

Министерство образования и науки Российской Федерации

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра теплоэнергетики

А.В. Садчиков, В.Ю. Соколов, С.В. Горячев, С.А. Наумов

РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛОГО РАЙОНА

Методические указания к выполнению
расчетно-графического задания по дисциплине
«Энергоснабжение»

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом
Государственного образовательного учреждения высшего
профессионального образования «Оренбургский государственный
университет»

Оренбург
ИПК ГОУ ОГУ

2011

УДК658.26(07)

ББК 31.19я7

Р24

Рецензент - доцент, кандидат технических наук Р. Ш. Мансуров

Р24 Расчет системы энергоснабжения жилого района:

методические указания к выполнению расчетно-графического задания по дисциплине: «Энергоснабжение»./ А.В. Садчиков, В.Ю. Соколов, С.В. Горячев, С.А. Наумов; Оренбургский гос. ун-т. - Оренбург : ОГУ, 2011 – 52 с.

Представлена тематика и варианты заданий к РГЗ. Изложены общие требования к объему и содержанию, а также к оформлению расчетно-пояснительной записки и графической части РГЗ. Приведена примерная последовательность выполнения РГЗ, в приложениях представлен необходимый для работы справочный материал.

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по направлению – Электроэнергетика, очной и заочной форм обучения.

УДК658.26(07)

ББК 31.19я7

© А.В. Садчиков, В.Ю. Соколов,
С.В. Горячев, С.А. Наумов, 2011
© ГОУ ОГУ, 2011

Содержание

Введение	4
1 Общие рекомендации при работе над расчетно-графическим заданием.....	5
1.1 Содержание расчетно-графического задания.....	5
1.2 Требования к оформлению пояснительной записки.....	6
1.3 Содержание пояснительной записки.....	8
2 Определение величин тепловых нагрузок района	132
3 Определение годового расхода теплоты.....	176
4 Выбор тепловой мощности источника теплоснабжения	188
5 Расчет режимов регулирования отпуска теплоты	20
6 Определение расходов сетевой воды	243
7 Гидравлический расчет тепловой сети	287
7.1 Расчет водяной сети.....	287
7.2 Гидравлические режимы водяной тепловой сети	30
7.3 Подбор сетевых и подпиточных насосов	332
7.4 Расчет паровой сети.....	365
7.5 Расчет конденсатопровода	376
Список использованных источников.....	38
Приложение А.....	39
Приложение Б.....	40
Приложение В.....	45

Введение

Инженер-электроэнергетик должен знать энергопроизводящее и энергопотребляющее оборудование источников энергоснабжения и промышленных предприятий, в том числе основы их проектирования и эксплуатации, уметь выполнять теплотехнические и конструкторские расчеты энергоустановок промышленных предприятий, уметь рассчитывать и выбирать вспомогательное оборудование, выполнять гидравлические и тепловые расчеты тепловых сетей.

При изучении дисциплины «Энергоснабжение» студент выполняет расчетно-графическое задание на основе прогрессивных решений и схем организации систем теплоснабжения, рационального использования источников энергии, проведения тепловых и гидравлических расчетов выбранного оборудования.

1 Общие рекомендации при работе над расчетно-графическим заданием

Расчетно-графическое задание выполняется в соответствии с программой курса «Энергоснабжение». Объем его определяется 20 – 30 часами самостоятельной работы студента.

Целью выполнения РГЗ является:

- привитие навыков самостоятельной работы при подборе и использовании научной, технической, справочной литературы, СНиПов и стандартов;
- освоение расчета тепловых нагрузок промышленного района, тепловой схемы источника теплоснабжения, режимов регулирования отпусков теплоты, гидравлического расчета тепловых сетей; конструктивных расчетов; выбора основного и вспомогательного оборудования источника и ЦТП;
- выработка умения составлять текстовую часть конструкторской документации;
- закрепление и углубление знаний, полученных в процессе изучения общетехнических дисциплин.

Условием качественного выполнения и защиты РГЗ является самостоятельная творческая работа студента с использованием специальной и справочной литературы.

Каждый студент выполняет вариант задания, обозначенный последними двумя цифрами его учебного шифра в зачетной книжке. Варианты заданий приведены в приложении.

1.1 Содержание расчетно-графического задания

Расчетно-графическое задание по дисциплине «Энергоснабжение» должно содержать следующие расчеты:

1) расчет тепловых нагрузок промышленного района на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение, при этом следует построить графики тепловых нагрузок и годовой график по продолжительности тепловых нагрузок, а также определить годовой расход теплоты [1];

2) расчет установленной тепловой мощности источника теплоснабжения (котельная), выбор котельного агрегата и их необходимое количество, а также необходимо выбрать основное и вспомогательное оборудование. Выполнить расчет годового расхода топлива и удельных показателей котельной [2];

3) расчет режимов регулирования отпуска теплоты для центрального качественного регулирования по разнородной нагрузке в соответствии с зданием для открытой или закрытой системы теплоснабжения [1];

4) гидравлический расчет водяной тепловой сети, паровой и конденсатопровода от источника теплоснабжения до потребителей. Построить пьезометрический график водяной тепловой сети [1];

1.2 Требования к оформлению пояснительной записки

Пояснительная записка должна соответствовать требованиям ГОСТ 2.105 – 95 ЕСКД «Общие требования к текстовым документам», ГОСТ 7.32 – 2001 СИБИД «Отчет о научно – исследовательской работе. Структура и правила оформления», ГОСТ 7.1 – 2003 СИБИД «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления».

Пояснительная записка оформляется на стандартных листах бумаги формата А4. Текстовые материалы выполняются, как правило, 14 шрифтом Times New Roman, одинарным межстрочным интервалом.

Поля должны быть: левое – 30мм, правое – 10мм, верхнее и нижнее – не менее 20мм. Страницы в тексте нумеруются, начиная с титульного листа. Заголовки разделов

должны быть краткими и соответствовать содержанию. Каждый раздел имеет порядковый номер, обозначаемый арабской цифрой. Каждое последующее подразделение текста в разделе имеет последовательную нумерацию.

Терминология и определения в пояснительной записке должны быть едиными и соответствовать установленным стандартам, а при их отсутствии – общепринятыми в научно – технической литературе.

Все расчетные формулы в пояснительной записке приводятся сначала в общем виде. Затем в формуле подставляют численные значения величин в том же порядке и записывают результаты расчета. Формулы нумеруются, дается объяснение обозначений и размерностей, входящих в формулы величин.

Все расчеты должны выполняться в международной системе единиц СИ. Если из справочников и других источников значения величин, взяты в какой – либо другой системе единиц, перед подстановкой их в уравнения необходимо сделать пересчет их в систему СИ. В тексте необходимо сделать ссылки на литературные источники: для основных формул расчета, физико-химических параметров сред и других справочных данных. Ссылки указываются в квадратных скобках. Например: «Для определения коэффициента теплоотдачи используется уравнение [9, с. 85]...». Первая цифра в скобках соответствует номеру позиции в списке использованной литературы.

Все иллюстрации (графики, схемы, чертежи) именуется рисунками и нумеруются. Располагается рисунок после ссылки на него в тексте. Пример нумерации: Рисунок 2.1 (первая цифра – номер раздела, вторая – порядковый номер рисунка в данном разделе).

Все таблицы в записке нумеруются аналогично рисункам. Слово «Таблица» с номером и заголовком размещается слева над таблицей. Все слова в шапке и столбцах таблицы пишутся полностью, без сокращений.

1.3 Содержание пояснительной записки

Пояснительная записка составляется в следующей последовательности:

- титульный лист;
- бланк задания на РГЗ;
- содержание с постраничной разметкой;
- введение;
- основная текстовая часть;
- заключение;
- библиографический список;
- приложения.

Бланк задания. Бланк задания с исходными данными студент получает у руководителя РГЗ и обязательно прикладывает к пояснительной записке.

Введение. Объем введения должен быть не более 1-1,5 страниц. В нем указываются состояние разрабатываемого вопроса и основные задачи расчетов.

