,43	3,54	13162	·1,163=	517
13-12											=19,89	
18-17												

Тогда

$$q_{uz21} = q_{uz17} = q_{uz12} = q_{uz8} = q_{uz3} = 0,183 \sqrt{1 + 1,6 \cdot 26/26} = 0,295 \text{ л/с}$$

На головных участках магистрали и ответвлений циркуляционный расход определяется как сумма циркуляционных расходов через все секционные узлы, к которым подаётся вода по данному участку.

Например, на участке 21-20 циркуляционный расход определяется как сумма циркуляционных расходов через секционный узел 21 и участок 21-22:

$q^{cir}_{21-20} = q_{uz21} + q^{cir}_{21-22} = 0,295 + 0,183 = 0,478 \text{ л/с}$, а на участке 20-15 – как сумма расходов на участках 23-20 и 21-20:

$$q^{cir}_{20-15} = q^{cir}_{23-20} + q^{cir}_{21-20} = 0,183 + 0,478 = 0,661 \text{ л/с}$$

Таким же образом вычисляем расходы на других участках и результаты сводим в табл. 9, кол. 2.

Согласно рис. 3, при числе квартир в квартале, обслуживаемых ЦТП, $108 \cdot 5 = 540$ шт. для приготовления горячей воды устанавливается двухступенчатый трубчатый водонагреватель $\varnothing 150$ мм, вторая ступень состоит из 6 секций. Выбираем циркуляционный насос марки К20/30а.

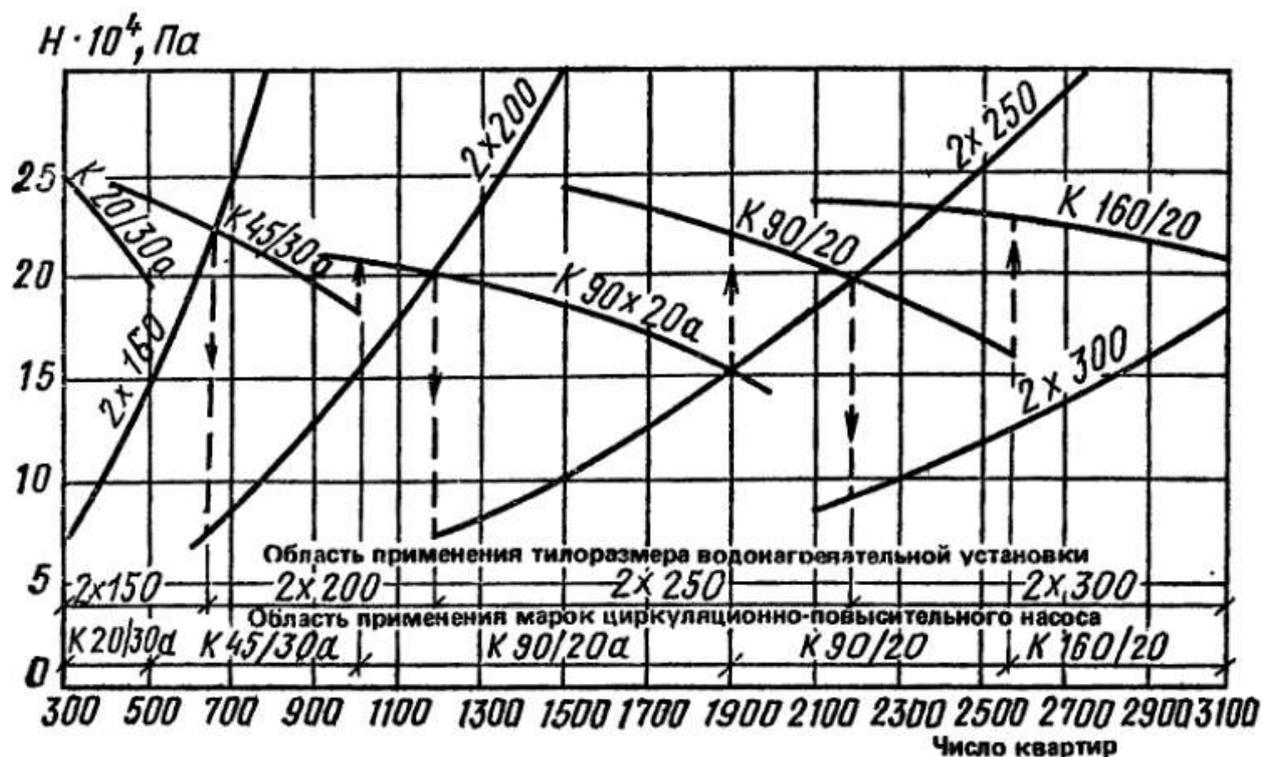


Рис. 3. Результаты выбора водонагревательной установки системы горячего водоснабжения и циркуляционно-повысительного насоса в зависимости от числа квартир зданий, обслуживаемых ЦТП [14, рис. 4.12].

Определим его напор по рис. 4, при общем циркуляционном расходе для всего квартала. Этот расход определён в табл. 9, кол. 2, участок 1-0 - $q^{cir} = 3,31$ л/с. По рис. 4 напор насоса составит $H_H^{cir} = 28,4 \text{ м} = 279 \text{ кПа}$.

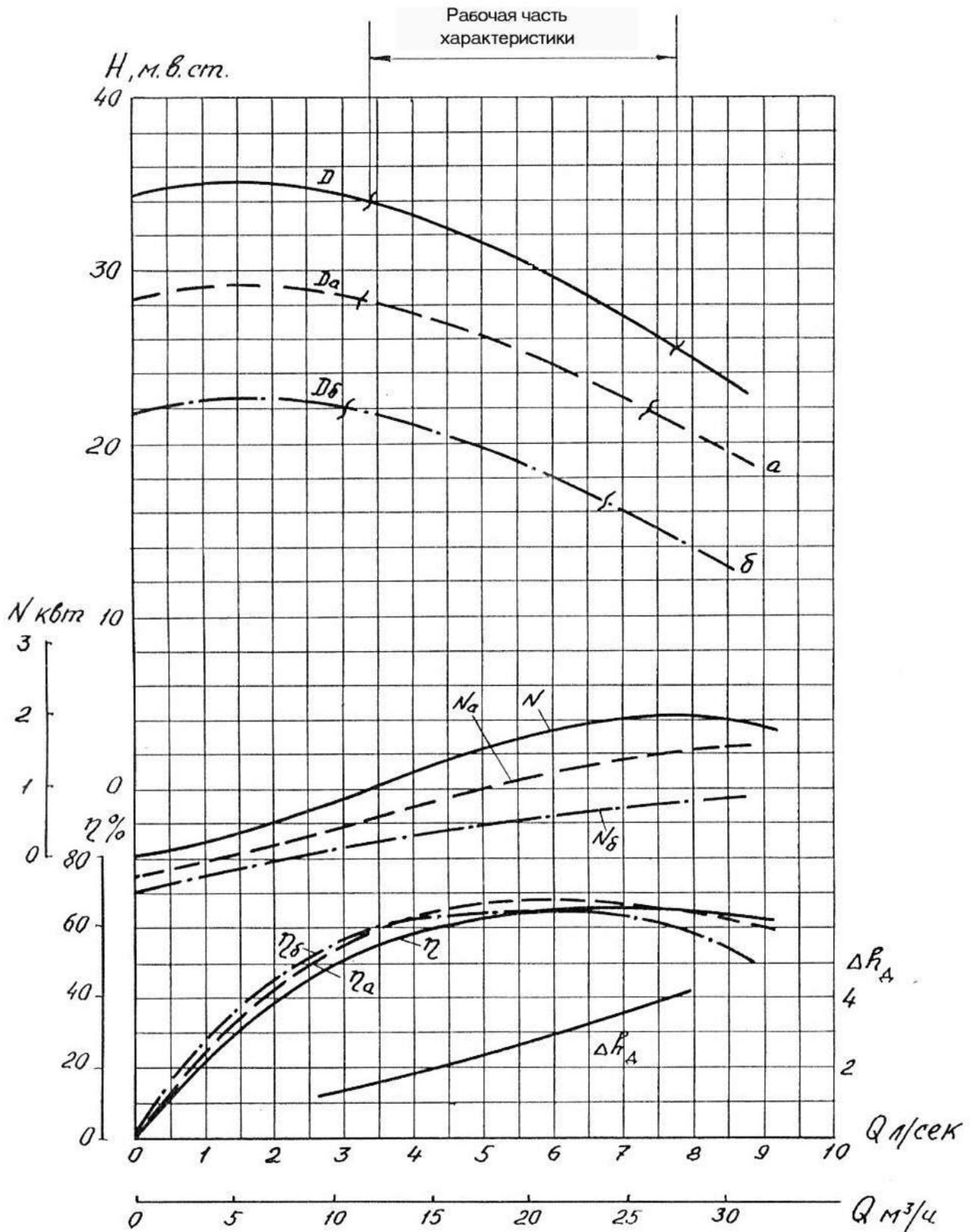


Рис. 4. Характеристика насоса К20/30.

Потери давления во второй ступени принятого водонагревателя составит:
 $H_{II} = 1000 \cdot K \cdot n \cdot m \cdot V^2 \cdot 9,8 = 9800 \cdot 4 \cdot 0,75 \cdot 6 \cdot (3,31 / (1000 \cdot 0,0057))^2 = 59487,7$ Па,

где $K = 4$ – коэффициент, учитывающий увеличение потерь давления за счёт зарастания и увеличения шероховатости трубок;

$n = 0,75$ – коэффициент гидравлического сопротивления одной секции длиной 4 м;

$m = 6$ – количество секций (принято предварительно, в курсовой работе принять таким же);

$V = q^{cir} / (1000 \cdot f_{mp}) = 3,31 / (1000 \cdot 0,0057)$ – скорость движения воды в трубах водонагревателя;

$f_{mp} = 0,0057$ м² – площадь живого сечения трубок (табл. 13);

$q^{cir} = 3,31$ л/с – общий циркуляционный расход для всего квартала (табл. 9, кол. 2, участок 1-0).

Потери давления на головной циркуляционной магистрали расчётной ветви (при расчётном расходе) находим из условия гашения имеющегося напора насоса по выражению

$$\begin{aligned} H_p^{cir} &= H_H^{cir} - H_{II} - \Sigma H^{cir} - \Sigma H_l^{cir} - \Sigma H_p^{cir} - H_{uz} = \\ &= 279000 - 59488 - 6833 - 939 - 13162 - 30018 = 168560 \text{ Па}, \end{aligned} \quad (12)$$

где H_H^{cir} – напор насоса при расчётном циркуляционном расходе – определено выше по рис. 4 – 279000 Па;

H_{II} – потери давления во второй ступени водонагревателя – определено выше – 59488 Па;

ΣH^{cir} – потери давления в подающем головном трубопроводе – табл. 9, сумма кол. 6 – 6833 Па;

ΣH_l^{cir} – суммарные потери давления в распределительном трубопроводе от наиболее удалённого секционного узла до ближайшего к ЦТП – определено ранее, перед табл. 8 – 939 Па;

ΣH_p^{cir} – суммарные потери давления в распределительном циркуляционном трубопроводе – определено ранее в табл. 8, кол. 11 – 13162 Па.

H_{uz} – потери давления в наиболее удалённом (от ЦТП) секционном узле главной расчётной ветви – определено перед формулой (7) – 30018 Па.

Усреднённые удельные потери давления на циркуляционной магистрали

$$i_{cir} = \frac{H_p^{cir}}{l \cdot (1+k_l) \cdot (1+k_{эК})} = \frac{168560}{116 \cdot 1,3 \cdot 1,1} = 1016 \text{ Па/м}, \quad (13)$$

где l – длина циркуляционной магистрали, табл. 9, сумма кол. 3

Таблица 9

Результаты гидравлического и теплового расчётов головных участков циркуляционной магистрали и ответвлений

Участок	q^{cir} , л/с	l , м (табл. 6)	d^p , мм (табл. 6)	Удельные потери, мбар/м в подающем (кол. 4) при цирк. расходе (кол. 2)	H^{cir} , Па, потери подающем	d^{cir} , мм (Подбирается по максимальной скорости 1,5 м/с [2], корректируется с целью обеспечения допустимой невязки Δ .)	v^{cir} , м/с	$(1+k)/(1+k_{ок})$	Потери давления		Потери теплоты		
									удельные, мбар/м	на участке H_p^{cir} , Па	удельные, ккал/ч	удельные, Вт/м	на участке Q^{cir} , Вт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Магистраль 21-0													
21-20	0,48	6	50	0,68	583	32	1,13	1,43	5,91	5071	19,4 (табл.4)	22,56	135
20-15	0,66	59	63	0,39	3290	32	1,56	1,43	10,55	89010	12,86 (табл. 7)	14,96	882
15-6	1,32	29	90	0,24	995	40	2	1,43	12,65	52460	14,3 (табл. 7)	16,63	482
6-1	2,65	8	90	0,86	984	63	1,61	1,43	4,85	5548	18,44 (табл. 7)	21,45	172
1-0	3,31	14	110	0,49	981	63	2,01	1,43	7,31	14635	18,44 (табл. 7)	21,45	300
	$\Sigma l =$	116		$\Sigma H^{cir} =$	6833				$\Sigma H_p^{cir} =$	166724		$\Sigma Q^{cir} =$	1972
Невязка давлений $\Delta = \frac{168560 - 166724}{166724} \cdot 100\% = 1,1\%$ (не превышает допустимые 10%)													
Участок 23-20													
23-20	0,183	19	40	0,36	978	25	0,72	1,43	3,54	9618	17,1	19,89	378
Невязка давлений													

$$\Delta T. 20 = \left| \frac{H_{21-20}^{cir} + H_{22-21}^{cir} + H_{p22-21}^{cir} + H_{p21-20}^{cir} + H_{uz} - (H_{23-20}^{cir} + H_{p23-20}^{cir})}{H_{21-20}^{cir} + H_{22-21}^{cir} + H_{p22-21}^{cir} + H_{p21-20}^{cir} + H_{uz}} \right| 100\% = \left| \frac{583+939(\text{табл.8})+13162(\text{табл.8})+5071+30018(\text{стр.12})-(978+9618)}{583+939(\text{табл.8})+13162(\text{табл.8})+5071+30018(\text{стр.12})} \right| 100\% \approx$$

79%

(превышает допустимые 10% , уменьшаем диаметр до 20 мм)

23-20	0,183	19	40	0,36	978	20	1,13	1,43	10,34	28094	15,6	18,14	345
-------	-------	----	----	------	-----	----	------	------	-------	-------	------	-------	-----

Невязка давлений

$$\Delta T. 20 = \left| \frac{H_{21-20}^{cir} + H_{22-21}^{cir} + H_{p22-21}^{cir} + H_{p21-20}^{cir} + H_{uz} - (H_{23-20}^{cir} + H_{p23-20}^{cir})}{H_{21-20}^{cir} + H_{22-21}^{cir} + H_{p22-21}^{cir} + H_{p21-20}^{cir} + H_{uz}} \right| 100\% = \left| \frac{583+939(\text{табл.8})+13162(\text{табл.8})+5071+30018(\text{стр.12})-(978+28094)}{583+939(\text{табл.8})+13162(\text{табл.8})+5071+30018(\text{стр.12})} \right| 100\% \approx$$

42%

Превышает допустимые 10%. Для увязки потерь давления в кольцах на участке 20-23 ответвления устанавливаем вставку диаметром 16 мм. При этом длину вставки диаметром 16 мм подгоняем, максимально снижая значение невязки. Данное действие удобно выполнять в программе Excel через функцию «Подбор параметра». В результате расчёта получается составной участок 23-20:

23-20	0,183	11,61	40	0,36	978	20	1,13	1,43	10,34	17160	15,6	18,14	211
		7,39				16	1,73		29,92	31639			14
Σ		19							Σ H_p^{cir} =	48799		Σ Q^{cir} =	331

Невязка давлений составит:

$$H_{21-20}^{cir} + H_{22-21}^{cir} + H_{p22-21}^{cir} + H_{p21-20}^{cir} + H_{uz} = 583 + 939(\text{табл. 8}) + 13162(\text{табл. 8}) + 5071 + 30018(\text{стр. 12}) = 49773 \text{ Па}$$

$$\Delta T. 20 = \left| \frac{49773 - ((H_{23-20}^{cir} + (H_{p23-20\emptyset 20}^{cir} + H_{p23-20\emptyset 15}^{cir})))}{49773} \right| 100\% = \left| \frac{49773 - (978 + 17160 + 31639)}{49773} \right| 100\% \approx 0\%$$

Условие выполнено.

Участок 17-16 (12-11, 8-7, 3-2)

17-16	0,48	6	40	2,0	1716	32	1,13	1,43	5,91	5071	19,4 (табл. 4)	22,56	135
-------	------	---	----	-----	------	----	------	------	------	-------------	-------------------	-------	------------

Невязка давлений составит:

$$H_{20-15}^{cir} + H_{21-20}^{cir} + H_{22-21}^{cir} + H_{p22-21}^{cir} + H_{p21-20}^{cir} + H_{p20-15}^{cir} + H_{uz} = 3290 + 583 + 939(\text{табл. 8}) + 13162(\text{табл. 8}) + 5071 + 89010 + 30018(\text{стр. 12}) = 142073 \text{ Па}$$

$$H_{16-15}^{cir} + H_{17-16}^{cir} + H_{22-21(17-18)}^{cir} + H_{p22-21(17-18)}^{cir} + H_{p17-16}^{cir} + H_{p16-15}^{cir} + H_{uz} = 2398 + 1716 + 939(\text{табл. 8}) + 13162(\text{табл. 8}) + 5071 + 64872 + 30018(\text{стр. 12}) = 118176 \text{ Па}$$

$$\Delta T. 15 = \left| \frac{142073 - 118176}{142073} \right| 100\% \approx 17\% - \text{превышает допустимые 10\%}. \text{ Устанавливаем вставку диаметром 16 мм.}$$

Участок 16-15

16-15	0,66	42,47	63	0,39	2398	32	1,56	1,43	10,55	64080	12,86	14,96	635
-------	------	-------	----	------	------	----	------	------	-------	-------	-------	-------	-----

		0,53				16	6,24		328,78	24690	9,98	11,61	6
	$\Sigma =$	43							$\Sigma H_p^{cir} =$	88770		$\Sigma Q^{cir} =$	641

Невязка давлений составит:

$$\Delta t. 15 = \left| \frac{142073 - (H_{16-15}^{cir} + H_{17-16}^{cir} + H_{22-21(17-18)}^{cir} + H_{p22-21(17-18)}^{cir} + H_{p17-16}^{cir} + (H_{p16-15\phi32}^{cir} + H_{p16-15\phi16}^{cir}) + H_{uz})}{142073} \right| 100\% = \left| \frac{142073 - 142074}{142073} \right| 100\% \approx 0\%$$

Условие выполнено.

Участок 11-6 (отличается от 16-15 только длиной, принимаем составным)

11-6	0,66	38,2	63	0,39	2130	32	1,56	1,43	10,55	57626	12,86	14,96	571
		1,8			101	16	6,24		328,78	84766	9,98	11,61	21
	$\Sigma =$	40			$\Sigma H^{cir} =$	2231			$\Sigma H_p^{cir} =$	142392		$\Sigma Q^{cir} =$	592

Невязка давлений составит:

$$H_{15-6}^{cir} + H_{20-15}^{cir} + H_{21-20}^{cir} + H_{22-21}^{cir} + H_{p22-21}^{cir} + H_{p21-20}^{cir} + H_{p20-15}^{cir} + H_{p15-6}^{cir} + H_{uz} = 995 + 3290 + 583 + 939(\text{табл. 8}) + 13162(\text{табл. 8}) + 5071 + 89010 + 52460 + 30018(\text{стр. 12}) = 195528 \text{ Па}$$

$$H_{\Sigma 11-6}^{cir} + H_{17-16(11-12)}^{cir} + H_{22-21(13-12)}^{cir} + H_{p22-21(13-12)}^{cir} + H_{p17-16(11-12)}^{cir} + H_{p\Sigma 11-6}^{cir} + H_{uz} = 2231 + 1716 + 939(\text{табл. 8}) + 13162(\text{табл. 8}) + 5071 + 142392 + 30018(\text{стр. 12}) = 195529 \text{ Па}$$

$$\Delta t. 6(11 - 6) = \left| \frac{195528 - 195529}{195528} \right| 100\% \approx 0\%$$

Условие выполнено.

Участок 7-6

7-6	0,66	25	63	0,39	1394	32	1,56	1,43	10,55	37716	12,86	14,96	374
-----	------	----	----	------	------	----	------	------	-------	-------	-------	-------	-----

Невязка давлений составит:

$$H_{15-6}^{cir} + H_{20-15}^{cir} + H_{21-20}^{cir} + H_{22-21}^{cir} + H_{p22-21}^{cir} + H_{p21-20}^{cir} + H_{p20-15}^{cir} + H_{p15-6}^{cir} + H_{uz} = 995 + 3290 + 583 + 939(\text{табл. 8}) + 13162(\text{табл. 8}) + 5071 + 89010 + 52460 + 30018(\text{стр. 12}) = 195528 \text{ Па}$$

$$H_{7-6}^{cir} + H_{17-16(7-8)}^{cir} + H_{22-21(8-9)}^{cir} + H_{p22-21(8-9)}^{cir} + H_{p17-16(7-8)}^{cir} + H_{p7-6}^{cir} + H_{uz} = 1394 + 1716 + 939(\text{табл. 8}) + 13162(\text{табл. 8}) + 5071 + 37716 + 30018(\text{стр. 12}) = 90016 \text{ Па}$$

$$\Delta t. 6(7 - 6) = \left| \frac{195528 - 90016}{195528} \right| 100\% \approx 54\%$$

Условие не выполнено. Для увязки потерь давления в кольцах на участке 7-6 ответвления устанавливаем вставку диаметром 16 мм. При этом длину вставки диаметром 16 мм подгоняем, снижая значение невязки. Данное действие удобно выполнять в программе Excel через функцию «Подбор параметра». В результате расчёта получается составной участок 7-6:

7-6	0,66	22,68	63	0,39	1265	32	1,56	1,43	10,55	34218	12,86	14,96	339
		2,32			129	16	6,24		328,78	109011	9,98	11,61	27
	$\Sigma = 25$			$\Sigma H^{cir} = 1394$					$\Sigma H_p^{cir} = 143229$			$\Sigma Q^{cir} = 366$	

$$H_{7-6}^{cir} + H_{17-16(7-8)}^{cir} + H_{22-21(8-9)}^{cir} + H_{p22-21(8-9)}^{cir} + H_{p17-16(7-8)}^{cir} + H_{p\Sigma 7-6}^{cir} + H_{uz} = 1394 + 1716 + 939(\text{табл. 8}) + 13162(\text{табл. 8}) + 5071 + (34218 + 109011) + 30018(\text{стр. 12}) = 195529 \text{ Па}$$

$$\Delta \text{т. 6}(7 - 6) = \left| \frac{195528 - 195529}{195528} \right| 100\% \approx 0\%$$

Условие выполнено.

Участок 2-1

2-1	0,66	48	63	0,39	2677	32	1,56	1,43	10,55	72415	12,86	14,96	718
-----	------	----	----	------	------	----	------	------	-------	-------	-------	-------	-----

Невязка давлений составит:

$$H_{6-1}^{cir} + H_{15-6}^{cir} + H_{20-15}^{cir} + H_{21-20}^{cir} + H_{22-21}^{cir} + H_{p22-21}^{cir} + H_{p21-20}^{cir} + H_{p20-15}^{cir} + H_{p15-6}^{cir} + H_{p6-1}^{cir} + H_{uz} = 984 + 995 + 3290 + 583 + 939(\text{табл. 8}) + 13162(\text{табл. 8}) + 5071 + 89010 + 52460 + 5548 + 30018(\text{стр. 12}) = 202060 \text{ Па}$$

$$H_{1-2}^{cir} + H_{17-16(2-3)}^{cir} + H_{22-21(3-4)}^{cir} + H_{p22-21(3-4)}^{cir} + H_{p17-16(2-3)}^{cir} + H_{p1-2}^{cir} + H_{uz} = 2677 + 1716 + 939(\text{табл. 8}) + 13162(\text{табл. 8}) + 5071 + 72415 + 30018(\text{стр. 12}) = 125998 \text{ Па}$$

$$\Delta \text{т. 1}(2 - 1) = \left| \frac{202060 - 125998}{202060} \right| 100\% \approx 38\%$$

Условие не выполнено. Для увязки потерь давления в кольцах на участке 2-1 ответвления устанавливаем вставку диаметром 16 мм. При этом длину вставки диаметром 16 мм подгоняем, снижая значение невязки. Данное действие удобно выполнять в программе Excel через функцию «Подбор параметра». В результате расчёта получается составной участок 2-1:

2-1	0,66	46,33	63	0,39	2584	32	1,56	1,43	10,55	69894	12,86	14,96	693
		1,67			93	16	6,24		328,78	78585	9,98	11,61	19
	$\Sigma = 48$			$\Sigma H^{cir} = 2677$					$\Sigma H_p^{cir} = 148478$			$\Sigma Q^{cir} = 712$	

$$H_{1-2}^{cir} + H_{17-16(2-3)}^{cir} + H_{22-21(3-4)}^{cir} + H_{p22-21(3-4)}^{cir} + H_{p17-16(2-3)}^{cir} + H_{p\Sigma 1-2}^{cir} + H_{uz} = 2677 + 1716 + 939(\text{табл. 8}) + 13162(\text{табл. 8}) + 5071 + (69894 + 78585) + 30018(\text{стр. 12}) = 202062 \text{ Па}$$

$$\Delta \text{т. 1}(2 - 1) = \left| \frac{202060 - 202062}{202060} \right| 100\% \approx 0\%$$

Условие выполнено.

Участок 19-16 (14-11; 10-7; 5-2)													
19-16	0,183	19	40	0,36	978	25	0,72	1,43	3,54	9618	17,1	19,89	378
Невязка давлений составит:													
$H_{17-16}^{cir} + H_{17-18}^{cir} + H_{p17-18}^{cir} + H_{p17-16}^{cir} + H_{uz} = 1716 + 939 + 13162 + 5071 + 30018 = 50906 \text{ Па}$ $H_{19-16}^{cir} + H_{uz} + H_{p19-16}^{cir} = 978 + 30018 + 9618 = 40614 \text{ Па}$													
$\Delta t. 16(19 - 16) = \left \frac{50906 - 40614}{50906} \right 100\% \approx 20\%$													
Условие не выполнено. Для увязки потерь давления в кольцах на участке 19-16 ответвления устанавливаем вставку диаметром 16 мм. При этом длину вставки диаметром 16 мм подгоняем, снижая значение невязки. Данное действие удобно выполнять в программе Excel через функцию «Подбор параметра». В результате расчёта получается составной участок 19-16:													
19-16	0,183	16,27 2,73	40	0,36	838 140	25 16	0,72 1,73	1,43	3,54 29,92	8237 11677	17,1 14	19,89 16,28	324 44
	Σ	19		ΣH^{cir}	978				ΣH_p^{cir}	19914		ΣQ^{cir}	368
$H_{17-16}^{cir} + H_{17-18}^{cir} + H_{p17-18}^{cir} + H_{p17-16}^{cir} + H_{uz} = 1716 + 939 + 13162 + 5071 + 30018 = 50906 \text{ Па}$ $H_{19-16}^{cir} + H_{uz} + H_{p\Sigma 19-16}^{cir} = 978 + 30018 + (8237 + 11677) = 50910 \text{ Па}$													
$\Delta t. 16(19 - 16) = \left \frac{50906 - 50910}{50906} \right 100\% \approx 0\%$													
Условие выполнено.													

Согласно п. 10.11 [2], максимальный секундный расход горячей воды на расчетных участках сети, л/с, определенный по формуле (2) [2], следует корректировать с учетом циркуляционного расхода, л/с, определенного по формуле (16) [2], в зависимости от q^h/q^{cir} по приложению Г[2] (табл. 10):

$$q^{h,cir} = q^h(1 + k_{cir}), \quad (14)$$

где k_{cir} - коэффициент, принимаемый для водонагревателей и начальных участков системы горячей воды до последнего водоразборного стояка или наиболее удаленного прибора по табл. 10, для остальных участков сети $k_{cir}=0$.

Таблица 10

Значения коэффициента k_{cir} для системы горячего водоснабжения

$\frac{q^h}{q^{cir}}$	k_{cir}	$\frac{q^h}{q^{cir}}$	k_{cir}
1,2	0,57	1,7	0,36
1,3	0,48	1,8	0,33
1,4	0,43	1,9	0,25
1,5	0,40	2,0	0,12
1,6	0,38	2,1 и более	0,00

Выясним необходимость корректировки расходов. Составим сводную таблицу расходов - табл. 11.

Таблица 11

Сводная ведомость расходов воды на участках

Участок	q^h	q^{cir}	q^h/q^{cir}	k_{cir}	$q^{h,cir}$
22-21	1,041	0,183	5,69	0	1,041
21-20	1,555	0,48	3,24	0	1,555
20-15	1,995	0,66	3,02	0	1,995
15-6	3,159	1,32	2,39	0	3,159
6-1	5,173	2,65	1,95	0,185	6,130
1-0	6,109	3,31	1,85	0,3	7,942
4-3	1,041	0,183	5,69	0	1,041
3-2	1,555	0,48	3,24	0	1,555
2-1	1,995	0,66	3,02	0	1,995
9-8	1,041	0,183	5,69	0	1,041
8-7	1,555	0,48	3,24	0	1,555
7-6	1,995	0,66	3,02	0	1,995

13-12	1,041	0,183	5,69	0	1,041
12-11	1,555	0,48	3,24	0	1,555
11-6	1,995	0,66	3,02	0	1,995
18-17	1,041	0,183	5,69	0	1,041
17-16	1,555	0,48	3,24	0	1,555
16-15	1,995	0,66	3,02	0	1,995
23-20	1,041	0,183	5,69	0	1,041
5-2	1,041	0,183	5,69	0	1,041
10-7	1,041	0,183	5,69	0	1,041
14-11	1,041	0,183	5,69	0	1,041
19-16	1,041	0,183	5,69	0	1,041

В результате расчётов увеличение расчётных расходов произошло на участках 0-1, 6-1. На остальных участках – без изменений.

Таблица 12.

Результаты гидравлического перерасчёта ветвей в режиме водоразбора, содержащих участки с откорректированным расходом (0-1, 6-1)
 $(q^h_o = 0,2 \text{ л/с}; P^h = 0,01034; k_l = 0,3; k_{эк} = 0,1)$

Участок	Число приборов N , шт.	$N \cdot P^h$	Коэффициент α^h , см. [2] брил. Б, табл. Б.2	q^h , л/с	Длина l , м	$(1+k_l)(1+k_{эк})$	d^p , мм	Скорость V , м/с	Потери давления		Потери теплоты	
									Удельные потери, мбар/м	На участке H^h , Па	на 1 м трубопровода Q^{ht}/l Вт/м по табл. 4, 7	на участке, Q^{ht} , Вт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Главная ветвь IX (0-22)												
22-21	110	1,14	1,041	1,041	26	1,43	40	1,57	8,17	30376,06	29,77	774
21-20	220	2,28	1,555	1,555	6	1,43	50	1,51	5,76	4942,08	33,49	201
20-15	330	3,41	1,995	1,995	59	1,43	63	1,21	2,88	24298,56	29,31	1729
15-6	660	6,83	3,159	3,159	29	1,43	90	0,94	1,17	4851,99	35,59	1032
6-1	1320	13,65	5,173	6,13	8	1,43	90	1,83	3,98	4553,12	35,59	285
1-0	1650	17,06	6,109	7,942	14	1,43	110	1,59	2,42	4844,84	38,15	534
				Σ	142				ΣH^h	73866,7	ΣQ^{ht}	4555

Суммарные потери напора составят 73867 Па, что незначительно (менее 10%) отличаются от целевых 70590 Па. Скорости воды в этих участках в допустимом диапазоне. Изменений диаметров не требуется.

2.4. Расчёт водонагревательной установки

Для нагрева воды, подаваемой в централизованную систему горячего водоснабжения данного объекта, в ЦТП установлены секционные трубчатые поверхностные водоводяные водонагреватели конструкции ВТИ-Мосэнерго. Каждая секция такого водонагревателя состоит из цилиндрического корпуса с патрубками, через которые проходит теплоноситель (от ТЭЦ, РТС), и пучка трубок, по которым движется нагреваемая вода питьевого качества.