Основная текстовая часть. Она должна содержать расчетный и иллюстрационный материал.

Расчетная часть:

1) расчет тепловых нагрузок. Цель расчета – определение величин тепловых нагрузок района на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение при характерных температурах наружного воздуха. Результаты расчетов сводятся в таблицу. По табличным данным строятся графики тепловых нагрузок и суммарный график тепловых нагрузок, а также годовой график по продолжительности тепловых нагрузок;

2) выбор тепловой мощности источника теплоснабжения. В задачу этого раздела входит определение установленной тепловой мощности водогрейных и паровых котлов в котельной или мощности промышленного и отопительного отборов на ТЭЦ. Величина установленной тепловой мощности определяется с учетом потерь теплоты при транспорте теплоносителей и потерь на источнике теплоснабжения при производстве теплоты. Далее, по справочной литературе, выбирается тепловая мощность котла и по величине установленной тепловой мощности выбирается количество котлов котельной. При выборе тепловой мощности котла следует руководствоваться соответствующими промышленными нормативами, данными каталогов отечественной промышленности и стандартов. Составляется тепловая схема источника теплоснабжения и производится выбор вспомогательного оборудования;

3) расчет энергетической эффективности. Задачей этого расчета является определение удельных расходов тепловой энергии на единицу отпускаемой теплоты;

4) расчет режима регулирования отпуска теплоты. В задачу этого раздела входит определение температур сетевой воды в подающем и обратном трубопроводах тепловой сети при характерных температурах наружного воздуха. Результаты расчетов сводятся в таблицу. По результатам расчета строят температурные графики сетевой воды;

5) определение расходов сетевой воды. Целью расчета является определение расходов сетевой воды на тепловые нагрузки отопления, вентиляции и горячего водоснабжения жилого поселка и предприятий, а также суммарного расхода сетевой воды на промышленный район при характерных температурах наружного воздуха. Результаты расчетов сводятся в таблицу. Строятся расходные графики сетевой воды для системы теплоснабжения в соответствии с заданием;

6) гидравлический расчет и гидравлический режим тепловых сетей. В задачу гидравлического расчета входит определение диаметров трубопроводов водяной и паровой сети, а также конденсатопровода для разработанной схемы системы теплоснабжения промышленного района. В соответствии с рекомендациями к заданию составляется план промышленного района и схема водяных и паровых тепловых сетей.

Трасса водяной тепловой сети разбивается на участки, и для каждого участка устанавливается, в соответствии с общими рекомендациями в технической литературе, местные сопротивления, а именно: задвижки, компенсаторы температурных напряжений, повороты труб, ответвления и т.д. План района со схемами тепловых сетей в масштабе приводится в пояснительной записке. Далее выполняются предварительный и проверочный расчеты по определению диаметров трубопроводов и величин падения напора для каждого участка водяной тепловой сети. Результаты расчета сводятся в таблицу. По результатам расчета строится пьезометрический график с учетом требований, предъявляемых к режиму давления водяной тепловой сети;

К расчету прилагаются графики и схемы:

- план района и схема тепловой сети;
- график температур и расход сетевой воды;
- схема теплоподготовительной установки и абонентского ввода;
- пьезометрический график.

Заключение (выводы и предложения). После расчетной части студент должен дать анализ полученных результатов, их соответствие заданию на РГЗ, высказать соображение об организации работы системы теплоснабжения промышленного района.

Список использованной литературы. Литературные источники, которые использовались при составлении пояснительной записки, располагаются в порядке упоминания их в тексте или по алфавиту. Литературный источник должен включать: фамилию и инициалы автора, название книги, место издания, издательство, год издания, число страниц. Например: Соколов, Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. / Е.Я. Соколов. М.: Энергоиздат, 1975, 375 с.

Варианты задания на РГЗ приведены в приложении Б.

Студент обязан выполнить РГЗ по своему варианту. Номер варианта совпадает с последней цифрой учебного номера (шифра) зачетной книжки студента.

2 Определение величин тепловых нагрузок района

Для определения тепловых нагрузок при проектировании часто пользуются укрупненными измерителями. В этом случае расчет может производиться по приведенной ниже последовательности.

1 Определяется общий объем жилых и общественных зданий, V , м^3 :

$$V = n_1 \cdot V_{жс} + n_2 \cdot V_o, \quad (1)$$

где n_1 и n_2 – число жилых и общественных зданий;

$V_{жс}$, V_o – объем одного здания, соответственно жилого и общественного, по наружному обмеру, м^3 .

2 Определяется площадь поселка, S , м^2 :

$$S = \frac{V}{V_{уд}}, \quad (2)$$

где $V_{уд}$ – удельный объем здания, м^3 на 1 м^2 территории (берется из задания).

По приложению 1 [1], для указанного в здании города, находится расчетная температура наружного воздуха для отопления – $t_{но}$ и вентиляции – $t_{нв}$.

3 Определяется расчетный расход тепла на отопление жилых $Q'_{ож}$ и общественных $Q'_{оо}$ зданий:

$$Q'_{ож} = q_{ож} \cdot V_{жс} \cdot (t_{вр} - t_{но}) \cdot n_1; \quad (3)$$

$$Q'_{oo} = q_{oo} \cdot V_o \cdot (t_{ep} - t_{но}) \cdot n_2, \quad (4)$$

где $q_{ож}$, q_{oo} – удельная теплотеря жилых и общественных зданий, Вт/(м³·°C), определяется по формуле:

$$q_o = \frac{1,52}{\sqrt[8]{V_{зд}}} \quad (5)$$

Назначение общественных зданий выбирается по усмотрению выполняющего расчет (школа, поликлиника, ясли, кинотеатр и тому подобное; например, в районе может быть две школы, поликлиника, кинотеатр и тд.)

4 Расход тепла на отопление Q_o при любой температуре наружного воздуха t_n рассчитывается по тем же формулам (3), (4) или по формуле пересчета:

$$Q_o = Q'_o \cdot \frac{t_{ep} - t_n}{t_{ep} - t_{но}} \quad (6)$$

5 Определяется расчетный расход тепла на вентиляцию с рециркуляцией:

$$Q'_в = q_в \cdot V_в \cdot (t_{ep} - t_{нв}), \quad (7)$$

где $q_в$ – удельный расход тепла на вентиляцию, Вт/(м³·°C).

При любой температуре наружного воздуха ($t_n > t_{нв}$) расход тепла на вентиляцию определяется по формуле (7) или по формуле пересчета:

$$Q_6 = Q'_6 \cdot \frac{t_{вп} - t_n}{t_{вп} - t_{нв}} \quad (8)$$

6 Определяется среднечасовой расход тепла на горячее водоснабжение:

$$Q_{ГВ}^{ср} = \frac{q \cdot m \cdot (t_{Г} - t_{Х}) \cdot c}{24 \cdot 3600}, \quad (9)$$

где $m = \frac{V_{ж}}{V_{ср}}$ - число жителей, проживающих в поселке;

$V_{ср}$ - средний объем жилых зданий на 1 жителя, м³;

q – расход горячей воды на одного жителя в сутки, кг/сутки;

c – теплоемкость воды, кДж/(кг·°С);

$t_{Г} = 60$ °С – температура горячей воды;

$t_{Х} = 5$ °С – температура холодной воды в отопительный период и +15 °С в неотапительный период.

Рассчитанные значения величин тепловых нагрузок при характерных температурах наружного воздуха должны быть представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Значения величин тепловых нагрузок при характерных температурах наружного воздуха.

Расход теплоты	$t_{но}, ^\circ\text{C}$	$t_{нв}, ^\circ\text{C}$	$t_{н}^{cp}, ^\circ\text{C}$	$t_{н}, ^\circ\text{C}$	$t_{нк}, ^\circ\text{C}$
$Q_o, \text{МВт}$					
$\bar{Q}_o = Q_o / Q'_o$					
$Q_в, \text{МВт}$					
$Q_{ГВ}, \text{МВт}$					
$\sum Q, \text{МВт}$					

По полученным данным строятся графики расхода тепла на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение жилого поселка и предприятий:

$$Q_o = f(t_n); Q_в = f(t_n); Q_{ГВ}^{cp} = f(t_n); \sum Q = f(t_n).$$

На основании полученного суммарного графика расхода тепла $\sum Q = f(t_n)$ строится годовой график по продолжительности тепловой нагрузки. Число часов с одинаковой температурой наружного воздуха принимается по соответствующим таблицам (для города в соответствии с заданием) и заносится в таблицу 2.