Полный расчёт водонагревателя включает в себя тепловой и гидравлический расчёты. По результатам теплового расчёта определяют площади поверхностей нагрева основных конструктивных элементов, по результатам гидравлического расчёта – гидравлические потери давления в них.

Расчёт водонагревателя производится на основе данных, полученных в предыдущем разделе, а также следующих показателей, известных из теплотехнического раздела проекта данного объекта:

- расход теплоты на отопление объекта $Q_{he}^P = 2,1$ МВт;
- внутренние тепловыделения в помещениях приняты равными 25% расчётного количества теплоты на нужды отопления $Q_B = 2,1 \cdot 0,25 = 0,525$ МВт;
- система отопления работает при нормальном отопительном графике температур воды в тепловой сети:
 - $\tau_1^P = 150$ °С, $\tau_2^P = 70$ °С – температура воды в подающем и обратном трубопроводе тепловой сети;
 - $t_T = 21$ °С, $t_T^P = 18$ °С – оптимальная и расчётная температура внутреннего воздуха в отапливаемых помещениях;
 - $t'_{ex} = 2$ °С, $t^P_{ex} = -26$ °С – температура наружного воздуха в точке излома температурного графика и расчётная для проектирования системы отопления;
 - $\tau'_1 = 70$ °С, $\tau'_2 = 42$ °С – температура воды в подающем трубопроводе теплосети и после системы отопления в точке излома графика.

На основании имеющихся данных в проекте предусматривается двухступенчатая схема присоединения водоподогревателя по смешанной схеме без ограничения максимального расхода сетевой воды (рис. 5). Как было показано ранее, условный диаметр секций при двухступенчатой установке принят 150 мм.

Расчёт начинаем с определения приведённого расчётного расхода воды на горячее водоснабжение при температуре горячей воды на выходе из водонагревательной установки $t^h = 65$ °С:

$$q_P^h = \frac{Q_{hr}^h}{(t^h - t^c)c} = \frac{1315496}{(65 - 5)1,163 \cdot 10^3} = 18,85 \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (15)$$

где Q_{hr}^h – расход теплоты, Вт, на приготовление горячей воды с учетом потерь теплоты подающими и циркуляционными трубопроводами Q^{ht} , определяемый по (13), [2].

$$Q_{hr}^h = 1,16 q_{hr}^h(t^h - t^c) + Q^{ht} = 1,16 \cdot 17,01 \cdot (65-5) + 131,6 = 1315,496 \text{ кВт} = \\ = 1,316 \text{ МВт} \approx 1,13 \text{ Гкал/ч},$$

где q_{hr}^h - максимальный часовой расход горячей воды, м³/ч;

$$Q^{ht} = \Sigma Q_{p}^{ht} + \Sigma Q_{cir}^{ht} = 122,4 + 9,2 = 131,6 \text{ кВт},$$

где ΣQ_{p}^{ht} - общие потери теплоты в системе (без циркуляционных трубопроводов) – определены ранее перед табл. 7.

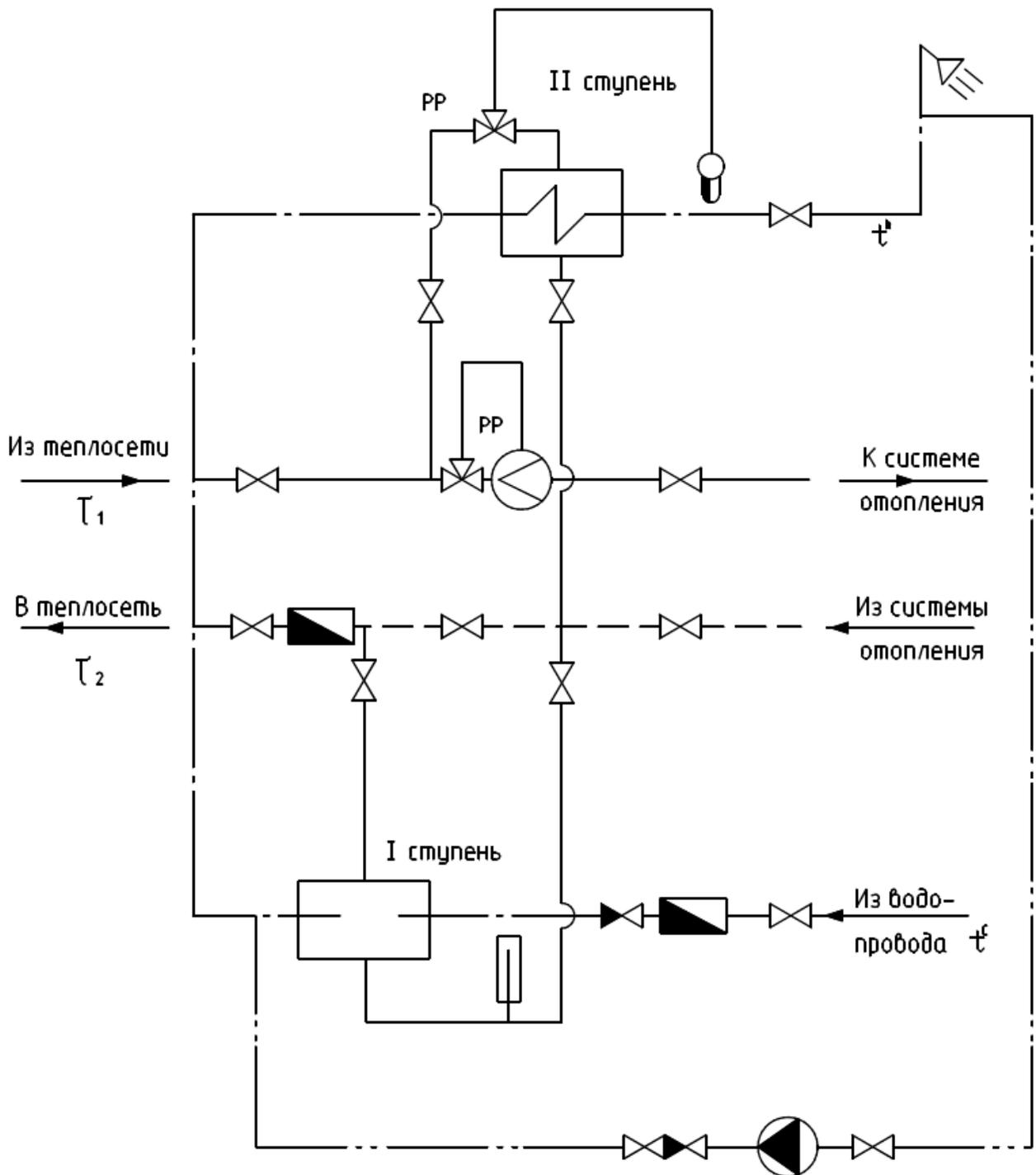


Рис. 5. Двухступенчатая схема со смешанным включением водонагревателей при нагрузке на систему горячего водоснабжения выше средних значений $Q_{hr}^h/Q_{he}^P = 0,6 \div 1,2$ (для данного случая $Q_{hr}^h/Q_{he}^P = 1,316/2,1 = 0,63$)

ΣQ_{cir}^{ht} – потери теплоты трубопроводами системы (суммы значений Q_{cir} , табл. 9)

$$\Sigma Q_{cir}^{ht} = 1972 + 331 + 517 \cdot 5 \text{ (табл. 8)} + 135 \cdot 4 + 641 + 592 + 366 + 712 + 368 \cdot 4 = 9211 \text{ Вт} \approx 9,2 \text{ кВт}$$

Максимальный часовой расход горячей воды q_{hr}^h , м³/ч, определим по (10) [2]:

$$q_{hr}^h = 0,005 \cdot q_{o,hr}^h \cdot \alpha_{hr} = 0,005 \cdot 200 \cdot 17,01 = 17,01 \text{ м}^3/\text{ч},$$

где α_{hr} определим по прил. Б.

Определим **часовую** вероятность действия приборов по формуле:

$$P_{hr}^h = \frac{3600 \cdot P^h \cdot q_o^h}{q_{o,hr}^h} = \frac{3600 \cdot 0,01034 \cdot 0,2}{200} = 0,0372.$$

Находим значение произведения NP_{hr} и по прил. Б значения коэффициентов α_{hr} . Промежуточные значения α_{hr} определяем интерполяцией.

$$N = 330 \cdot 5 = 1650 \text{ шт.}; NP_{hr} = 1650 \cdot 0,0372 = 61,38; \alpha_{hr} = 17,01.$$

Определяем средний часовой расход горячей воды q_T^h за расчётное время (сутки) водопотребления по (11) из [2]. Он нам потребуется для подбора прибора учёта воды.

$$q_T^h = q_{u,m}^h \cdot U / (1000 \cdot T) = 70 \cdot 378 \cdot 5 / (1000 \cdot 24) = 5,51 \text{ м}^3/\text{ч},$$

где $q_{u,m}^h$ – среднесуточный расход воды, л, принимаемый по приложению А2 [2];

T – расчётное время водопотребления воды (сутки, смена), ч, принимаемое по приложению А2 [2].

Расход теплоты на отопление в точке излома температурного графика (при $t'_{ex} = 2 \text{ °C}$) [12]:

$$Q'_{he} = (Q_{he}^P + Q_B) \frac{t_T - t'_{ex}}{t_T^P - t_{ex}^P} - Q_B = (2,1 + 0,525) \frac{21 - 2}{18 - (-26)} - 0,525 = 0,61 \text{ МВт}$$

Температура нагреваемой воды после первой ступени (I) водоподогревателя горячего водоснабжения [12]:

$$t_I^h = \tau'_2 - 10 \text{ °C} = 42 - 10 = 32 \text{ °C}.$$

Расчётный расход сетевой воды на отопление

$$G^{he} = \frac{Q_{he}^P}{(\tau_1^P - \tau_2^P)C} = \frac{2100000}{(150 - 70) \cdot 1,163 \cdot 10^3} = 22,6 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Расчётный расход сетевой воды для нагрева воды в первой ступени водонагревателя при условии, что температура воды после водонагревателя равна температуре воды из системы отопления [12]:

$$G^e = \frac{(Q_{hr}^h - Q^{ht}) \frac{55 - t_I^h}{55 - t^c} + Q^{ht}}{(\tau_2 - \tau'_2)C} = \frac{(1315496 - 131644) \frac{55 - 32}{55 - 5} + 131644}{(70 - 42) \cdot 1,163 \cdot 10^3} = 20,8 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Расчётный расход на вводе воды из тепловой сети:

$$G^{tot} = G^{he} + G^e = 22,6 + 20,8 = 43,4 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Теплопроизводительность первой ступени водонагревателя:

$$Q^h_I = q^h_P(t^h_I - t^c)C = 18,85 \cdot (32 - 5) \cdot 1,163 \cdot 10^3 = 591909 \text{ Вт} \approx 0,592 \text{ МВт}.$$

Температура воды на выходе из первой ступени водонагревателя:

$$\tau_2^I = \tau'_2 - \frac{Q^h_I}{G^{tot} \cdot C} = 42 - \frac{591909}{43,4 \cdot 1,163 \cdot 10^3} = 30,3 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Температурный напор первой ступени водонагревателя:

$$\Delta t^I = \frac{(\tau_2^I - t^c) - (\tau'_2 - t^h_I)}{2,31 \cdot \lg\left(\frac{\tau_2^I - t^c}{\tau'_2 - t^h_I}\right)} = \frac{(30,3 - 5) - (42 - 32)}{2,31 \cdot \lg\left(\frac{30,3 - 5}{42 - 32}\right)} = \frac{15,3}{0,939} = 16,3 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Теплопроизводительность второй ступени (II) водонагревателя

$$Q^h_{II} = Q^{hr} - Q^h_I = 1,316 - 0,592 = 0,724 \text{ МВт}.$$

Температурный напор второй ступени водонагревателя:

$$\Delta t^{II} = \frac{\tau'_I + \tau_2^{II}}{2} - \frac{t^h + \tau^h_I}{2} = \frac{70 + 37}{2} - \frac{65 + 32}{2} = 5 \text{ }^\circ\text{C},$$

где: $\tau_2^{II} = \tau'_I - t^h + t^h_I = 70 - 65 + 32 = 37 \text{ }^\circ\text{C}$ находится при условии, что $\tau'_I - t^h = \tau_2^{II} - t^h_I$.

2.4.1. Расчёт первой ступени водоподогревателя

Средняя температура греющей воды:

$$\tau_{md} = \frac{\tau'_2 + \tau_2^{II}}{2} = \frac{42 + 37}{2} = 39,5 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Скорость воды в межтрубном пространстве:

$$V_I = \frac{G^{tot}}{3600 \cdot f_1 \cdot 2} = \frac{43,3}{3600 \cdot 0,0122 \cdot 2} = 0,493 \text{ м/с},$$

где $f_1 = 0,0122 \text{ м}^2$ – площадь сечения межтрубного пространства, определяемого по табл. 13.

Коэффициент теплоотдачи от греющей воды к стенке труб:

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= (1210 + 18 \cdot \tau_{md} - 0,038 \cdot \tau_{md}^2) \cdot \frac{V_I^{0,8}}{d_I^{0,2}} \cdot 1,163 = \\ &= (1210 + 18 \cdot 39,5 - 0,038 \cdot 39,5^2) \cdot \frac{0,493^{0,8}}{0,0207^{0,2}} \cdot 1,163 = \\ &= (1210 + 711 - 59,29) \cdot \frac{0,5697}{0,4605} \cdot 1,163 = 2678,6 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{C}}, \end{aligned}$$

где $d_I = 0,0207 \text{ м}$ – эквивалентный диаметр межтрубного пространства, определяемый по формуле:

$$d_I = \frac{D_{\text{вн}}^2 - n_{\text{тр}} d_{\text{н}}^2}{D_{\text{вн}} + n_{\text{тр}} d_{\text{н}}} = \frac{0,158^2 - 37 \cdot 0,016^2}{0,158 + 37 \cdot 0,016} = 0,0207 \text{ м},$$

где $D_{вн}$ – внутренний диаметр корпуса (табл. 13), $n_{мп}$ – число трубок, шт. (табл. 13), d_n – наружный диаметр трубок подогревателя (водо-водяные подогреватели ОСТ-34-588-68 выпускают с латунными трубками наружным диаметром 16 мм).

Средняя температура нагреваемой воды:

$$t_{md} = \frac{t_I^h + t^c}{2} = \frac{32 + 5}{2} = 18,5 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Скорость воды в трубном пространстве (в трубах):

$$V_2 = \frac{q_P^h}{3600 \cdot f_2 \cdot 2} = \frac{18,85}{3600 \cdot 0,0057 \cdot 2} = 0,459 \text{ м/с},$$

где $f_2 = 0,0057 \text{ м}^2$ – площадь живого сечения трубок (табл. 13).

Коэффициент тепловосприятя:

$$\begin{aligned} \alpha_2 &= (1210 + 18 \cdot t_{md} - 0,038 \cdot t_{md}^2) \cdot \frac{V_2^{0,8}}{d_2^{0,2}} \cdot 1,163 = \\ &= (1210 + 18 \cdot 18,5 - 0,038 \cdot 18,5^2) \cdot \frac{0,459^{0,8}}{0,014^{0,2}} \cdot 1,163 = \\ &= (1210 + 333 - 13) \cdot \frac{0,536}{0,426} \cdot 1,163 = 2239 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}, \end{aligned}$$

где d_2 – внутренний диаметр трубок, определяемый из табл. 13 по известному значению f_2 и количеству трубок $n_{мп} = 37$:

$$n_{\text{тр}} \cdot \frac{\pi \cdot d_2^2}{4} = f_2; \quad d_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot f_2}{\pi \cdot n_{\text{тр}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0057}{3,14 \cdot 37}} = 0,014 \text{ м}$$

Коэффициент теплоотдачи

$$K^I = \frac{0,7}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{0,7}{\frac{1}{2679} + \frac{1}{2239}} = \frac{0,7}{0,000373 + 0,000447} = 854 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}.$$

Площадь поверхности нагрева

$$F^I = \frac{Q_I^h}{\Delta t^I \cdot K^I} = \frac{591909}{16,3 \cdot 854} = 42,52 \text{ м}^2.$$

Число секций

$$m = \frac{F^I}{2F_c} = \frac{42,52}{2 \cdot 6,9} = 3,08 \text{ шт.},$$

где $F_c = 6,9 \text{ м}^2$ – площадь нагрева одной секции при длине трубок 4 м [13, 15].