Таблица 2 – Климатические данные.

Наименование параметров	Температура наружного воздуха $t_n, ^\circ\text{C}$						
	-30	-25	-15	-10	-5	0	+8
Время, час							

Суточный график тепловой нагрузки на технологические нужды предприятия $Q_T = f(n)$ строится по данным, указанным в задании.

3 Определение годового расхода теплоты

Для определения расхода топлива и его распределения по сезонам (зима, лето), режимов работы оборудования и графиков его ремонта необходимо знать годовой расход топлива.

Годовой расход топлива $Q^{год}$, кВт определяется по годовым расходам теплоты на тепловые нагрузки отопления, вентиляцию, горячее водоснабжение и технологическую нагрузку предприятия по формуле:

$$Q^{год} = Q_0^{год} + Q_B^{год} + Q_{ГВ}^{год} + Q_{техн}^{год} \quad (10)$$

Годовой расход теплоты на тепловую нагрузку отопление и вентиляцию (при небольшой тепловой нагрузке вентиляции) рассчитывается по формуле:

$$Q_{0+B}^{год} = Q_{0+B}^{cp} \cdot n_0, \quad (11)$$

где Q_{0+B}^{cp} - средний суммарный расход теплоты на отопление и вентиляцию за отопительный период, кВт;

n_0 - продолжительность отопительного периода, ч.

Годовой расход теплоты на горячее водоснабжение, $Q_{ГВ}^{год}$, кВт рассчитывается по формуле:

$$Q_{ГВ}^{год} = Q_{ГВ}^{cp.n} \cdot \left[n_0 + \varphi_{Г}^л \cdot \frac{t_{Г} - t_{ХЛ}}{t_{Г} - t_{ХЗ}} \cdot (n_{Г} - n_0) \right], \quad (12)$$

где $Q_{ГВ}^{cp.n}$ - средненедельный расход теплоты на горячее водоснабжение, кВт;

$n_{Г}$ и n_0 - длительность работы системы горячего водоснабжения и продолжительность отопительного периода, обычно $n_{Г}=8400$ ч/год;

$\varphi_{Г}^л=0,8$ – коэффициент снижения часового расхода горячей воды на горячее водоснабжение;

$t_{Г}$, $t_{ХЗ}$, $t_{ХЛ}$ - соответственно температуры горячей воды и холодной водопроводной воды зимой и летом, °С.

Годовой расход теплоты на технологические нужды предприятия, $Q_{техн}^{год}$, кВт определяется по формуле:

$$Q_{техн}^{год} = Q_{техн}^{cp.c} \cdot n_{П}, \quad (13)$$

где $Q_{техн}^{cp.c}$ - среднесуточный расход теплоты на технологические нужды предприятия, кВт;

$n_{П}$ - время работы предприятия в течение года, сут.

4 Выбор тепловой мощности источника теплоснабжения

В качестве источника теплоснабжения студент может выбрать котельную установку с паровыми котлами или с паровыми и водогрейными котлами.

Установленная тепловая мощность котельной установки определяется по формуле:

$$Q_{уст} = \frac{\sum Q_p}{\eta_k \cdot \eta_{ТС}}, \quad (14)$$

где $\sum Q_p$ - суммарная расчетная тепловая нагрузка промышленного района, МВт;

$\eta_k = (0,75 \dots 0,8)$ – КПД котельной;

$\eta_{ТС} = (0,92 \dots 0,96)$ – КПД тепловых сетей котельной.

Суммарная расчетная тепловая нагрузка промышленного района $\sum Q_p$ в соответствии с заданием на курсовой проект определяется как сумма максимальных тепловых нагрузок жилого поселка $\sum Q_{нос}$ и двух промышленных предприятий на коммунально-бытовые нужды Q_{0+B} и технологические процессы производства $Q_{техн}$:

$$\sum Q_p = \sum Q_{нос} + (2 \cdot Q_{0+B} + 2 \cdot Q_{техн}), \quad (15)$$

где $Q_{техн}$, кВт принимается максимальной по суточному графику потребления теплоты на технологические нужды.

По установленной тепловой мощности котельной определяется суммарная выработка пара на всех котельных агрегатах паровой котельной по формуле:

$$\sum D_{\Pi} = \frac{Q_{уст}}{h_{\Pi} - h_k} \quad (16)$$

где h_{Π} - энтальпия пара, отпускаемого из котла, кДж/кг;

h_k - энтальпия конденсата пара, принятая при температуре возвращаемого конденсата, кДж/кг.

Далее составляется тепловая схема котельной установки и производится выбор котельного агрегата с производительностью по пару $D_{ед}$.

Число котельных агрегатов определяется по формуле:

$$n = \frac{\sum D_{\Pi}}{D_{ед}} \quad (17)$$

Годовой расход топлива на котельную определяется по формуле:

$$B_T = \frac{Q^{год}}{Q_n^p \cdot \eta_k}, \quad (18)$$

где $Q^{год}$ - годовая выработка теплоты в котельной, МВт;

Q_n^p - низшая теплота сгорания топлива, кДж/кг.

Удельный расход топлива на котельную установку определяется по формуле:

$$b_T = \frac{B_T}{Q^{год}} \quad (19)$$

5 Расчет режимов регулирования отпуска теплоты

Расчет температурных графиков в подающем, обратном трубопроводе тепловой сети и в отопительной системе зданий при центральном качественном регулировании по разнородной нагрузке τ_{01} , τ_{02} , $\tau_{03} = f(\bar{Q}_0)$ производится по формулам:

$$\tau_{01} = t_{ep} + \Delta t' \cdot \bar{Q}_0^{0.8} + (\delta\tau'_0 - 0,5 \cdot \Theta') \cdot \bar{Q}_0; \quad (20)$$

$$\tau_{02} = t_{ep} + \Delta t' \cdot \bar{Q}_0^{0.8} - 0,5 \cdot \Theta' \cdot \bar{Q}_0; \quad (21)$$

$$\tau_{03} = t_{ep} + \Delta t' \cdot \bar{Q}_0^{0.8} + 0,5 \cdot \Theta' \cdot \bar{Q}_0, \quad (22)$$

где $\Delta t' = \frac{\tau'_{03} + \tau'_{02}}{2} - t_{ep}$ - температурный напор отопительного прибора,

$\tau'_{03} = 95^0C$, $\tau'_{02} = 70^0C$, $t_{ep} = 18^0C$, $\delta\tau'_0 = (\tau'_{01} - \tau'_{02})$ - расчетная разность температур сетевой воды в подающей и обратной линиях;

$\Theta' = (\tau'_{03} - \tau'_{02})$ - расчетный перепад температур в отопительном приборе.

При величине относительной тепловой нагрузки \bar{Q}_0 при различных характерных температурах наружного воздуха t_B (таблица 1) рассчитываются соответственно значения τ_{01} , τ_{02} и τ_{03} . Результаты расчетов заносятся в таблицу 3.

Таблица 3 – Зависимость температуры сетевой воды от температуры наружного воздуха

Наименование параметров	$t_{но}, ^\circ C$	$t_{нв}, ^\circ C$	$t_{н}^{cp}, ^\circ C$	$t_{н}, ^\circ C$	$t_{нк}, ^\circ C$
$Q_o, \text{МВт}$					
$Q'_o = Q_o / Q'_o$					
$\tau_{01}, ^\circ C$					
$\tau_{02}, ^\circ C$					
$\tau_{03}, ^\circ C$					

По данным таблицы 3 строятся температурные графики сетевой воды в зависимости от температуры наружного воздуха – t_0

Из – за наличия в поселке горячего водоснабжения температура воды в подающей линии τ_1 не может иметь значение, меньшее следующих величин: в закрытой системе $70^\circ C$, в открытой $60^\circ C$. Поэтому температурный график имеет вид ломаной линии. Точка излома температурного графика (τ_{01}''' и τ_{02}''') соответствует определенному значению температуры наружного воздуха $t_{н.и}$ или $\bar{Q}_{0.и}$, и в соответствии с этим график температур и расхода сетевой воды разбивается на две зоны: первая $t_{н} = +8 - t_{н.и}, ^\circ C$; вторая $t_{н.и} - t_{но}$.