Принимаем к установке 3 секции.

Таблица 13.

Технические характеристики водо-водяных скоростных секционных водонагревателей ОСТ 34-588-68 [15]. (Выбор водонагревателя – см. рис. 3).

Номер подогревателя на давление p , МПа		Длина трубок L , мм	Внутренний диаметр корпуса $D_{вн}$, мм	Площадь поверхности нагрева одной секции, m^2	Количество трубок, шт.	Площадь живого сечения трубок, m^2	Площадь межтрубного пространства, m^2
1	1,6						
01	26	2000	50	0,37	4	0,00062	0,00116
02	27	4000		0,75			
03	28	2000	69	0,65	7	0,00108	0,00233
04	29	4000		1,31			
05	30	2000	82	1,11	12	0,00185	0,00287
06	31	4000		2,24			
07	32	2000	106	1,76	19	0,00293	0,005
08	33	4000		3,54			
09	34	2000	158	3,4	37	0,0057	0,0122
10	35	4000		6,9			
11	36	2000	207	5,89	64	0,00985	0,02079
12	37	4000		12			
13	38	2000	259	10	109	0,01679	0,03077
14	39	4000		20,3			
15	40	2000	309	13,9	151	0,02325	0,04464
16	41	4000		28			
17	42	2000	359	19,8	216	0,03325	0,05781
18	43	4000		40,1			
19	44	2000	408	25,8	283	0,04356	0,07191
20	45	4000		52,5			
21	46	2000	512	41	450	0,06927	0,11544
22	47	4000		83,4			

2.4.2. Расчёт второй ступени водоподогревателя

Расчёт производится по аналогии с расчётом первой ступени:

$$\tau_{md} = \frac{\tau'_I + \tau''_I}{2} = \frac{70 + 37}{2} = 53,5 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

$$V_I = \frac{G^e}{3600 \cdot f_1 \cdot 2} = \frac{20,8}{3600 \cdot 0,0122 \cdot 2} = 0,237 \text{ м/с}$$

$$\alpha_1 = (1210 + 18 \cdot 53,5 - 0,038 \cdot 53,5^2) \cdot \frac{0,237^{0,8}}{0,0207^{0,2}} \cdot 1,163 = 1648 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$t_{md} = \frac{t^h + t_I^h}{2} = \frac{65 + 32}{2} = 48,5 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

$$V_2 = \frac{q_P^h}{3600 \cdot f_2 \cdot 2} = \frac{18,85}{3600 \cdot 0,0057 \cdot 2} = 0,459 \text{ м/с},$$

$$\alpha_2 = (1210 + 18 \cdot 48,5 - 0,038 \cdot 48,5^2) \cdot \frac{0,459^{0,8}}{0,014^{0,2}} \cdot 1,163 = 2920 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}$$

$$K^{II} = \frac{0,7}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{0,7}{\frac{1}{1648} + \frac{1}{2920}} = 737 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}$$

$$F^{II} = \frac{Q_{II}^h}{\Delta t^{II} \cdot K^{II}} = \frac{724000}{5 \cdot 737} = 196,47 \text{ м}^2.$$

$$m = \frac{F^{II}}{2F_c} = \frac{196,47}{2 \cdot 6,9} = 14,24 \text{ шт.}$$

Принимаем к установке 14 секций.

Рекомендуемое литературой и практикой эксплуатации максимальное суммарное количество секций – 10. Данные рекомендации, как и рис. 3 ([14, рис. 4.12]) датируются временем действия СНиП 2.04.01-85. В этом документе, п. 2.2 предписывает предусматривать температуру горячей воды для систем централизованного горячего водоснабжения, присоединяемых к закрытым системам теплоснабжения не ниже 50 °С. В действующем СП 30.13330.2020 температура горячей воды **в местах водоразбора** независимо от применяемой системы теплоснабжения должна быть **не ниже 60°С** и не выше 75 °С. Таким образом мы предусмотрели расчётную температуру горячей воды на выходе из водоподогревателя $t^h = 65 \text{ °С}$ учитывая тот факт, что пока она дойдёт от ЦТП до диктующего прибора, её температура снизится до минимально требуемых 60 °С. Изменение требований к t^h в СП привело к тому, что суммарное количество секций водоподогревателя составило 3 + 14 = 17 шт. Рекомендуется принять водоподогреватель следующего сортамента (табл. 13) и выполнить перерасчёт.

При решении оставить полученные 17 секций (в учебных целях в данной работе так и поступаем) потери давления в них в режиме водоразбора составят:

$$H^P_{I+II} = 1000 \cdot K \cdot n \cdot m \cdot V_2^2 \cdot 9,8 = 9800 \cdot 4 \cdot 0,75 \cdot 17 \cdot 0,459^2 = 105298 \text{ Па},$$

Определяем минимальное требуемое давление в точке подключения к трубопроводу холодного водопровода (в помещении ЦТП, после повысительных насосов) и в ответвлении, подающем воду на нужды горячего водоснабжения. Оно равно суммарным потерям напора от этой точки до диктующего прибора наиболее удалённого секционного узла (рис. 1, т. 1) главной расчётной ветви.

$$H^h_{Pmp} = H_{Ruz} + \Sigma H^h_l + H^P_{I+II} = 480232 + 70769 + 105298 = 656299 \text{ Па},$$

где:

$$H_{Ruz} = 48,97 \text{ м} = 480232 \text{ Па (табл. 5, ветвь IX)}$$

$$\Sigma H^h_l = 70769 \text{ Па (табл. 6, ветвь IX)}$$

При установке в ЦТП насоса давление в точке ответвления в трубопроводе холодного водопровода составит:

$$H^h_{ЦТП} = H_g \pm H_{geod} - H_{ГВ-ЦТП} + H_P^{nac} - H_{сч} = 196133 + 5868 - 48837 + 294000 - 981 = 446183 \text{ Па},$$

где:

H_g – гарантированное давление в точке подключения к городскому водопроводу (20 м = 196133 Па);

$\pm H_{geod}$ – разность геодезических отметок точек подключения к городскому водопроводу и ввода в здание (5868 Па);

$H_{ПВ-ЦТП}$ – потери давления в трубопроводе от городского водопровода к ЦТП (принято из раздела расчёта холодного водопровода 4,98 м = 48837 Па);

$H_p^{нас} = 294000$ Па (из расчёта холодного водопровода);

$H_{сч} = 981$ Па (квартальный прибор учёта воды, принято из расчёта холодного водопровода).

Действующее давление $H^h_{ЦТП} = 446183$ Па меньше требуемого $H^h_{Pmp} = 656299$ Па что вызывает необходимость подбора более мощного насоса.

Требуемые параметры насоса: $q = 4,7$ л/с; $H^h_{Pmp} = 656299$ Па = 66,9 м.

По приложению В принимаем к установке насос Wilo-Multivert MVI 2 (один рабочий, один резервный).

3. СПИСОК ВОПРОСОВ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Каковы цели и задачи водоснабжения?
2. Какого качества должна быть вода в производственных системах водоснабжения?
3. Выберите правильное определение оборотных систем водоснабжения.
4. Когда применяются системы водоснабжения с повысительной насосной установкой?
5. В каких случаях применяются зонные системы водоснабжения во внутренней водопроводной сети?
6. В каких случаях применяются системы с разрывом струи и приёмным резервуаром?
7. Что называется вводом внутреннего водопровода?
8. Как определяется минимальная глубина заложения вводов?
9. Какие трубы не применяются для устройства ввода водопровода? Укажите все возможные ответы.
10. Какой водомерный узел называется «простым»?
11. Каков минимальный диаметр турбинных водомеров, выпускаемых отечественной промышленностью?
12. Выберите основные недостатки чугунных труб. Укажите все возможные варианты.
13. С какой этажности в жилых зданиях необходимо устройство противопожарного водопровода?
14. Из какого материала изготавливают трубы, обозначаемые аббревиатурой РР-Р?
15. Из какого материала изготавливают трубы с маркировкой ВТ-6?
16. Какого диаметра выпускаются отечественной промышленностью пожарные краны?
17. Какие элементы относятся к предохранительной арматуре?
18. Чему равен радиус действия пожарного крана?
19. Выберите недостатки центробежных насосов.
20. По какой формуле рассчитывается полная вместимость напорно-запасных баков?
21. Где запрещается установка насосных установок хозяйственно-питьевого назначения? Укажите все возможные варианты.

22. По какой формуле определяется необходимый (требуемый) напор на вводе?

23. Что называется диктующим прибором?

24. Какова максимально допустимая скорость движения воды в трубах системы внутреннего водоснабжения?

25. Каков рекомендуемый диапазон скорости воды в трубах системы внутреннего водоснабжения при пропуске хозяйственно-питьевого расхода при питании от городского водопровода?

26. Каков рекомендуемый диапазон скорости воды в трубах системы внутреннего водоснабжения при пропуске хозяйственно-питьевого расхода при питании от напорно-запасных баков?

27. По какой формуле вычисляется максимальный секундный расход воды на расчётном участке сети?

28. Каково минимальное расстояние от стены здания до внутриквартирной сети водоснабжения?

29. По какому признаку отличаются друг от друга системы местного и централизованного горячего водоснабжения?

30. Верно ли утверждение? Местные системы горячего водоснабжения связаны с развитием мощных источников теплоты. Для их эксплуатации необходима сложная служба городского теплоснабжения.

31. Верно ли утверждение? Закрытые тепловые сети предусматривают нагрев воды через поверхности, где теплоноситель и нагреваемая вода не соприкасаются, а теплота передаётся через поверхности теплообмена.

32. Какая система горячего водоснабжения более рациональна с точки зрения использования теплоты?

33. Верно ли утверждение? Дополнительные ёмкости – аккумуляторы теплоты – необходимы для сглаживания колебаний потребления горячей воды при равномерном режиме водопотребления.

34. Отметьте все возможные источники теплоты для децентрализованных систем горячего водоснабжения.

35. Какие электронагреватели требуют большей мощности?

36. Выберите формулу, описывающую передачу теплоты (закон Фурье).

37. Верно ли утверждение? Водонагреватели проточного типа отличаются малой теплопроизводительностью и большой теплоёмкостью.

38. При каком направлении движения теплоносителя относительно нагреваемой воды достигается лучший теплообмен в водо-водяных скоростных секционных водонагревателях?

39. По какой формуле рассчитывается площадь поверхности нагрева водонагревателя?

40. Какая температура горячей воды принимается обычно за расчётную?

41. Какие канализационные сети наиболее распространены?

42. В каких случаях применяют насосные или пневматические установки на канализационной сети?

43. Какие установки применяются для предварительной обработки сточных вод? Выберите все возможные варианты.

44. Является ли обязательным установка гидравлических затворов (сифонов) на приёмниках сточных вод.

45. Для каких целей устанавливаются гидрозатворы (сифоны)?

46. Как правильно располагаются раструбы при соединении труб?

47. Какие устройства для ликвидации засоров установлены на внутриквартирной канализационной сети внутри здания?

48. Для чего предназначены вытяжные трубопроводы, устанавливаемые в верхней части канализационной сети на стояках? Выберите все возможные варианты.

49. Какова минимальная глубина заложения канализационной сети?

50. Верно ли утверждение? Расчётная скорость движения сточной жидкости на следующем участке должна быть не меньше, чем на предыдущем.

51. Верно ли утверждение? На самотечной сети канализации вдоль трассы диаметры на следующем участке не должны быть меньше, чем на предыдущем. (Увеличение диаметров по ходу сточной жидкости).

52. Наполнение самотечного трубопровода вдоль трассы должно изменяться следующим образом.

53. Смотровые колодцы на канализационных сетях устанавливают в следующих местах. Выберите все возможные варианты.

54. Угол между присоединяемой и отводящей трубами должен быть не менее:

55. Наименьший диаметр труб самотечной внутриквартирной бытовой и производственной канализации составляет:

56. Наименьший диаметр труб самотечной уличной ливневой канализации составляет:

57. Соединение трубопроводов разных диаметров самотечной канализационной сети выполняется следующими способами. Выберите все возможные варианты.

58. Что такое незаиляющая скорость?

4. ОПИСАНИЕ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ОРГАНИЗАЦИЯ ЗАЩИТЫ, КРИТЕРИИ И НОРМЫ ОЦЕНКИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Текущий контроль осуществляется по ходу учебного процесса. Он дает возможность квалифицировать степень сформированности знаний, умений, навыков, а также их глубину и прочность. Данный контроль позволяет вовремя выявить пробелы в знаниях оказать им помощь в усвоении материала.

Текущий контроль осуществляется в форме устного опроса, собеседования. После окончания работы анализируются допущенные ошибки.

Универсальная система оценивания результатов обучения включает в себя системы оценок: 1) «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»; 2) «зачтено», «не зачтено»; 3) 100 – балльную/процентную систему и правило перевода оценок в пятибалльную систему (табл. 14).

Таблица 14

Критерии и нормы оценки курсового проекта

Система оценок Критерий	2	3	4	5
	0-40 %	41-60 %	61-80 %	81-100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
1 Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой)	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полной знаний и системным взглядом на изучаемый объект
2 Работа с информацией	Не в состоянии находить необходимую информацию, либо в состоянии находить отдельные	Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую информацию в рамках	Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные источники

Система оценок Критерий	2	3	4	5
	0-40 %	41-60 %	61-80 %	81-100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
	фрагменты информации в рамках поставленной задачи		поставленной задачи	информации в рамках поставленной задачи
3. Научное осмысление изучаемого явления, процесса, объекта	Не может делать научно корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений	В состоянии осуществлять научно корректный анализ предоставленной информации	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные задачи данные	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи
4. Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

Подведение итогов курсового проектирования включает следующие этапы:

- сдача курсового проекта на проверку руководителю;
- доработка курсового проекта с учетом замечаний руководителя (в случае необходимости);
- защита курсового проекта.

Срок сдачи готового курсового проекта определяется заданием на курсовой проект, но не позднее предпоследней недели учебных занятий в семестре.

Выполненный курсовой проект подписывается студентом и представляется на проверку. Курсовой проект, удовлетворяющий предъявленным требованиям, допускается к защите, о чем руководитель делает запись в пояснительной записке. Кафедра устанавливает день и час защиты, вывешивая график защиты курсовых проектов.

Защита курсового проекта, как правило, проводится публично, в присутствии студенческой группы.

Защита курсового проекта состоит в коротком докладе (8-10 минут) студента, ответах на вопросы по существу проекта.

После успешной защиты скан титульного листа с оценкой и подписью руководителя загружается студентом в свое портфолио в электронную информационную образовательную среду университета.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 10.13130.2020. Системы противопожарной защиты. Внутренний противопожарный водопровод. Требования пожарной безопасности. База электронных нормативных документов «Техэксперт».

2. СП 30.13330.2020. Внутренний водопровод и канализация зданий. Актуализированная редакция СНиП 2.04.01-85*. База электронных нормативных документов «Техэксперт».

3. СП 30.13330.2016. Внутренний водопровод и канализация зданий. Актуализированная редакция СНиП 2.04.01-85*. База электронных нормативных документов «Техэксперт».

4. СП 40-102-2000. Проектирование и монтаж трубопроводов систем водоснабжения и канализации из полимерных материалов. Общие требования. – Москва, 2001. – 43 с.

5. СП 32.13330.2018 Свод правил. Канализация. Наружные сети и сооружения. База электронных нормативных документов «Техэксперт».

6. ГОСТ 21.206-2012. Система проектной документации для строительства. Условные обозначения трубопроводов. База электронных нормативных документов «Техэксперт».

7. ГОСТ 21.704-2011 Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации наружных сетей водоснабжения и канализации. База электронных нормативных документов «Техэксперт».

8. ГОСТ 2.782-96 Единая система конструкторской документации обозначения условные графические. Машины гидравлические и пневматические. База электронных нормативных документов «Техэксперт».

9. Воронов, Ю. В. Водоснабжение и водоотведение: учеб. пособие / Ю. В. Воронов, А. Л. Ивчатова. – Москва: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2006. – 448 с.

10. Кедров, В. С. Санитарно-техническое оборудование зданий: учебник для вузов / В. С. Кедров, Е. Н. Ловцов. – Москва, 1989. – 495 с.

11. 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.

12. Богатов, Г. Ф. Водоснабжение и водоотведение жилых и общественных зданий. Пример расчёта: учеб.-метод. пособие к выполнению курсового проекта для студентов специальности 290700 – Теплогазоснабжение и вентиляция / Г. Ф. Богатов. – Калининград: Изд-во КГТУ, 1997. – 44 с.

13. Внутренние санитарно-технические устройства: в 3 ч. / Ю. Н. Саргин [и др.]; под. ред. И. Г. Староверова и Ю. И. Шиллера. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва, 1990. – Ч. 2. – 247 с.

14. Повышение эффективности работы систем горячего водоснабжения / Н. Н. Чистяков, М. М. Грудзинский, В. И. Ливчак и др. — 2-с изд., перераб. и доп. — М.: Стройиздат, 1988. — 314 с.: ил.; 20 см. — (Экономия топлива и электроэнергии: ЭТЭ).— (В обл.): 90 к., 16700 экз. ISBN 5-274-00633-7.

15. Справочник по инженерному оборудованию жилых и общественных зданий. /П.П. Якубчик и др. – Киев: Будивэльник, 1989. – 357 с.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инженерные сети. Оборудование зданий и сооружений: учебник / под ред. Ю. П. Соснина. - Москва Высшая школа, 2001. - 414, [1] с. – ISBN 5-06-003827-0 (в пер.).

2. Плаксин, Ю. М. Основы инженерного строительства и сантехника: учеб. / Ю. М. Плаксин, Н. Н. Малахов. - Москва: КолосС, 2007. - 199 с. – ISBN 978-5-9532-0430-9.

3. Ливчак, И. Ф. Основы промышленного строительства и санитарной техники : учеб. / И. Ф. Ливчак, Н. В. Иванова. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва: Высшая школа, 1984 - Ч. 2: Основы санитарной техники. - 1984. - 182 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблицы для гидравлического расчёта

Потеря давления на трение в трубе R и расчетная скорость протекания v в зависимости от расхода Q

комб. труба фузиотерм® Фазер SDR 7,4 - комб. труба фузиотерм® Штаби SDR 7,4
 температура: 60 °C

шероховатость: 0,0070 мм удельный вес: 993,20 кг/м³ кин. вязкость: 0,47x 10⁻⁶ м²/сек.

53

Q		диа-метр	16,0 мм	20,0 мм	25,0 мм	32,0 мм	40,0 мм	50,0 мм	63,0 мм	75,0 мм	90,0 мм	110,0 мм	125,0 мм	160,0 мм	200,0 мм	250,0 мм
0,01 л/сек.	0,60 л/мин.	R	0,18	0,07	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		v	0,08	0,06	0,04	0,02	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,02 л/сек.	1,20 л/мин.	R	0,59	0,21	0,07	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		v	0,19	0,12	0,08	0,05	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,03 л/сек.	1,80 л/мин.	R	1,19	0,43	0,15	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		v	0,28	0,18	0,12	0,07	0,05	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
0,04 л/сек.	2,40 л/мин.	R	1,97	0,70	0,24	0,07	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		v	0,38	0,25	0,16	0,09	0,06	0,04	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
0,05 л/сек.	3,00 л/мин.	R	2,91	1,04	0,36	0,11	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		v	0,47	0,31	0,20	0,12	0,08	0,05	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00
0,06 л/сек.	3,60 л/мин.	R	4,02	1,43	0,49	0,15	0,05	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		v	0,57	0,37	0,24	0,14	0,09	0,06	0,04	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00
0,07 л/сек.	4,20 л/мин.	R	5,28	1,87	0,64	0,19	0,07	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		v	0,68	0,43	0,28	0,17	0,11	0,07	0,04	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00
0,08 л/сек.	4,80 л/мин.	R	6,70	2,37	0,81	0,24	0,08	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		v	0,76	0,49	0,31	0,19	0,12	0,08	0,05	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00
0,09 л/сек.	5,40 л/мин.	R	8,27	2,92	1,00	0,30	0,10	0,04	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		v	0,85	0,55	0,35	0,21	0,14	0,09	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00
0,10 л/сек.	6,00 л/мин.	R	10,00	3,52	1,20	0,36	0,12	0,04	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		v	0,95	0,61	0,39	0,24	0,15	0,01	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00
0,12 л/сек.	7,20 л/мин.	R	13,88	4,87	1,66	0,49	0,17	0,06	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		v	1,14	0,74	0,47	0,28	0,18	0,12	0,07	0,05	0,04	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01
0,16 л/сек.	9,60 л/мин.	R	23,39	8,16	2,77	0,82	0,28	0,01	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		v	1,51	0,98	0,63	0,38	0,24	0,16	0,01	0,07	0,05	0,03	0,02	0,02	0,00	0,01
0,18 л/сек.	10,8 л/мин.	R	28,99	10,01	3,43	1,00	0,35	0,12	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		v	1,70	1,11	0,71	0,43	0,27	0,17	0,11	0,08	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01	0,01
0,20 л/сек.	12,0 л/мин.	R	35,16	12,22	4,14	1,22	0,42	0,14	0,05	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		v	1,89	1,23	0,79	0,47	0,30	0,19	0,12	0,08	0,06	0,04	0,03	0,02	0,01	0,01
0,30 л/сек.	18,0 л/мин.	R	74,30	25,60	8,60	2,51	0,86	0,30	0,01	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
		v	2,84	1,84	1,18	0,71	0,45	0,29	0,18	0,13	0,08	0,06	0,05	0,03	0,02	0,01
0,40 л/сек.	24,0 л/мин.	R	127,07	43,49	14,53	4,22	1,43	0,49	0,16	0,07	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
		v	3,78	2,46	1,57	0,95	0,61	0,39	0,24	0,17	0,12	0,08	0,06	0,04	0,02	0,02
0,50 л/сек.	30,0 л/мин.	R	193,33	65,62	21,88	6,33	2,14	0,73	0,24	0,10	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00
		v	4,73	3,07	1,96	1,18	0,78	0,49	0,30	0,22	0,15	0,10	0,08	0,05	0,03	0,02
0,60 л/сек.	36,0 л/мин.	R	272,98	92,54	30,64	8,82	2,98	1,02	0,33	0,14	0,06	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00
		v	5,68	3,68	2,36	1,42	0,91	0,58	0,36	0,26	0,18	0,12	0,09	0,06	0,04	0,02
0,70 л/сек.	42,0 л/мин.	R	365,98	123,62	40,78	11,70	3,94	1,34	0,43	0,19	0,08	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00
		v	6,62	4,30	2,75	1,66	1,06	0,68	0,42	0,30	0,21	0,14	0,11	0,07	0,04	0,03

Q = расход (л/сек.) R = перепад давления (мбар/м) v = скорость (м/сек.)

Потеря давления на трение в трубе R и расчетная скорость протекания v в зависимости от расхода Q

комб. труба **фузиотерм® Фазер SDR 7,4** - комб. труба **фузиотерм® Штаби SDR 7,4**
 температура: 60 °C

шероховатость: 0,0070 мм удельный вес: 993,20 кг/м³ кин. вязкость: 0,47x 10⁻⁶ м²/сек.

Q		дна-метр	16,0 мм	20,0 мм	25,0 мм	32,0 мм	40,0 мм	50,0 мм	63,0 мм	75,0 мм	90,0 мм	110,0 мм	125,0 мм	160,0 мм	200,0 мм	250,0 мм
0,80 л/сек.	48,0 л/мин.	R	472,28	159,04	52,30	14,96	5,02	1,71	0,55	0,24	0,01	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00
		v	757	4,91	314	1,89	1,21	0,78	0,49	0,34	0,24	0,18	0,12	0,08	0,05	0,03
0,90 л/сек.	54,0 л/мин.	R	581,88	198,78	65,19	18,59	6,23	2,12	0,68	0,30	0,12	0,05	0,03	0,01	0,00	0,00
		v	8,52	5,53	3,54	2,13	1,36	0,87	0,55	0,39	0,27	0,18	0,14	0,08	0,05	0,04
1,00 л/сек.	60,0 л/мин.	R	724,75	242,84	79,44	22,59	7,55	2,56	0,82	0,36	0,15	0,06	0,03	0,01	0,00	0,00
		v	9,48	6,14	3,93	2,37	1,51	0,97	0,61	0,43	0,30	0,20	0,15	0,09	0,06	0,04
1,20 л/сек.	72,0 л/мин.	R	1030,26	343,88	112,01	31,70	10,56	3,57	1,14	0,50	0,20	0,08	0,04	0,01	0,01	0,00
		v	11,35	7,37	4,72	2,94	1,82	1,17	0,73	0,52	0,36	0,24	0,19	0,11	0,07	0,05
1,40 л/сек.	84,0 л/мин.	R	1388,77	462,05	149,97	42,27	14,04	4,74	1,51	0,66	0,27	0,10	0,06	0,02	0,01	0,00
		v	13,25	8,60	5,50	3,31	2,12	1,36	0,86	0,60	0,42	0,28	0,22	0,13	0,08	0,05
1,60 л/сек.	96,0 л/мин.	R	1800,22	597,40	193,32	54,30	17,98	6,05	1,92	0,83	0,34	0,13	0,07	0,02	0,01	0,00
		v	15,14	9,82	6,29	3,78	2,42	1,55	0,97	0,69	0,48	0,32	0,25	0,15	0,01	0,00
1,80 л/сек.	108 л/мин.	R	2264,61	749,88	242,05	67,79	22,38	7,52	2,38	1,03	0,42	0,16	0,09	0,03	0,01	0,00
		v	17,03	11,05	7,07	4,28	2,73	1,75	1,09	0,77	0,54	0,36	0,28	0,17	0,11	0,07
2,00 л/сек.	120 л/мин.	R	2781,91	919,48	296,13	82,69	27,25	9,13	2,89	1,25	0,51	0,20	0,11	0,03	0,01	0,00
		v	18,92	12,28	7,86	4,73	3,03	1,94	1,21	0,86	0,60	0,40	0,31	0,19	0,12	0,08
2,20 л/сек.	132 л/мин.	R	3352,11	1106,20	355,57	99,05	32,57	10,89	3,44	1,49	0,61	0,23	0,13	0,04	0,01	0,01
		v	20,82	13,51	8,65	5,20	3,33	2,14	1,34	0,95	0,65	0,44	0,34	0,21	0,13	0,09
2,40 л/сек.	144 л/мин.	R	3975,21	1310,01	420,36	116,84	38,34	12,80	4,04	1,74	0,71	0,27	0,15	0,04	0,02	0,01
		v	22,71	14,74	9,43	5,68	3,63	2,33	1,48	1,03	0,71	0,48	0,37	0,23	0,14	0,09
2,60 л/сек.	156 л/мин.	R	4651,20	1530,92	490,49	136,06	44,57	14,85	4,88	2,02	0,83	0,32	0,17	0,05	0,02	0,01
		v	24,60	15,96	10,22	6,15	3,94	2,53	1,58	1,12	0,77	0,52	0,40	0,25	0,16	0,10
2,80 л/сек.	168 л/мин.	R	5380,07	1768,93	565,97	156,72	51,25	17,05	5,36	2,31	0,94	0,36	0,19	0,06	0,02	0,01
		v	26,49	17,19	11,00	6,62	4,24	2,72	1,70	1,20	0,83	0,56	0,43	0,26	0,17	0,11
3,00 л/сек.	180 л/мин.	R	6161,83	2024,03	646,79	178,80	58,38	19,39	6,09	2,62	1,07	0,41	0,22	0,07	0,02	0,01
		v	28,39	18,42	11,79	7,01	4,54	2,91	1,82	1,29	0,89	0,60	0,46	0,28	0,18	0,12
3,20 л/сек.	192 л/мин.	R	6996,46	2296,22	732,95	202,31	65,96	21,88	6,86	2,95	1,20	0,46	0,25	0,07	0,03	0,01
		v	30,28	19,65	12,58	7,57	4,84	3,11	1,94	1,38	0,95	0,64	0,49	0,30	0,19	0,13
3,40 л/сек.	204 л/мин.	R	7883,98	2585,49	824,44	227,25	73,99	24,51	7,67	3,30	1,35	0,51	0,27	0,08	0,03	0,01
		v	32,17	20,88	13,36	8,04	5,15	3,30	2,06	1,46	1,01	0,68	0,53	0,32	0,21	0,13
3,60 л/сек.	216 л/мин.	R	8824,36	2891,85	921,27	253,61	82,47	27,29	8,53	3,67	1,49	0,57	0,30	0,09	0,03	0,01
		v	34,06	22,10	14,15	8,52	5,45	3,50	2,19	1,55	1,07	0,72	0,56	0,34	0,22	0,14
3,80 л/сек.	228 л/мин.	R	9817,63	3215,30	1023,43	281,40	91,40	30,21	9,43	4,05	1,65	0,63	0,34	0,10	0,03	0,01
		v	35,96	23,33	14,93	8,99	5,75	3,69	2,31	1,63	1,13	0,76	0,59	0,36	0,23	0,15
4,00 л/сек.	240 л/мин.	R	10863,77	3555,63	1130,93	310,61	100,78	33,27	10,38	4,45	1,81	0,69	0,37	0,11	0,04	0,01
		v	37,85	24,56	15,72	9,48	6,06	3,89	2,43	1,72	1,19	0,80	0,62	0,39	0,24	0,16
4,20 л/сек.	252 л/мин.	R	11962,78	3913,44	1243,75	341,24	110,60	36,47	11,37	4,88	1,99	0,75	0,40	0,12	0,04	0,01
		v	39,74	25,79	16,50	9,94	6,36	4,08	2,55	1,81	1,25	0,84	0,65	0,40	0,25	0,16
4,40 л/сек.	264 л/мин.	R	13114,66	4288,14	1361,91	373,30	120,87	39,82	12,40	5,31	2,16	0,82	0,44	0,13	0,05	0,02
		v	41,63	27,02	17,29	10,41	6,66	4,28	2,67	1,89	1,31	0,88	0,68	0,41	0,27	0,17

Q = расход (л/сек.) R = перепад давления (мбар/м) v = скорость (м/сек.)

Потеря давления на трение в трубе R и расчетная скорость протекания V в зависимости от расхода Q

комб. труба **фузнотерм® Фазер SDR 7,4** - комб. труба **фузнотерм® Штаби SDR 7,4**
 температура: 60 °C

шероховатость: 0,0070 мм удельный вес: 993,20 кг/м³ кин. вязкость: 0,47x 10⁻⁸ м²/сек.