В общем случае система теплоснабжения может быть задана закрытой или открытой.

При закрытой системе теплоснабжения схема присоединения теплообменника горячего водоснабжения принимается параллельной (Приложение В, рисунок В.1 – ж).

В закрытой системе расчет температур сетевой воды за подогревателем горячего водоснабжения $\tau_{Г2} = f(\bar{Q}_0)$ или $\tau_{Г2} = f(t_n)$ производится с помощью безразмерных характеристик теплообменных аппаратов.

Расчетным режимом для систем горячего водоснабжения является режим в точке «излома» температурного графика при $\bar{Q}_{\dot{U}\dot{A}}$ или $t_{\dot{U}\dot{A}}$. Для расчетного режима при закрытой системе теплоснабжения принимается: $\tau_1''' = 70 \text{ } ^\circ\text{C}$; $\tau_{r2}''' = 30 - 35 \text{ } ^\circ\text{C}$; $t_r = 60 \text{ } ^\circ\text{C}$; $t_x = 5 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Расчетная нагрузка подогревателя горячего водоснабжения:

$$Q_p^r = Q_r^{cp} \cdot z^{max}, \quad (23)$$

где $z^{max} = 2,2$ – максимальный коэффициент суточной неравномерности горячего водоснабжения.

6 Определение расходов сетевой воды

При качественном регулировании отпуска тепла по отопительной нагрузке расход сетевой воды на отопление не зависит от температуры наружного воздуха.

Расчетный расход сетевой воды на отопление определяется при τ'_{ij} :

а) для поселка:

$$G'_0 = \frac{Q'_0}{c \cdot (\tau'_{01} - \tau'_{02})}; \quad (24)$$

б) для предприятия:

$$G'_{0.П} = \frac{Q'_{0.П}}{c \cdot (\tau'_{01} - \tau'_{02})}, \quad (25)$$

где τ'_{01} и τ'_{02} - расчетные температуры воды, °С (принимаются по заданию);

$Q'_{0.П}$ - расход тепла на отопление предприятия, кВт (принимается по заданию).

Расчетный расход сетевой воды на вентиляцию G_B , кг/с определяется при расчетной температуре наружного воздуха на вентиляцию $t_{\ddot{O}y}$:

$$G_B = \frac{Q_B}{c \cdot (\tau''_{01} - \tau''_{02})}, \quad (26)$$

где τ''_{01} , τ''_{02} - температуры сетевой воды в подающей линии и в обратной линии после отопления, соответствующие расчетной температуре наружного воздуха $t_{нu}$, °С

(расчетная температура в обратной линии после вентиляции принимается такой же, как и для отопления).

Расход водопроводной воды на горячее водоснабжение жилого поселка определяется по формуле:

$$G_{ГВ}^p = \frac{Q_{Г}^p}{c \cdot (t_{Г} - t_{Х})} \quad (27)$$

Расчетный расход сетевой воды на горячее водоснабжение определяется:

а) для закрытой системы по формуле:

$$G_{ГВ}^p = \frac{Q_{Г}^p}{c \cdot (\tau_{01}^{///} - \tau_{Г2}^{///})} ; \quad (28)$$

б) для открытой системы:

$$G_{ГВ}^{///} = \frac{Q_{Г}^p}{c \cdot (\tau_1^{///} - t_{Х})} , \quad (29)$$

где $\tau_1^{///} = t_{Г} = 60 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

В открытых системах теплоснабжения вода для горячего водоснабжения (на диапазоне $t_{НИ} - t_{НГ}$) забирается частично из подающей и частично из обратной тепловой сети с таким расчетом, чтобы была обеспечена температура смеси $t_1 = 60 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Относительные расходы (по отношению к суммарному расходу воды на горячее водоснабжение) в подающей и обратной линиях могут быть определены по формулам:

$$\beta = \frac{t_{\Gamma} - \tau_{02}}{\tau_1 - \tau_{02}}; \quad (30)$$

$$1 - \beta = \frac{\tau_1 - t_{\Gamma}}{\tau_1 - \tau_{02}}, \quad (31)$$

где β , $(1 - \beta)$ – доля расхода воды на горячее водоснабжение, получаемая из подающей и обратной линий.

При $\tau_1''' = t_{\Gamma}$ вся вода на горячее водоснабжение подается из подающей линии, в этом случае $\beta=1$.

При $t_{\Gamma} = \tau_{02}$ вся вода на горячее водоснабжение из обратной линии, в этом случае $\beta=0$.

Такой режим имеет место при $t_{\text{НГ}} = t_{\text{НГ}}$. При $t_{\text{Н}} < t_{\text{НГ}}$, $\tau_{02} > t_{\Gamma}$ и $\beta=0$:

$$G_{\Gamma} = \frac{Q_{\Gamma}^p}{c \cdot (\tau_1 - \tau_{02})} \quad (32)$$

При любой температуре наружного воздуха расход воды равен:

из подающей линии: $G_{\Gamma\Pi} = G_{\Gamma} \cdot \beta$;

из обратной линии: $G_{\Gamma\text{O}} = G_{\Gamma} \cdot (1 - \beta)$.

Расчетный расход сетевой воды, подаваемой с источника тепла на поселок и предприятия на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение, определяется следующим образом:

а) для закрытой системы:

$$G' = G_0' + G_{\text{ПО}}' + G_{\text{П}}' + G_{\text{Г}}^p \cdot \varphi, \quad (33)$$

где φ – коэффициент попадания в максимум горячего водоснабжения, $\varphi = 0,75 \dots 0,8$;

б) для открытой системы

$$G' = \sqrt{(G_{\text{ОВ}}^2 + G_{\text{ОВ}}' \cdot G_{\text{Г}}^p + 0,5 \cdot (G_{\text{Г}}^p)^2)}, \quad (34)$$

где $G_{\text{ОВ}}'$, $G_{\text{Г}}^p$ – расчетный расход сетевой воды на отопление и вентиляцию поселка и предприятия и расчетный расход на горячее водоснабжение, кг/с.

Примечание - При малых расходах тепла на вентиляцию расход сетевой воды можно определять по суммарному расходу тепла на отопление и вентиляцию при $t_{\text{но}}$, формула (24).

7 Гидравлический расчет тепловой сети

В задачи гидравлического расчета входит определение диаметров трубопроводов водяной и паровой сети, а также конденсатопровода. По результатам гидравлического расчета водяной сети определяется падение давления или напора в подающей и ΔH_{Π} и обратной ΔH_{O} линии, определяется напор сетевого насоса $H_{\text{В}}$, строится пьезометрический график.

7.1 Расчет водяной сети

По данным задания составляется план района. Для этого на миллиметровую бумагу в масштабе наносятся площади промышленных предприятий, зеленая зона и площадь поселка S с разбивкой на кварталы. Число кварталов жилого поселка, включающих несколько зданий, должно быть не менее 6.

На одном из предприятий располагают источник теплоснабжения. Намечается схема разводки трубопроводов тепловой сети от источника теплоснабжения до промышленных предприятий и кварталов жилого поселка. По масштабу определяются длины участков (между ответвлениями) по основной магистрали и ответвлений до кварталов.

Расчетный расход сетевой воды на один квартал определяется при условии, что число зданий во всех кварталах одинаково, по формуле:

$$G_k = \frac{G' - G'_{\Pi}}{n}, \quad (35)$$

где n – число кварталов.

Составляется расчетная схема, на которой наносятся потребители тепла и их номер, длины и номера участков, расходы воды на квартал и по участкам тепловой сети.

Гидравлический расчет начинается с выбора расчетной магистрали. При заданном значении линейного удельного падения давления R_B расчетной магистралью будет наиболее длинная магистраль источник тепла – квартал.

Расчет производится в два этапа: предварительный и проверочный.

Предварительный расчет.

Расчет диаметров магистральных трубопроводов водяной тепловой сети удобнее начинать с наиболее удаленного от источника теплоснабжения участка. Задаются коэффициенты местных потерь $\alpha = 0,2...0,3$. Плотность воды принимается постоянной, равной $\rho = 975 \text{ кг/м}^3$, при $t_{cp} = 75 \text{ }^\circ\text{C}$; значение абсолютной эквивалентной шероховатости $k_s = 0,0005\text{м}$.

Для расчета участка известны:

G – массовый расход сетевой воды, кг/с;

R_B – удельное линейное падение давления, Па/м;

A_d^B - постоянный коэффициент для воды (зависит от принятого значения k_s) (Приложение В).

Предварительный расчет диаметров трубопроводов производится по формуле:

$$d^{**} = A_d^B \cdot \frac{G^{0,38}}{R_B^{0,19}} \quad (36)$$

Расчет диаметра одного участка производится по формуле, следующие участки можно рассчитывать по номограмме (Приложение В).

Проверочный расчет

Уточняется диаметр трубопровода d' до ближайшего стандартного диаметра по стандарту или таблице (Приложение В).

Производится расчет действительного удельного падения давления R'_y по формуле:

$$R'_B = A_R^B \cdot \frac{G^2}{(d')^{5,25}} \quad (37)$$

При полученном диаметре d' уточняется величина местных потерь. При этом принимается, что на участке через каждые 100м установлены компенсаторы, на магистрали у ответвления и на ответвлении устанавливаются задвижки, тройники и т.д.

Определяется эквивалентная длина местных сопротивлений:

$$l_g = A_l \cdot \sum \xi \cdot (d')^{1,25}, \quad (38)$$

где A_l – постоянный коэффициент (Приложение В);

$\sum \xi$ – сумма местных сопротивлений на участке (Приложение В), безразмерная величина.

Определяется падение давления или напора в подающей и обратной линии на участке, Па (м):

$$\Delta P_{\Pi} = \Delta P_{O} = R_B' \cdot (l + l_9); \quad (39)$$

$$\Delta H_{\Pi} = \frac{\Delta P_{\Pi}}{\gamma}, \quad (40)$$

где l – длина участка, м;

ΔP_{O} , ΔH_{Π} – потеря давления или напора в подающей и обратной линиях на участке, Па (м);

γ – удельный вес воды, Н/м³.

Полученные данные записываются в таблицу А.1 приложения А.

Расчет ответвлений производится по тем же формулам или по номограммам.

7.2 Гидравлические режимы водяной тепловой сети

Гидравлические режимы водяных тепловых сетей (пьезометрические графики) следует разрабатывать для отопительного и неотапительного периодов. Пьезометрический график позволяет: определить напоры в подающем и обратном трубопроводах, а также располагаемый напор в любой точке тепловой сети; с учетом рельефа местности, располагаемого напора и высоты зданий выбрать схемы присоединения потребителей; подобрать авторегуляторы, сопла элеваторов, дроссельные устройства для местных систем теплоснабжения; подобрать сетевые и подпиточные насосы. Пьезометрические графики строятся для магистральных и квартальных тепловых сетей. Для магистральных тепловых сетей могут быть приняты масштабы: горизонтальный M_{Γ} 1:10000; вертикальный $M_{\text{В}}$ 1:1000; для квартальных тепловых сетей: M_{Γ} 1:1000, $M_{\text{В}}$ 1:500.

Пьезометрические графики строятся для статического или динамического режимов системы теплоснабжения. За начало координат в магистральных сетях принимают местоположение источника теплоснабжения. В принятых масштабах строят профиль трассы и высоты присоединенных потребителей. За нулевую отметку оси ординат (оси напоров) принимают обычно отметку низшей точки теплотрассы или отметку сетевых насосов. Строят линию статического напора, величина которого должна быть выше местных систем теплоснабжения не менее чем на 5 метров, обеспечивая их защиту от «оголения», и в то же время не должна превышать максимальный рабочий напор для местных систем. Величина максимального рабочего напора составляет: для систем отопления со стальными нагревательными приборами и для калориферов - 80 метров; для систем отопления с чугунными радиаторами - 60 метров; для независимых схем присоединения с поверхностными теплообменниками - 100 метров. Затем приступают к построению графиков напоров для динамического режима. На оси ординат откладывают требуемый напор у всасывающих патрубков сетевых насосов (30-35 метров) в зависимости от марки насоса. Затем, используя результаты гидравлического расчета, строят линию потерь напора обратной магистрали. Величина напоров в обратной магистрали должна соответствовать требованиям, указанным выше, при построении линии статического напора. Далее строится линия располагаемого напора для системы теплоснабжения расчетного квартала. Величина располагаемого напора в точке подключений квартальных сетей принимается не менее 40 м. Затем строится линия потерь напора подающего трубопровода, а также линия потерь напора в коммуникациях источника теплоты. При отсутствии данных потери напора в коммуникациях источника теплоснабжения могут быть приняты равными 25-30 м. Напор во всех точках подающего трубопровода, исходя из условия его механической прочности, не должен превышать 160 м. Пьезометрический график может быть перемещен параллельно вверх или вниз, если возникает опасность «оголения» или «раздавливания» местных систем теплоснабжения. При этом необходимо учитывать, чтобы напор на всасывающем патрубке не превысил предельного значения для принятой марки насоса. Под пьезометрическим графиком располагают спрямленную однолинейную схему теплотрассы с ответвлениями,

указывают номера и длины участков, диаметры трубопроводов, расходы теплоносителя, располагаемые напоры в узловых точках. На пьезометрическом графике главной магистрали строится график расчетного ответвления. При построении пьезометрических графиков для неотапительного периода необходимо определить потери давления в главной магистрали при пропуске максимального расхода сетевой воды на горячее водоснабжение $G_{ГВ}^{макс}$. В открытых системах потери давления в обратной магистрали определяют при пропуске расхода, равного 10 % $G_{ГВ}^{макс}$. Потери напора в коммуникациях источника, а также располагаемый напор перед расчетным кварталом принимают таким же, как и для отопительного периода. При построении пьезометрического графика для квартальных сетей следует учитывать, что квартальные сети являются продолжением магистральных сетей. Располагаемый напор в начале квартальных сетей (40 м) должен быть использован на потери давления в подающей и обратной магистрали квартальных сетей (≈ 10 м), на потери напора в элеваторных узлах системы отопления потребителей кварталов (от 20 до 30 м) и на потери напора в системе отопления (от 1 до 2 м). Следует учитывать, что линии напоров пьезометрического графика квартальных сетей и при статическом и при динамическом режимах будут продолжением соответствующих линий пьезометрического графика магистральных тепловых сетей.

7.3 Подбор сетевых и подпиточных насосов

Напор сетевых насосов $\Delta H_{сн}$ следует определять для отопительного и неотапительного периодов и принимать равным сумме потерь напора в установках на источнике теплоты $\Delta H_{стп}$ в подающем $\Delta H_{под}$ и обратном $\Delta H_{обр}$ трубопроводах, а также в местной системе теплопотребления $\Delta H_{аб}$:

$$\Delta H_{сн} = \Delta H_{стп} + \Delta H_{под} + \Delta H_{обр} + \Delta H_{аб} \quad (41)$$

Потери напора в коммуникациях источника, при отсутствии более точных данных, могут быть приняты равными 30 м. Потери напора в местной системе

телопотребления (в данном случае располагаемый напор перед квартальной системой теплоснабжения) следует принимать не менее 40 м. Потери напора в подающем и обратном трубопроводах для отопительного периода принимают по результатам гидравлического расчета при пропуске суммарных расчетных расходов воды. Для неотапительного периода потери напора в трубопроводах $\Delta H_{под}^{лет}$ могут быть определены по следующей формуле:

$$\Delta H_{под}^{лет} = \Delta H_{под}^{зим} \cdot \left(\frac{G_{макс}^{лет}}{\sum G^{зим}} \right)^2 \quad (42)$$

Потери напора в обратном трубопроводе открытых систем теплоснабжения в неотапительный период $\Delta H_{под}^{лет}$ могут быть определены по формуле:

$$\Delta H_{под}^{лет} = \Delta H_{под}^{зим} \cdot \left(\frac{0,1 \cdot G_{макс}^{лет}}{\sum G^{зим}} \right)^2 \quad (43)$$

где $\sum G^{зим}$ - суммарный расход сетевой воды на головном участке системы теплоснабжения в отопительный период, кг/с;

$G_{макс}^{лет}$ - максимальный расход сетевой воды на горячее водоснабжение в неотапительный период, кг/с, определяемый по формуле (27).