Q		диа-метр	16,0 мм	20,0 мм	25,0 мм	32,0 мм	40,0 мм	50,0 мм	63,0 мм	75,0 мм	90,0 мм	110,0 мм	125,0 мм	160,0 мм	200,0 мм	250,0 мм
4,60 л/сек.	276 л/мин.	R	14319,42	4679,91	1465,40	406,78	131,59	43,31	13,47	5,77	2,34	0,89	0,47	0,14	0,05	0,02
		v	43,53	26,25	18,06	10,88	6,96	4,47	2,79	1,98	1,37	0,92	0,71	0,43	0,28	0,18
4,80 л/сек.	288 л/мин.	R	15577,04	5088,77	1614,23	441,88	142,75	46,94	14,58	6,24	2,53	0,96	0,51	0,16	0,05	0,02
		v	45,42	29,47	19,86	11,35	7,27	4,66	2,91	2,07	1,43	0,96	0,74	0,45	0,29	0,19
5,00 л/сек.	300 л/мин.	R		5514,70	1748,38	478,00	154,36	50,71	15,74	6,73	2,73	1,03	0,55	0,17	0,06	0,02
		v		30,70	19,85	11,83	7,57	4,86	3,03	2,15	1,49	1,00	0,77	0,47	0,30	0,20
5,20 л/сек.	312 л/мин.	R		5957,72	1887,86	515,74	166,42	54,62	16,94	7,24	2,93	1,11	0,58	0,18	0,06	0,02
		v		31,93	20,43	12,30	7,87	5,05	3,16	2,24	1,55	1,04	0,80	0,49	0,31	0,20
5,40 л/сек.	324 л/мин.	R		6417,82	2032,67	554,90	178,92	58,68	18,18	7,77	3,15	1,19	0,64	0,19	0,07	0,02
		v		33,16	21,22	12,77	8,16	5,25	3,28	2,32	1,61	1,08	0,83	0,51	0,33	0,21
5,60 л/сек.	336 л/мин.	R		6894,99	2182,82	595,49	191,87	62,88	19,47	8,31	3,36	1,27	0,68	0,21	0,07	0,02
		v		34,39	22,01	13,25	8,48	5,44	3,40	2,41	1,67	1,12	0,86	0,53	0,34	0,22
5,80 л/сек.	348 л/мин.	R		7389,25	2338,28	637,49	205,26	67,21	20,80	8,88	3,59	1,36	0,72	0,22	0,07	0,03
		v		35,61	22,79	13,72	8,78	5,64	3,52	2,50	1,73	1,16	0,90	0,55	0,35	0,23
6,00 л/сек.	360 л/мин.	R		7900,58	2498,08	680,92	219,10	71,69	22,17	9,46	3,82	1,44	0,77	0,23	0,08	0,03
		v		36,84	23,58	14,19	9,08	5,83	3,64	2,58	1,79	1,20	0,93	0,57	0,36	0,23
6,20 л/сек.	372 л/мин.	R		8428,99	2665,21	725,76	233,38	76,32	23,58	10,05	4,06	1,53	0,82	0,25	0,08	0,03
		v		38,07	24,36	14,67	9,39	6,02	3,76	2,67	1,85	1,24	0,96	0,58	0,37	0,24
6,40 л/сек.	384 л/мин.	R		8974,48	2838,67	772,03	248,11	81,08	25,03	10,67	4,31	1,63	0,87	0,26	0,09	0,03
		v		39,30	25,15	15,14	9,69	6,22	3,88	2,75	1,91	1,28	0,99	0,60	0,39	0,25
6,60 л/сек.	396 л/мин.	R		9537,05	3013,45	819,71	263,29	85,98	26,52	11,30	4,56	1,72	0,92	0,28	0,09	0,03
		v		40,53	25,94	15,61	9,99	6,41	4,01	2,84	1,96	1,32	1,02	0,62	0,40	0,26
6,80 л/сек.	408 л/мин.	R		10116,69	3195,57	868,81	278,91	91,03	28,06	11,95	4,82	1,82	0,97	0,29	0,10	0,04
		v		41,75	26,72	16,09	10,29	6,61	4,13	2,93	2,02	1,36	1,05	0,64	0,41	0,27
7,00 л/сек.	420 л/мин.	R		10713,42	3383,01	919,34	294,97	96,21	29,64	12,61	5,09	1,92	1,02	0,31	0,11	0,04
		v		42,98	27,51	16,56	10,60	6,80	4,25	3,01	2,09	1,40	1,08	0,66	0,42	0,27
7,50 л/сек.	450 л/мин.	R		12279,94	3874,92	1051,85	337,07	109,79	33,77	14,36	5,78	2,18	1,18	0,35	0,12	0,04
		v		46,05	29,47	17,74	11,35	7,29	4,55	3,23	2,23	1,50	1,16	0,71	0,45	0,29
8,00 л/сек.	480 л/мин.	R		13953,20	4400,13	1193,24	381,96	124,25	38,16	16,21	6,52	2,45	1,31	0,39	0,13	0,05
		v		49,12	31,44	18,92	12,11	7,77	4,86	3,44	2,38	1,60	1,24	0,75	0,48	0,31
9,00 л/сек.	540 л/мин.	R		17619,93	5550,43	1502,62	480,05	155,80	47,73	20,23	8,12	3,05	1,62	0,49	0,17	0,06
		v		55,26	35,37	21,29	13,63	8,74	5,46	3,67	2,68	1,80	1,39	0,85	0,54	0,35
10,0 л/сек.	600 л/мин.	R			6833,92	1847,46	589,25	190,87	58,34	24,68	9,89	3,71	1,97	0,59	0,20	0,07
		v			39,30	23,68	15,14	9,72	6,07	4,30	2,98	2,00	1,54	0,94	0,60	0,39
12,0 л/сек.	720 л/мин.	R			9800,41	2643,53	840,94	271,52	82,66	34,87	13,94	5,21	2,76	0,83	0,28	0,01
		v			47,16	28,39	18,17	11,88	7,28	5,16	3,57	2,40	1,85	1,13	0,72	0,47
14,0 л/сек.	840 л/мин.	R			13299,58	3581,42	1137,00	368,18	111,13	46,77	18,64	6,95	3,68	1,01	0,37	0,13
		v			55,02	33,12	21,20	13,80	8,50	6,02	4,17	2,80	2,16	1,32	0,85	0,55
16,0 л/сек.	960 л/мин.	R				4661,12	1477,42	474,85	143,74	60,36	24,00	8,93	4,72	1,40	0,47	0,17
		v				37,85	24,22	15,55	9,71	6,88	4,76	3,20	2,47	1,51	0,97	0,63

Q = расход (л/сек.) R = перепад давления (мбар/м) v = скорость (м/сек.)

Потеря давления на трение в трубе R и расчетная скорость протекания v в зависимости от расхода Q

комб. труба **фузнотерм® Фазер SDR 7,4** - комб. труба **фузнотерм® Штаби SDR 7,4**
 температура: 60 °C

шероховатость: 0,0070 мм удельный вес: 993,20 кг/м³ кин. вязкость: 0,47x 10⁻⁶ м²/сек.

Q		диаметр	16 мм	20 мм	25 мм	32 мм	40 мм	50 мм	63 мм	75 мм	90 мм	110 мм	125 мм	160 мм	200 мм	250 мм
18,0 л/сек.	1080 л/мин.	R				5882,62	1862,20	59751	180,47	75,85	30,02	11,14	5,88	1,75	0,59	0,20
		v				42,58	2725	1748	10,93	7,74	5,36	3,60	2,78	1,70	1,09	0,70
20,0 л/сек.	1200 л/мин.	R				7245,82	2291,32	73418	221,33	92,63	36,70	13,59	7,16	2,12	0,71	0,25
		v				47,31	30,28	19,43	12,14	8,60	5,95	4,00	3,08	1,89	1,21	0,78
22,0 л/сек.	1320 л/мин.	R				8751,01	2764,79	88480	266,31	111,30	44,02	16,28	8,57	2,54	0,85	0,30
		v				52,04	33,31	21,35	13,35	9,47	6,55	4,40	3,40	2,07	1,33	0,86
24,0 л/сек.	1440 л/мин.	R				10397,90	3262,80	1049,43	315,41	131,68	52,00	19,20	10,01	2,98	1,00	0,35
		v				56,77	36,34	23,32	14,57	10,33	7,14	4,80	3,71	2,26	1,45	0,94
26,0 л/сек.	1560 л/мин.	R					3844,75	1228,04	368,63	153,71	60,63	22,35	11,74	3,48	1,16	0,40
		v					39,36	25,26	15,78	11,19	7,74	5,20	4,02	2,45	1,57	1,02
28,0 л/сек.	1680 л/мин.	R					4451,23	1420,84	425,97	177,44	69,91	25,74	13,51	3,98	1,33	0,46
		v					42,38	27,21	17,00	12,05	8,34	5,60	4,32	2,64	1,69	1,01
30,0 л/сек.	1800 л/мин.	R					5102,06	1627,21	487,43	202,86	79,84	29,36	15,40	4,53	1,51	0,52
		v					45,42	29,15	18,21	12,91	8,93	6,00	4,63	2,83	1,81	1,17
32,0 л/сек.	1920 л/мин.	R					5797,23	1847,77	553,00	229,97	90,42	33,21	17,41	5,11	1,71	0,59
		v					48,45	31,09	19,42	13,77	9,53	6,40	4,94	3,02	1,93	1,25
34,0 л/сек.	2040 л/мин.	R					6536,73	2082,31	622,89	258,78	101,65	37,30	19,53	5,73	1,91	0,66
		v					51,47	33,03	20,84	14,63	10,12	6,80	5,25	3,21	2,05	1,33
36,0 л/сек.	2160 л/мин.	R					7320,56	2330,83	696,50	289,24	113,53	41,61	21,78	6,38	2,12	0,73
		v					54,50	34,98	21,85	15,49	10,72	7,20	5,56	3,38	2,17	1,41
38,0 л/сек.	2280 л/мин.	R						2593,33	774,42	321,40	126,06	46,16	24,15	7,07	2,35	0,81
		v						36,92	23,07	16,35	11,31	7,60	5,87	3,58	2,29	1,49
40,0 л/сек.	2400 л/мин.	R						2869,81	856,46	355,25	139,23	50,94	26,63	7,79	2,59	0,89
		v						38,86	24,28	17,21	11,91	8,00	6,18	3,77	2,42	1,56
42,0 л/сек.	2520 л/мин.	R						3180,26	942,61	390,77	153,06	55,95	29,24	8,54	2,83	0,97
		v						40,81	25,49	18,07	12,50	8,40	6,49	3,98	2,54	1,64
44,0 л/сек.	2640 л/мин.	R						3464,70	1032,88	427,99	167,53	61,20	31,96	9,32	3,09	1,06
		v						42,75	26,71	18,93	13,01	8,80	6,80	4,15	2,66	1,72
46,0 л/сек.	2760 л/мин.	R						3793,12	1127,26	468,98	182,65	66,67	34,90	10,14	3,38	1,15
		v						44,66	27,92	19,78	13,69	9,20	7,10	4,34	2,78	1,80
48,0 л/сек.	2880 л/мин.	R						4115,51	1225,76	507,46	199,41	72,38	37,76	10,99	3,64	1,25
		v						46,64	28,14	20,65	14,29	9,60	7,41	4,53	2,90	1,88
50,0 л/сек.	3000 л/мин.	R						4461,88	1328,37	549,73	214,83	79,31	40,84	11,88	3,93	1,35
		v						48,58	30,35	21,51	14,88	10,00	7,72	4,71	3,02	1,96
52,0 л/сек.	3120 л/мин.	R						4822,23	1435,09	593,67	231,89	84,48	44,04	12,80	4,23	1,45
		v						50,52	31,56	22,37	15,48	10,40	8,03	4,90	3,14	2,03
54,0 л/сек.	3240 л/мин.	R						5196,56	1545,93	639,30	249,60	90,98	47,35	13,75	4,54	1,56
		v						52,47	32,78	23,23	16,07	10,60	8,34	5,09	3,26	2,11
56,0 л/сек.	3360 л/мин.	R						5584,87	1660,88	686,61	267,95	97,51	50,79	14,74	4,87	1,67
		v						54,41	33,99	24,09	16,67	11,20	8,65	5,28	3,38	2,19

Q = расход (л/сек.) R = перепад давления (мбар/м) v = скорость (м/сек.)

Потеря давления на трение в трубе R и расчетная скорость протекания v в зависимости от расхода Q

комб. труба **фузнотерм® Фазер SDR 7,4** - комб. труба **фузнотерм® Штаби SDR 7,4**
 температура: **60 °C**

шероховатость 0,0070 мм удельный вес 993,20 кг/м³ кин. вязкость 0,47x 10⁻⁶ м²/сек.

Q		диаметр	16,0 мм	20,0 мм	25,0 мм	32,0 мм	40,0 мм	50,0 мм	63,0 мм	75,0 мм	90,0 мм	110,0 мм	125,0 мм	160,0 мм	200,0 мм	250,0 мм
56,0 л/сек.	3480 л/мин.	R						598715	1779,95	735,60	286,95	104,37	54,34	15,75	5,20	1,78
		v						56,35	35,21	24,95	17,27	11,60	8,96	5,47	3,50	2,27
60,0 л/сек.	3600 л/мин.	R							1903,13	786,26	306,60	111,46	58,01	16,81	5,54	1,90
		v							36,42	25,81	17,86	12,00	9,27	5,66	3,62	2,35
62,0 л/сек.	3720 л/мин.	R							2030,42	838,64	326,90	118,78	61,80	17,89	5,90	2,02
		v							3763	26,67	18,46	12,40	9,57	5,85	3,74	2,43
64,0 л/сек.	3840 л/мин.	R							2161,63	882,88	347,85	126,34	65,71	19,01	6,26	2,14
		v							38,85	27,54	19,05	12,80	9,88	6,04	3,87	2,50
66,0 л/сек.	3960 л/мин.	R							2297,35	948,41	369,44	134,12	69,73	20,16	6,64	2,27
		v							40,06	28,40	19,65	13,20	10,19	6,22	3,99	2,58
68,0 л/сек.	4080 л/мин.	R							2436,99	1005,82	391,67	142,13	73,88	21,35	7,02	2,40
		v							41,28	29,26	20,24	13,60	10,50	6,41	4,11	2,66
70,0 л/сек.	4200 л/мин.	R							2580,74	1064,91	414,56	150,38	78,14	22,56	7,42	2,53
		v							42,49	30,12	20,84	14,00	10,81	6,60	4,23	2,74
72,0 л/сек.	4320 л/мин.	R							2728,60	1125,68	438,09	158,85	82,52	23,82	7,82	2,67
		v							43,70	30,98	21,43	14,40	11,12	6,79	4,35	2,82
74,0 л/сек.	4440 л/мин.	R							2880,56	1188,13	462,27	167,56	87,02	25,01	8,24	2,81
		v							44,92	31,84	22,03	14,80	11,43	6,98	4,47	2,80
76,0 л/сек.	4560 л/мин.	R							3036,66	1252,27	487,01	176,50	91,64	26,42	8,67	2,95
		v							46,13	32,70	22,62	15,20	11,74	7,17	4,58	2,97
78,0 л/сек.	4680 л/мин.	R							3196,67	1318,09	512,57	185,66	96,37	27,77	9,11	3,10
		v							47,35	33,56	23,22	15,60	12,05	7,36	4,71	3,05
80,0 л/сек.	4800 л/мин.	R							3361,18	1385,59	538,69	195,06	101,23	29,15	9,56	3,25
		v							48,56	34,42	23,81	16,00	12,35	7,54	4,83	3,13
85,0 л/сек.	5100 л/мин.	R							3789,97	1561,70	606,61	219,58	113,86	32,75	10,73	3,65
		v							51,59	36,57	25,30	17,00	13,13	8,02	5,13	3,33
90,0 л/сек.	5400 л/мин.	R							4244,46	1748,33	676,96	245,50	127,26	36,56	11,96	4,06
		v							54,63	38,72	26,79	17,99	13,90	8,49	5,44	3,52
95,0 л/сек.	5700 л/мин.	R								1945,47	755,19	272,88	141,39	40,58	13,26	4,50
		v								40,87	28,28	18,99	14,67	8,96	5,74	3,72
100,0 л/сек.	6000 л/мин.	R								2153,13	835,44	301,70	156,25	44,80	14,63	4,96
		v								43,02	29,77	19,99	15,44	9,43	6,04	3,91
105,0 л/сек.	6300 л/мин.	R								2371,30	919,73	331,96	171,85	49,22	16,06	5,44
		v								45,18	31,26	20,99	16,22	9,90	6,34	4,11

Q = расход (л/сек.) R = перепад давления (мбар/м) v = скорость (м/сек.)

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(Приложение Б, табл. Б.2[2])

Значения коэффициентов α и α_{hr} в зависимости от числа санитарно-технических приборов N , вероятности их действия P и использования P_{hr}

Таблица Б.2[2] - Значения коэффициентов α (α_{hr}) при $P(P_{hr}) \leq 0,1$ и любом числе N , а также при $P(P_{hr}) > 0,1$ и числе $N > 200$

NP или NP_{hr}	α или α_{hr}								
Менее 0,015	0,200	0,032	0,241	0,050	0,273	0,086	0,326	0,155	0,405
0,015	0,202	0,033	0,243	0,052	0,276	0,088	0,328	0,160	0,410
0,016	0,205	0,034	0,245	0,054	0,280	0,090	0,331	0,165	0,415
0,017	0,207	0,035	0,247	0,056	0,283	0,092	0,333	0,170	0,420
0,018	0,210	0,036	0,249	0,058	0,286	0,094	0,336	0,175	0,425
0,019	0,212	0,037	0,250	0,060	0,289	0,096	0,338	0,180	0,430
0,020	0,215	0,038	0,252	0,062	0,292	0,098	0,341	0,185	0,435
0,021	0,217	0,039	0,254	0,064	0,295	0,100	0,343	0,190	0,439
0,022	0,219	0,040	0,256	0,065	0,298	0,105	0,349	0,195	0,444
0,023	0,222	0,041	0,258	0,068	0,301	0,110	0,355	0,20	0,449
0,024	0,224	0,042	0,259	0,070	0,304	0,115	0,361	0,21	0,458
0,025	0,226	0,043	0,261	0,072	0,307	0,120	0,367	0,22	0,467
0,026	0,228	0,044	0,263	0,074	0,309	0,125	0,373	0,23	0,476
0,027	0,230	0,045	0,265	0,076	0,312	0,130	0,378	0,24	0,485
0,028	0,233	0,046	0,266	0,078	0,315	0,135	0,384	0,25	0,493
0,029	0,235	0,047	0,268	0,080	0,318	0,140	0,389	0,26	0,502
0,030	0,237	0,048	0,270	0,082	0,320	0,145	0,394	0,27	0,510
0,031	0,239	0,049	0,271	0,084	0,323	0,150	0,399	0,28	0,518

0,29	0,526	0,90	0,916	3,6	2,065	7,7	3,431	13,6	5,159
0,30	0,534	0,92	0,927	3,7	2,102	7,8	3,462	13,8	5,215
0,31	0,542	0,94	0,937	3,8	2,138	7,9	3,493	14,0	5,270
0,32	0,550	0,96	0,948	3,9	2,174	8,0	3,524	14,2	5,326
0,33	0,558	0,98	0,959	4,0	2,210	8,1	3,555	14,4	5,382
0,34	0,565	1,00	0,969	4,1	2,246	8,2	3,585	14,6	5,437
0,35	0,573	1,05	0,995	4,2	2,281	8,3	3,616	14,8	5,492
0,36	0,580	1,10	1,021	4,3	2,317	8,4	3,646	15,0	5,547
0,37	0,588	1,15	1,046	4,4	2,352	8,5	3,677	15,2	5,602
0,38	0,595	1,20	1,071	4,5	2,386	8,6	3,707	15,4	5,657
0,39	0,602	1,25	1,096	4,6	2,421	8,7	3,738	15,6	5,712
0,40	0,610	1,30	1,120	4,7	2,456	8,8	3,768	15,8	5,767
0,41	0,617	1,35	1,144	4,8	2,490	8,9	3,798	16,0	5,821
0,42	0,624	1,40	1,168	4,9	2,524	9,0	3,828	16,2	5,876
0,43	0,631	1,45	1,191	5,0	2,558	9,1	3,858	16,4	5,930
0,44	0,638	1,50	1,215	5,1	2,592	9,2	3,888	16,6	5,984
0,45	0,645	1,55	1,238	5,2	2,626	9,3	3,918	16,8	6,039
0,46	0,652	1,60	1,261	5,3	2,660	9,4	3,948	17,0	6,093
0,47	0,658	1,65	1,283	5,4	2,693	9,5	3,978	17,2	6,147
0,48	0,665	1,70	1,306	5,5	2,726	9,6	4,008	17,4	6,201
0,49	0,672	1,75	1,328	5,6	2,760	9,7	4,037	17,6	6,254
0,50	0,678	1,80	1,350	5,7	2,793	9,8	4,067	17,8	6,308
0,52	0,692	1,85	1,372	5,8	2,826	9,9	4,097	18,0	6,362
0,54	0,704	1,90	1,394	5,9	2,858	10,0	4,126	18,2	6,415
0,56	0,717	1,95	1,416	6,0	2,891	10,2	4,185	18,4	6,469
0,58	0,730	2,00	1,437	6,1	2,924	10,4	4,244	18,6	6,522
0,60	0,742	2,1	1,479	6,2	2,956	10,6	4,302	18,8	6,575
0,62	0,755	2,2	1,521	6,3	2,989	10,8	4,361	19,0	6,629
0,64	0,767	2,3	1,563	6,4	3,021	11,0	4,419	19,2	6,682
0,66	0,779	2,4	1,604	6,5	3,053	11,2	4,477	19,4	6,734

Продолжение таблицы Б.2

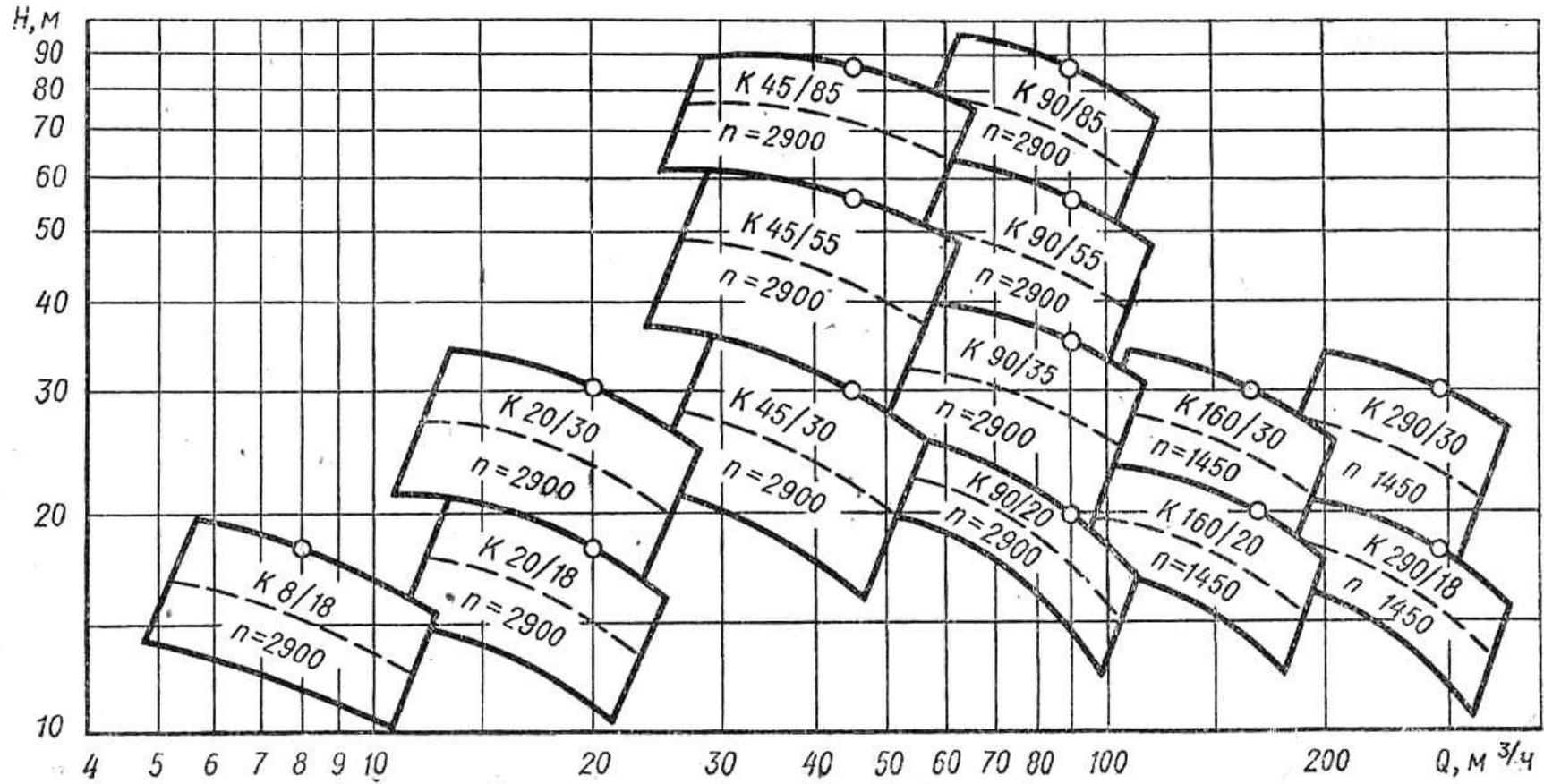
NP или NP_{hr}	α или α_{hr}								
0,68	0,791	2,5	1,644	6,6	3,085	11,4	4,534	19,6	6,788
0,70	0,803	2,6	1,684	6,7	3,117	11,6	4,592	19,8	6,840
0,72	0,815	2,7	1,724	6,8	3,149	11,8	4,649	20,0	6,893
0,74	0,826	2,8	1,763	6,9	3,181	12,0	4,707	21,0	7,156
0,76	0,838	2,9	1,802	7,0	3,212	12,2	4,764	21,5	7,287
0,78	0,849	3,0	1,840	7,1	3,244	12,4	4,820	22,0	7,417
0,80	0,860	3,1	1,879	7,2	3,275	12,6	4,877	22,5	7,547
0,82	0,872	3,2	1,917	7,3	3,307	12,8	4,934	23,0	7,677
0,84	0,883	3,3	1,954	7,4	3,338	13,0	4,990	23,5	7,806
0,86	0,894	3,4	1,991	7,5	3,369	13,2	5,047	24,0	7,935
0,88	0,905	3,5	2,029	7,6	3,400	13,4	5,103	24,5	8,064

25,0	8,192	46,0	13,37	83	22,02	150	37,21	285	67,03
25,5	8,320	46,5	13,49	85	22,48	152	37,66	290	68,12
26,0	8,447	47,0	13,61	86	22,71	154	38,11	295	69,20
26,5	8,575	47,5	13,73	87	22,94	158	39,01	300	70,29
27,0	8,701	48,0	13,85	88	23,17	160	39,46	305	71,38
27,5	8,828	48,5	13,97	89	23,39	162	39,91	315	73,55
28,0	8,955	49,0	14,09	90	23,62	164	40,35	320	74,63
28,5	9,081	49,5	14,20	91	23,85	166	40,80	325	75,72
29,0	9,207	50	14,32	92	24,08	168	41,25	330	76,80
29,5	9,332	51	14,56	93	24,31	170	41,70	335	77,88
30,0	9,457	52	14,80	94	24,54	172	42,15	340	78,96
30,5	9,583	53	15,04	95	24,77	174	42,60	345	80,04
31,0	9,707	54	15,27	96	24,99	176	43,05	350	81,12
31,5	9,832	55	15,51	97	25,22	178	43,50	355	82,20
32,0	9,957	56	15,74	98	25,45	180	43,95	360	83,28
32,5	10,08	57	15,98	99	25,68	182	44,40	365	84,36
33,0	10,20	58	16,22	100	25,91	184	44,84	370	85,44
33,5	10,33	59	16,45	102	26,36	186	45,29	375	86,52
34,0	10,45	60	16,69	104	26,82	188	45,74	380	87,60
34,5	10,58	61	16,92	106	27,27	190	46,19	385	88,67
35,0	10,70	62	17,15	108	27,72	192	46,64	390	89,75
35,5	10,82	63	17,39	110	28,18	194	47,09	395	90,82
36,0	10,94	64	17,62	112	28,63	196	47,54	400	91,90
36,5	11,07	65	17,85	114	29,09	198	47,99	405	92,97
37,5	11,31	66	18,09	116	29,54	200	48,43	410	94,05
38,0	11,43	67	18,32	118	29,89	205	49,49	415	95,12
38,5	11,56	68	18,55	120	30,44	210	50,59	420	96,20
39,0	11,68	69	18,79	122	30,90	215	51,70	425	97,27
39,5	11,80	70	19,02	124	31,35	220	52,80	430	98,34
40,0	11,92	71	19,25	126	31,80	225	53,90	435	99,41
40,5	12,04	72	19,48	128	32,25	230	55,00	440	100,49
41,0	12,16	73	19,71	130	32,70	235	56,10	445	101,56
41,5	12,28	74	19,94	132	33,15	240	57,19	450	102,63
42,0	12,41	75	20,18	134	33,60	245	58,29	455	103,70
42,5	12,53	76	20,41	136	34,06	250	59,38	460	104,77
43,0	12,65	77	20,64	138	34,51	255	60,48	465	105,84
43,5	12,77	78	20,87	140	34,96	260	61,57	470	106,91
44,0	12,89	79	21,10	142	35,41	265	62,66	475	107,98
44,5	13,01	80	21,33	144	35,86	270	63,75	480	109,05
45,0	13,13	81	21,56	146	36,31	275	64,85	485	110,11
45,5	13,25	82	21,69	148	36,76	280	65,94	490	111,18