Подачу (производительность) рабочих насосов следует принимать:

а) сетевых насосов для закрытых систем теплоснабжения в отопительный период - по суммарному расчетному расходу воды, определяемому по формуле (33);

б) сетевых насосов для открытых систем теплоснабжения в отопительный период - по суммарному расчетному расходу воды, определяемому по формуле (34);

в) сетевых насосов для закрытых и открытых систем теплоснабжения в неотапительный период - по максимальному расходу воды на горячее водоснабжение в неотапительный период, формула (27).

Число сетевых насосов следует принимать не менее двух, один из которых - резервный; при пяти рабочих сетевых насосах, соединённых параллельно в одной

группе, допускается резервный насос не устанавливать. Напор подпиточных насосов H_{nn} должен определяться из условий поддержания в водяных тепловых сетях статического напора $H_{ст}$ и преодоления потерь напора в подпиточной линии $\Delta H_{пл}$, величина которых (при отсутствии более точных данных принимается равной 10-20 м):

$$\Delta H_{nn} = \Delta H_{ст} + \Delta H_{пл} + z \quad (44)$$

где z - разность отметок уровня воды в подпиточном баке и оси подпиточных насосов. Подачу подпиточных насосов G_{nn} , в закрытых системах теплоснабжения следует принимать равной расчетному расходу воды на компенсацию утечки из тепловой сети $G_{ут}$, см. формулу (45), а в открытых системах - равной сумме максимального расхода воды на горячее водоснабжение $G_{макс}^H$ и расчетного расхода воды на компенсацию утечки $G_{ут}$, см. формулу (46):

$$G_{nn} = G_{ут} \quad (45)$$

$$G_{nn} = G_{ут} + G_{гв}^{max} \quad (46)$$

Расчетный расход воды на компенсацию утечки $G_{ут}$ принимается в размере 0,75 % от объема воды в системе теплоснабжения, аварийный расход на компенсацию утечки принимается в размере 2 % от объема воды в системе теплоснабжения. Объем воды в системе теплоснабжения допускается принимать равным 65 м на 1 МВт расчетного теплового потока при закрытой системе теплоснабжения и 70 м² на 1 МВт - при открытой системе теплоснабжения.

Число параллельно включенных подпиточных насосов следует принимать: в закрытых системах теплоснабжения не менее двух, один из которых является резервным; в открытых системах не менее трех, один из которых также является резервным. Технические данные насосов для систем теплоснабжения приведены в [4]. При подборе насосов следует учитывать требования по максимальной температуре воды, по величине допускаемых напоров на всасывающем патрубке насоса. Из

условий экономии потребления электроэнергии величина КПД насоса η не должна быть менее 90 % от величины максимального КПД η_{\max} .

7.4 Расчет паровой сети

На предприятие для технологических нужд подается пар. Расход пара G_{Π} определяется по максимальному часовому расходу тепла, подаваемого потребителю:

$$G_{\Pi} = \frac{Q_{\Pi}^M}{i_{\Pi} - i_{\kappa}} \quad (47)$$

где i_{Π} - энтальпия пара у потребителя, кДж/кг;

\bar{i}_{κ} - энтальпия конденсата, возвращаемого от потребителя (принимается $\bar{i}_{\kappa} = 300-420$ кДж/кг).

Для расчета паропровода известны: расход пара у потребителя G_{Π} , кг/с; давление P , Па; плотность ρ , кг/м³, в начале и в конце участка (P_H, ρ_H, P_K, ρ_K) длина магистрали l , м; коэффициент местных потерь $\alpha = 0.2 - 0.3$; абсолютный эквивалентный коэффициент шероховатости $k_{\Sigma} = 0,0002$ м.

Методика расчета паропровода аналогична методике расчета водяных сетей.

По данным P_H и P_K определяется удельное падение давления главной магистрали:

$$R_{\Pi} = \frac{P_H - P_K}{l \cdot (1 + \alpha)} \quad (48)$$

Определяется средняя плотность пара на участке ρ_{cp} , кг/м³:

$$\rho_{cp} = \frac{\rho_H + \rho_K}{2} \quad (49)$$

Определяется диаметр трубопровода d , м, по формуле:

$$d = A_d \cdot \frac{G^{0,38}}{(R_{\Pi} \cdot \rho_{cp})^{0,19}} \quad (50)$$

где A_d - постоянный коэффициент для пара (принимается при $k_3 = 0,0002 \text{ м}$, Приложение В).

Дальнейший порядок расчета аналогичен порядку расчета водяных сетей. Полученный диаметр округляется до ближайшего по стандарту d' , затем определяются действительное удельное линейное падение сопротивления R'_{II} и эквивалентная длина местных сопротивлений l_3 .

Определяется падение давления на участке $\Delta P'$ Па:

$$\Delta P' = P_{II}' \cdot (1 + l_3) \quad (51)$$

Определяется давление у потребителя P'_k Па:

$$P'_k = P_{II}' - \Delta P' \quad (52)$$

Расчет считается законченным, если выполнено условие:

$$P'_k \geq P_k \quad (53)$$

При $P'_k < P_k$ диаметр паропровода d' следует увеличить и произвести уточнение расчета.

7.5 Расчет конденсатопровода

Расход конденсата, возвращаемого на источник теплоснабжения определяется по формуле

$$G_k = G_n \cdot \varphi \quad (54)$$

где φ - коэффициент возврата конденсата (берется из задания). Для расчета конденсатопровода известны:

- расход конденсата G_k , кг/с;
- удельное линейное падение давления R_k , Па/м (берется из задания);
- длина участков, м;

- коэффициент местных сопротивлений α .

Расчет аналогичен расчету водяных сетей. При определении диаметров конденсатопровода можно использовать номограмму (Приложение В) для $k_3 = 0,001$ м.

Список использованных источников

1. Соколов, Е. Я. Теплофикация и тепловые сети : учебник / Е. Я. Соколов. - 4-е изд., перераб. - М. : Энергия, 1975. - 376 с. : ил. ; 24 см. - Библиогр.: с. 369-371.
2. Роддатис, К.Ф. Котельные установки : учебник для вузов / К.Ф. Роддатис. - М.: Энергия, 1997. - 413 с.
3. Сафонов, А.П. Сборник задач по теплофикации и тепловым сетям : учебное пособие для вузов / А.П. Сафонов. – 3-е изд. - М.: Энергоатомиздат, 1985. – 227 с.
4. Роддатис, К.Ф. Справочник по котельным установкам малой производительности. / К.Ф. Роддатис, А.Н. Полтарецкий. – 2-е изд. - М.: Энергоатомиздат, 1989. – 305 с.
5. Водяные тепловые сети : справочное пособие по проектированию / И.В. Беляйкина, В.П. Витальев, Н.К. Громов.; под ред. Н.К.Громова, Е.П. Шубина– М.: Энергоатомиздат, 1988. – 376 с. : ил. – ISBN 5-283-00114-8.
6. СНиП 2.01.01-82 Строительные климатология и геофизика. - Взамен СНиП П-А.6-72 ; введ. 1984-01-01. / Отдел технического нормирования и стандартизации Госстроя СССР. – М. ; Госстрой СССР, 1989. – 437 с.