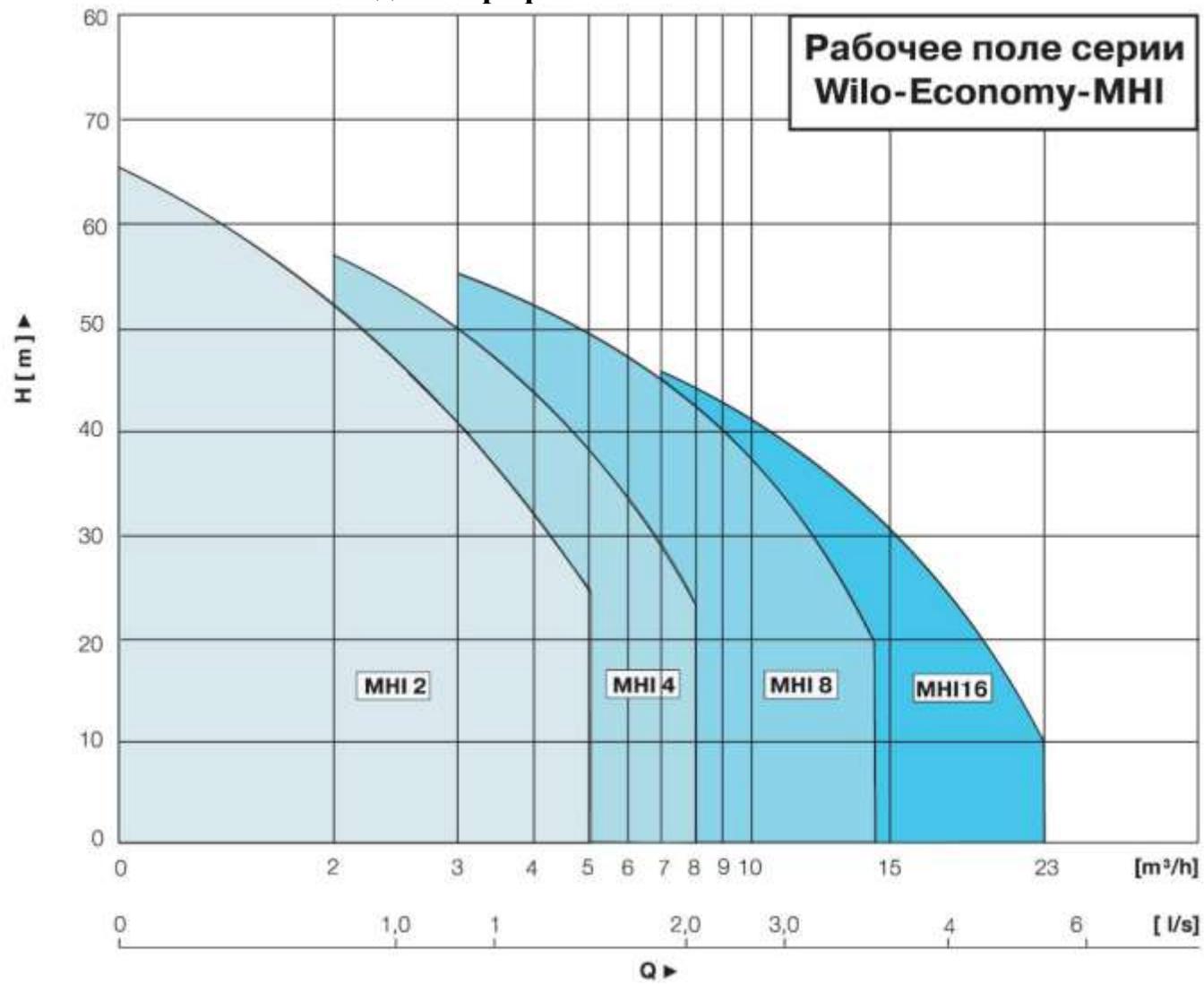
Окончание таблицы Б.2

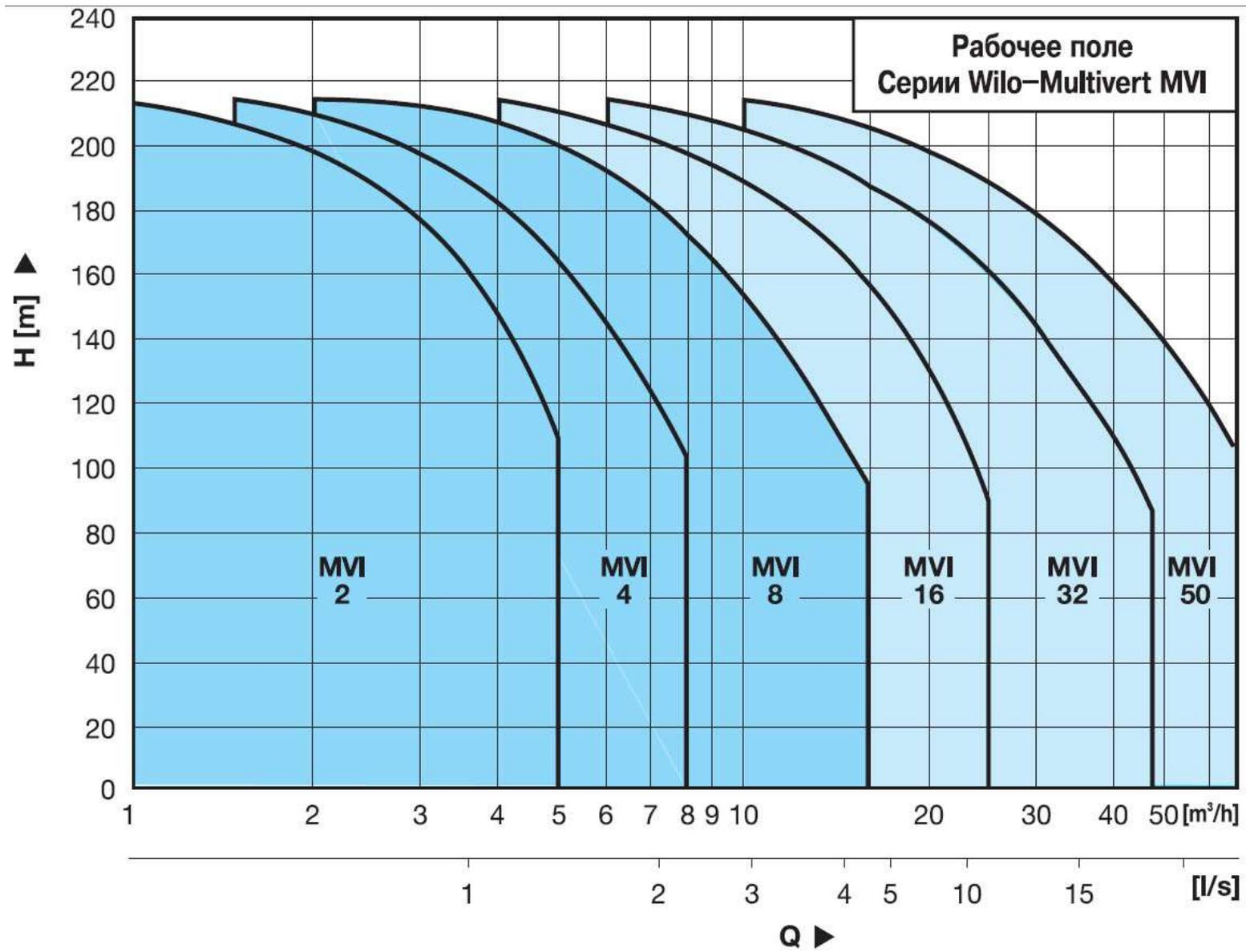
NP или NP_{hr}	α или α_{hr}								
495	112,25	585	131,41	670	149,43	765	169,50	900	197,90
500	113,32	590	132,47	675	150,49	770	170,55	910	200,00
505	114,38	595	133,54	685	152,60	775	171,60	920	202,10
510	115,45	600	134,60	690	153,66	780	172,66	930	204,20
515	116,52	605	135,66	695	154,72	785	173,71	940	206,30
520	117,58	610	136,72	700	155,77	790	174,76	950	208,39
525	118,65	615	137,78	705	156,83	795	175,82	960	210,49
535	120,78	620	138,84	710	157,89	800	176,87	970	212,59
540	121,84	625	139,90	715	158,94	810	178,98	980	214,68
545	122,91	630	140,96	720	160,00	820	181,08	990	216,78
550	123,97	635	142,02	725	161,06	830	183,19	1000	218,87
555	125,04	640	143,08	730	162,11	840	185,29	1250	271,14
560	126,10	645	144,14	735	163,17	850	187,39	1600	343,90
565	127,16	650	145,20	740	164,22	860	189,49	2000	426,80
570	128,22	655	146,25	745	165,28	870	191,60		
575	129,29	660	147,31	755	167,39	880	193,70		
580	130,35	665	148,37	760	168,44	890	195,70		

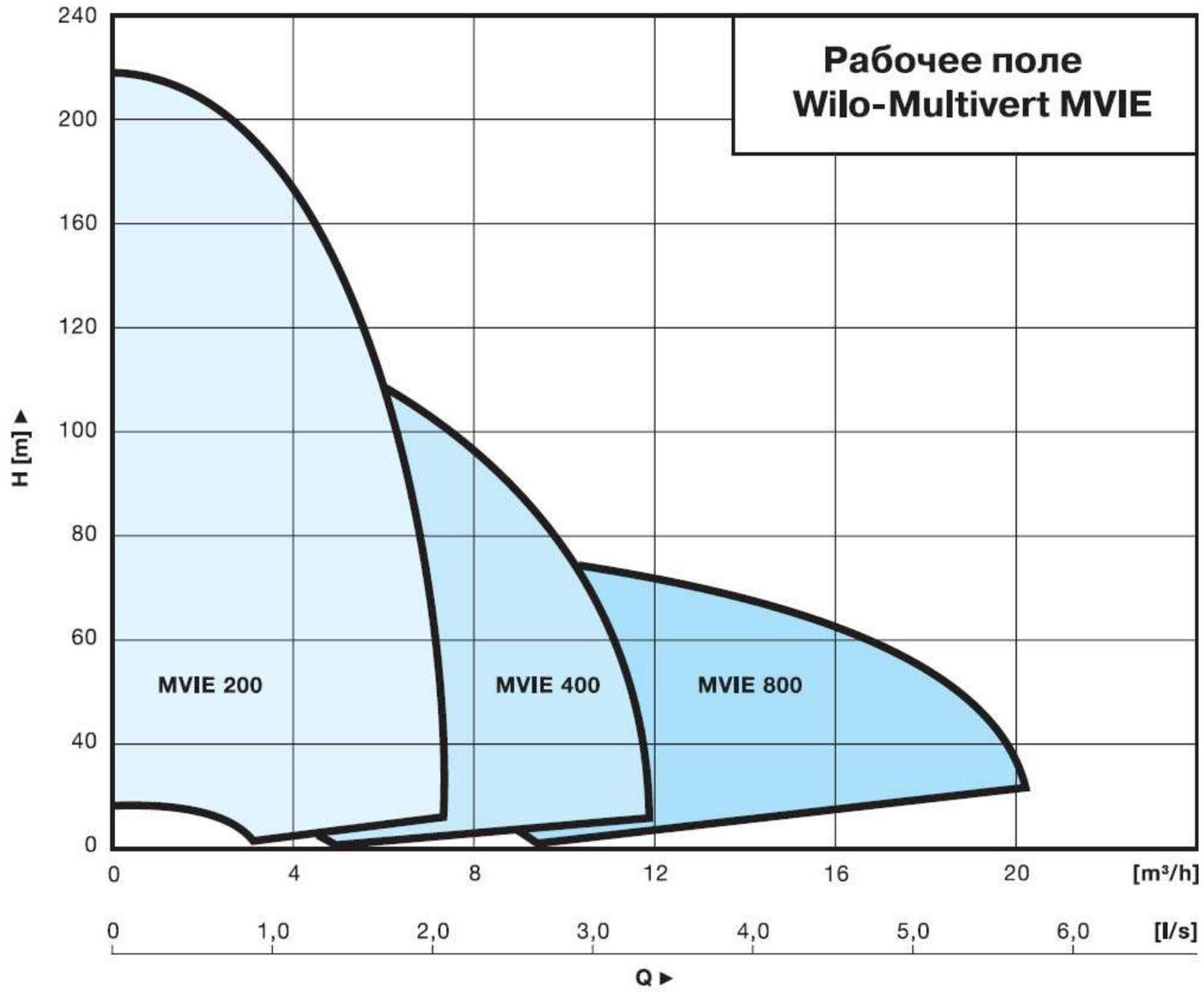
Сводный график полей О—Н насосов типа К

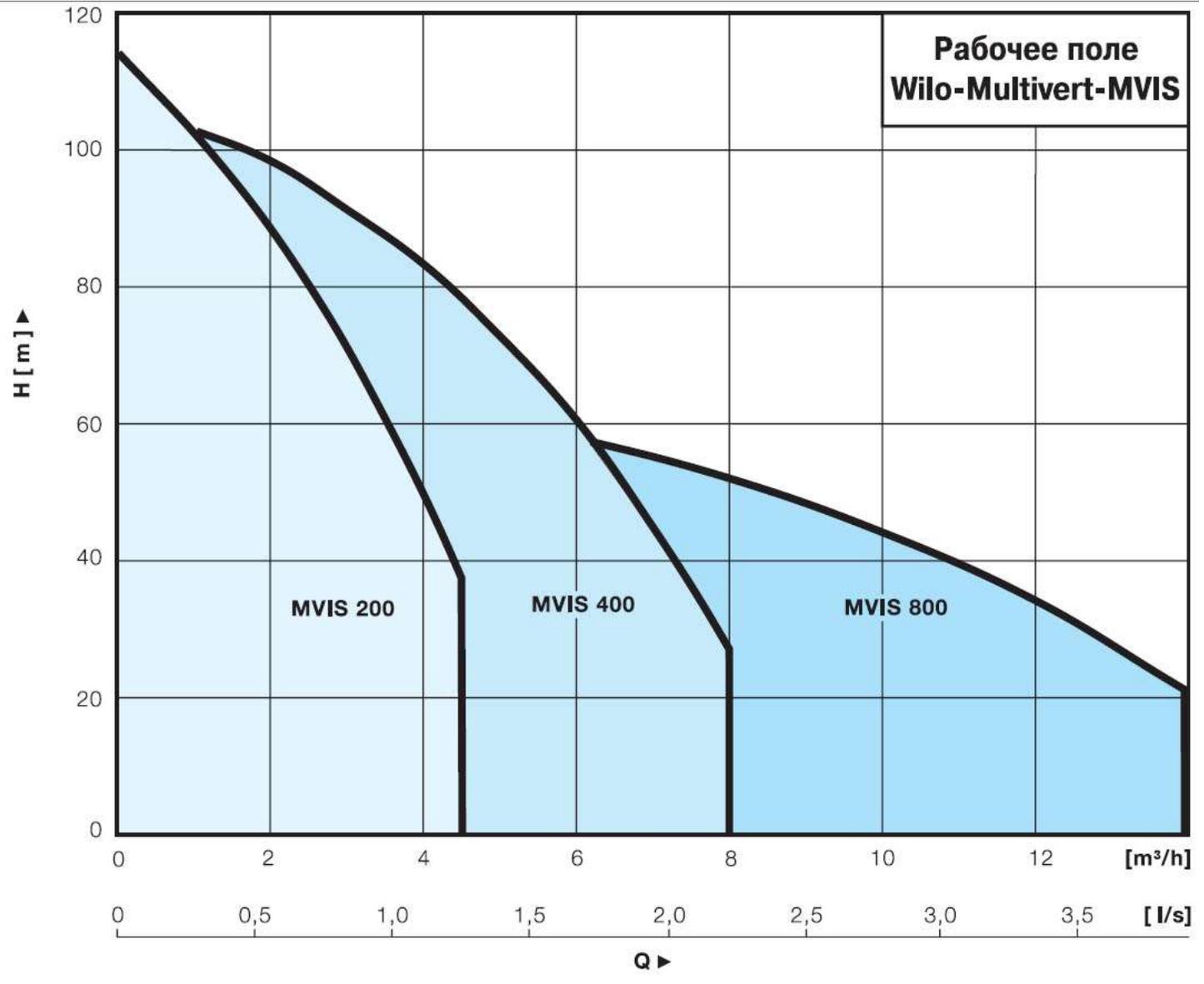


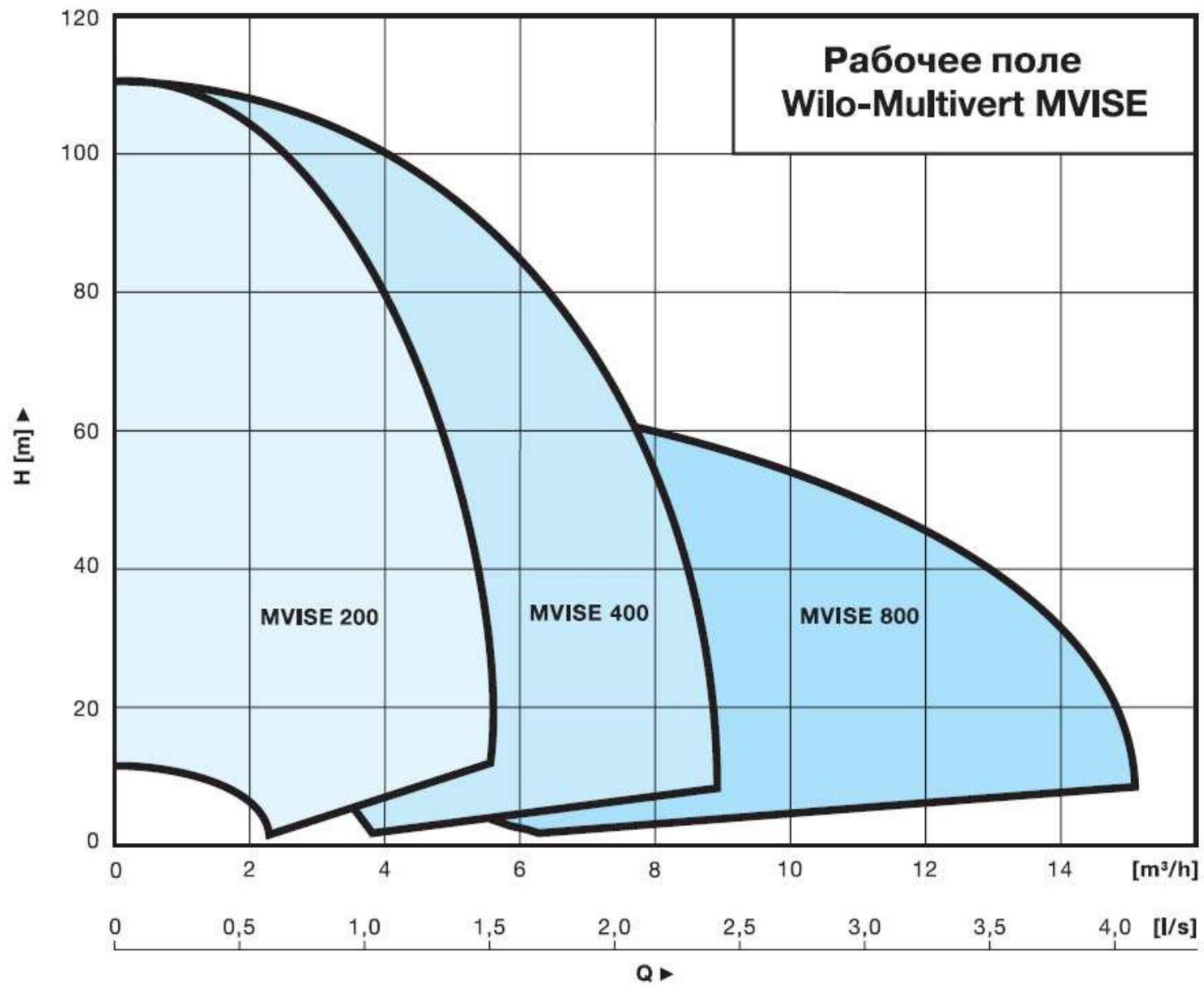
Сводный график полей насосов Wilo











Локальный электронный методический материал

Андрей Юрьевич Плавич

САНИТЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ЗДАНИЙ

Часть 2

Проектирование системы горячего водоснабжения

Редактор И. Голубева

Уч.-изд. л. 4,3. Печ. л. 3,9.

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