Приложение А

(обязательное)

Форма таблицы данных гидравлического расчета

Таблица А.1 - Форма таблицы данных гидравлического расчета

Предварительный расчет						Проверочный расчет					
Номера участк ов	$G,$ кг/с	$R_{в},$ Па/м	$l,$ м	$d,$ мм	$d',$ мм	$R'_{в},$ Па/м	$l_{з},$ м	$L_{з} + l$ кг/с	$\Delta P_{п} = \Delta P_{в},$ Па	$\Delta H_{п} = \Delta H_{в},$ м	$\sum R_{п},$ м
Главная магистраль											
1											
2											
3											
и т.д.											
Ответвления											
1											

Приложение Б (обязательное)

Задание на курсовой проект

В поселке два предприятия, работающие в три смены. Источник теплоснабжения располагается на территории одного из них. Между предприятием и поселком находится зеленая зона.

На источнике теплоснабжения применяется центральное качественное регулирование по разнородной нагрузке.

Таблица Б.1 - Форма бланка исходных данных

Наименование	Исходные данные
Рабочий поселок находится вблизи города -	
Технологическая нагрузка предприятия: 1 смена, МВт 2 смена, МВт 3 смена, МВт	
Тепловая нагрузка предприятия на отопление и вентиляцию $Q_{от+в}$ МВт	
Площадь промышленного предприятия S , км ²	
Число жилых домов в поселке $n_{ж}$	
Объем жилого дома $V_{ж}$ м ³	
Число общественных зданий n_0	
Объем общественного здания V_0 м ³	
Высота жилого дома $h_{ж}$ м	
Средний объем жилого здания на жителя района $v_{ср}$ м ³ /житель	60
Норма расхода горячей воды на жителя a , л/сутки	
Удельный объем зданий на 1 м территории $v_{уд}$ м ³ /м ²	
Ширина зеленой зоны l_1 , м	
Расстояние между предприятиями l_2 , м	
На технологические нужды предприятий подается насыщенный пар давлением p_1 , ата	

Продолжение таблицы Б.1

Наименование	Исходные данные
Температурный график водяной тепловой сети $t_{01}/t_{02}, ^\circ\text{C}$	
Удельное падение давления в конденсатопроводе R_k Па/м	
Удельное падение давления в водяной тепловой сети R_z Па/м	
Доля возврата конденсата $\varphi, \%$	
Система теплоснабжения (открытая - номер задания четный, закрытая - номер задания нечетный)	

Таблица Б.2 - Исходные данные к курсовому проекту

№ В- та	Город	$Q_{\text{техн.}}$ 1/2/3 смены, МВт	$Q_{\text{о+в}}$, МВт	S , км ²	$n_{\text{ж}}$, ШТ	$V_{\text{ж}}$, тыс. м ³	$n_{\text{о}}$, ШТ	$V_{\text{о}}$, тыс. м ³	$h_{\text{ж}}$, м	а, л/сутки	$V_{\text{у}}$, м ³ /м ²	l_1 , км	l_2 , км	P_1 , ата	τ_{01}/τ_{02} , °С	$R_{\text{лп}}$, Па/м	$R_{\text{в}}$, Па/м	φ , %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	Архангельск	4/8/3	5	2,0	50	30	6	10	25	90	1,5	1,0	1,5	7	150/70	80	60	80
2	Астрахань	5/2/4	4	1,8	56	30	6	11	25	100	1,3	1,2	0,8	10	150/70	40	60	85
3	Брянск	6/10/5	3	1,6	58	24	7	12	18	120	1,4	1,5	1,2	5	130/70	50	90	70
4	Воронеж	7/11/6	4	1,4	60	25	8	10	18	120	1,2	1,6	1,0	8	150/70	50	60	85
5	Волгоград	4/13/8	6	1,1	64	28	7	12	20	110	1,1	1,0	0,9	7	130/70	50	70	86
6	Вологда	8/12/7	7	1,2	62	28	6	11	18	99	1,2	2,0	1,5	6	130/70	60	80	80
7	Н.Новгород	5/14/9	12	2,0	68	20	8	10	16	120	0,9	1,0	1,5	9	150/70	65	75	85
8	Новокузнецк	6/20/11	8	2,2	63	23	8	13	19	110	2,1	1,3	1,9	10	150/70	70	55	45
9	Новосибирск	11/15/8	7	2,0	64	25	7	12	20	115	1,5	1,8	1,5	12	130/70	75	65	55
10	Новоросси йск	4/11/7	6	1,9	59	27	6	13	19	110	0,8	1,4	1,6	10	150/70	80	60	65

Продолжение таблицы Б.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
11	Иваново	7/16/8	9	1,5	57	29	6	12	26	100	1,4,	2,5	1,8	9	130/70	65	75	80
12	Иркутск	6/13/5	10	2,0	61	30	8	14	21	90	1,1	2,3	0,9	10	150/70	75	87	50
13	Златоуст	4/18/3	5	2,0	51	30	6	10	25	90	1,5	1,0	1,5	7	150/70	80	60	80
14	Казань	5/12/4	4	1,8	53	30	6	11	25	100	1,3	1,2	0,8	10	130/70	40	60	85
15	Караганда	9/10/5	3	1,6	59	24	6	12	18	120	1,4	1,5	1,2	5	150/70	50	90	70
16	Киров	7/15/6	4	1,4	60	25	7	10	18	120	1,2	1,6	1,0	8	130/70	50	60	85
17	Красноярск	4/13/9	6	1,1	61	28	6	12	20	110	1,1	1,0	0,9	7	150/70	60	70	86
18	Москва	6/13/5	10	2,0	61	30	8	14	21	120	1,2	1,6	1,0	8	130/70	70	55	45
19	Омск	5/12/4	4	1,8	53	27	6	13	19	100	1,3	1,2	0,8	9	130/70	65	75	80
20	Оренбург	6/16/11	8	2,2	51	30	6	10	25	90	1,4,	2,5	1,8	10	150/70	75	87	70
21	Орск	5/14/9	6	1,9	59	27	6	13	19	110	1,2	1,6	1,0	8	130/70	65	75	85
22	Рязань	11/15/8	5	1,6	64	29	7	13	16	120	0,8	2,0	1,8	10	130/70	75	60	60
23	Саратов	4/11/7	4	1,4	59	30	6	12	19	110	1,4,	1,0	0,9	5	150/70	55	60	65
24	Тобольск	7/16/8	3	1,1	57	30	8	14	20	115	1,1	1,3	1,5	8	130/70	65	90	70
25	Тюмень	6/13/5	4	1,2	61	30	8	10	19	110	1,5	1,8	0,8	7	150/70	60	60	75
26	Уральск	4/18/3	6	2,0	51	24	7	11	26	100	1,3	1,4	1,2	6	130/70	75	70	80

Продолжение таблицы Б.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
27	Уфа	5/12/4	7	2,2	53	25	6	12	21	90	1,4	2,5	1,0	9	130/70	87	55	65
28	Челябинск	9/10/5	12	2,0	59	28	6	10	25	90	0,8	2,3	0,9	10	130/70	75	75	75
29	Смоленск	7/11/6	7	1,2	62	28	6	11	18	99	0,8	1,4	1,5	7	150/70	80	87	50
30	Стерлитамак	4/13/8	12	2,0	68	20	8	10	16	120	1,4,	2,5	0,8	10	150/70	40	60	80
31	Пермь	8/12/7	8	2,2	63	23	8	13	19	110	1,1	2,3	1,2	5	130/70	50	60	85
32	Кустанай	5/14/9	7	2,0	64	25	7	12	20	115	1,5	1,0	1,0	8	150/70	50	90	70
33	Одесса	6/20/11	6	1,9	59	27	6	13	19	110	1,3	1,2	0,9	7	130/70	50	60	85
34	Тула	11/15/8	9	1,5	57	29	6	12	26	100	1,4	1,5	1,5	6	130/70	60	70	86
35	Пенза	4/11/7	10	2,0	61	30	8	14	21	90	1,2	1,6	1,5	9	150/70	65	55	45
36	Львов	7/11/6	5	2,0	51	30	6	10	25	90	1,1	1,0	1,9	10	150/70	70	75	80
37	Рига	6/13/5	4	1,8	53	30	6	11	25	100	1,2	1,6	1,5	12	130/70	75	87	70
38	Ростов-на-Дону	4/18/3	3	1,6	59	24	6	12	18	120	1,3	1,2	1,6	10	150/70	80	75	85
39	Петрозаводск	5/12/4	4	1,4	60	25	7	10	18	120	1,4,	2,5	1,8	9	130/70	65	60	60
40	Свердловск	9/10/5	6	1,1	61	28	6	12	20	110	1,2	1,6	0,9	10	150/70	75	60	65

Продолжение таблицы Б.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
41	С.Петер-г	7/15/6	10	2,0	61	30	8	14	21	120	0,8	2,0	1,5	7	150/70	80	90	70
42	Мичуринс к	4/13/9	4	1,8	53	27	6	13	19	100	1,4,	1,0	0,8	10	130/70	40	60	75
43	Мурманск	6/13/5	8	2,2	51	30	6	10	25	90	1,1	1,3	1,2	5	150/70	50	70	80
44	Владивост ок	5/12/4	6	1,9	59	27	6	13	19	110	1,5	1,8	1,0	8	130/70	50	55	65
45	Хабаровск	6/16/11	5	1,6	64	29	7	13	16	120	1,3	1,4	0,9	7	150/70	60	75	75
46	Ульяновск	5/14/9	7	1,2	59	30	6	12	19	110	1,4	2,5	1,0	8	130/70	70	86	80
47	Нефтеюга нск	8/12/7	5	2,0	64	25	7	12	20	90	1,2	1,6	1,5	10	150/70	75	60	85
48	Вильнюс	5/14/9	4	1,8	59	27	6	13	19	90	1,1	1,0	1,9	7	150/70	80	90	86
49	Сургут	6/20/11	3	1,6	57	29	6	12	26	100	1,2	1,6	1,5	10	150/70	40	60	45
50	Таллин	11/15/8	4	1,4	61	30	8	14	21	120	1,3	1,2	1,6	5	150/70	50	70	80
51	Магнитого рск	4/11/7	6	1,1	51	30	6	10	25	120	1,4,	2,5	1,8	8	130/70	50	55	70
52	Минск	7/11/6	10	2,0	53	30	6	11	25	110	1,2	1,6	0,9	7	150/70	60	75	85

Приложение В
(справочное)

Таблица В.1 - Значение коэффициентов А

Коэффициент	Выражение	Абсолютная эквивалентная шероховатость, k_3 , м		
		0,0002	0,0005	0,001
$A_R, м^{0,25}$	$0,0894k_3^{0,25}$	$10,6 \cdot 10^{-3}$	$13,3 \cdot 10^{-3}$	$15,92 \cdot 10^{-3}$
$A_R^B, м^{3,25} / \kappa_2$	$0,0894k_3^{0,25} / \rho$	$10,92 \cdot 10^{-6}$	$13,62 \cdot 10^{-6}$	$16,3 \cdot 10^{-6}$
$A_d, м^{0,0475}$	$0,63k_3^{0,0475}$	0,414	0,435	0,488
$A_d^B, м^{0,62} / \kappa_2^{0,19}$	$0,63k_3^{0,0475} / \rho^{0,19}$	$111,5 \cdot 10^{-3}$	$117 \cdot 10^{-3}$	$121 \cdot 10^{-3}$
$A_G, м^{-0,125}$	$3,35 / k_3^{0,125}$	9,65	8,62	7,89
$A_G^B, \kappa_2^{0,5} / м^{1,625}$	$3,35\rho^{0,5} / k_3^{0,125}$	302	269	246
$A_\alpha, м^{-0,19}$	$5,1 / k_3^{0,19}$	25,2	21,4	18,6
$A_\alpha^B, м^{0,53} / \kappa_2^{0,4}$	$5,1 / (k_3^{0,19} \rho^{0,24})$	4,54	3,82	3,34
$A_l, м^{-0,25}$	$9,1 / k_3^{0,25}$	76,4	60,7	51,1

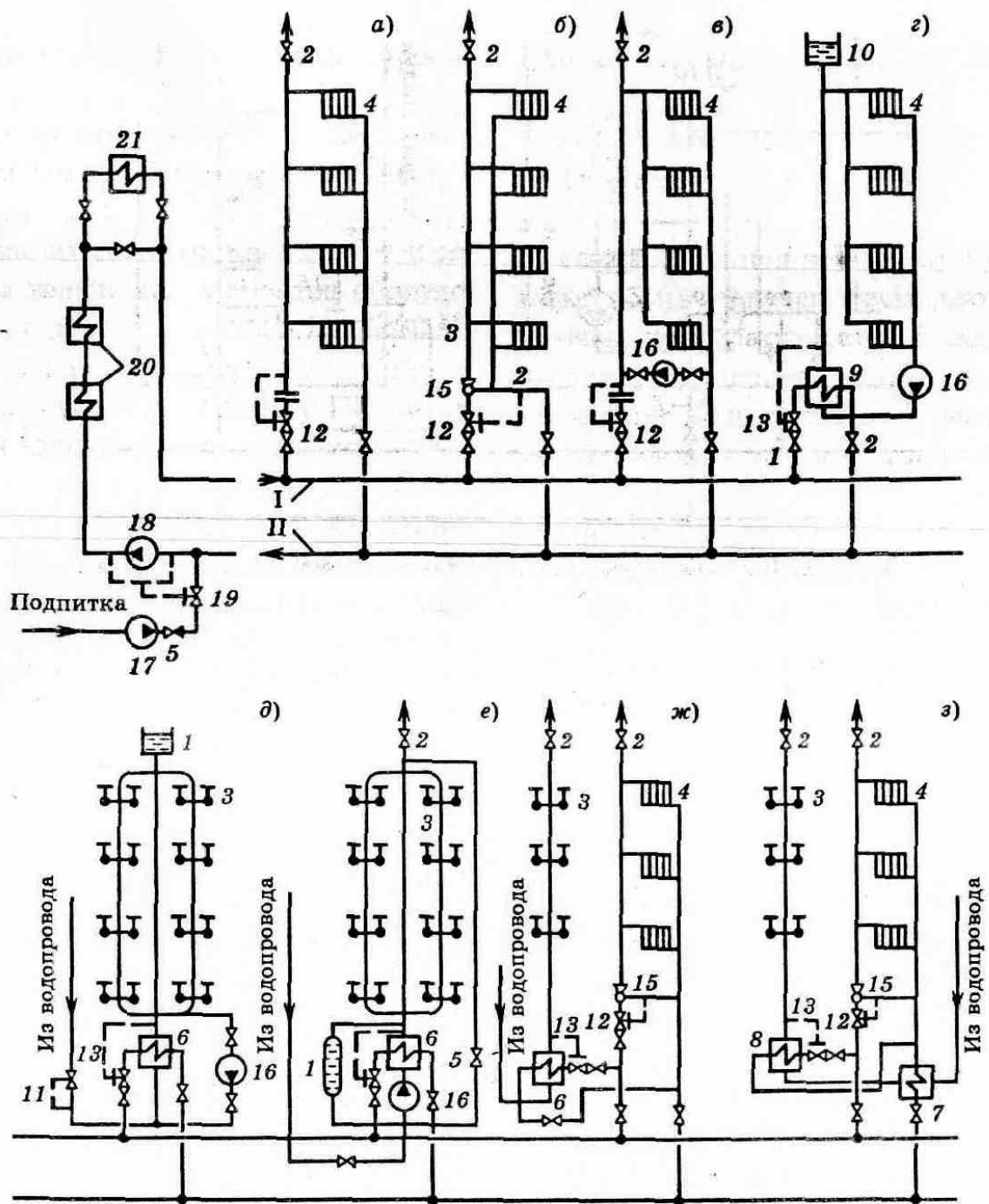


Рисунок В.1

Номограммы для гидравлического расчета трубопроводов

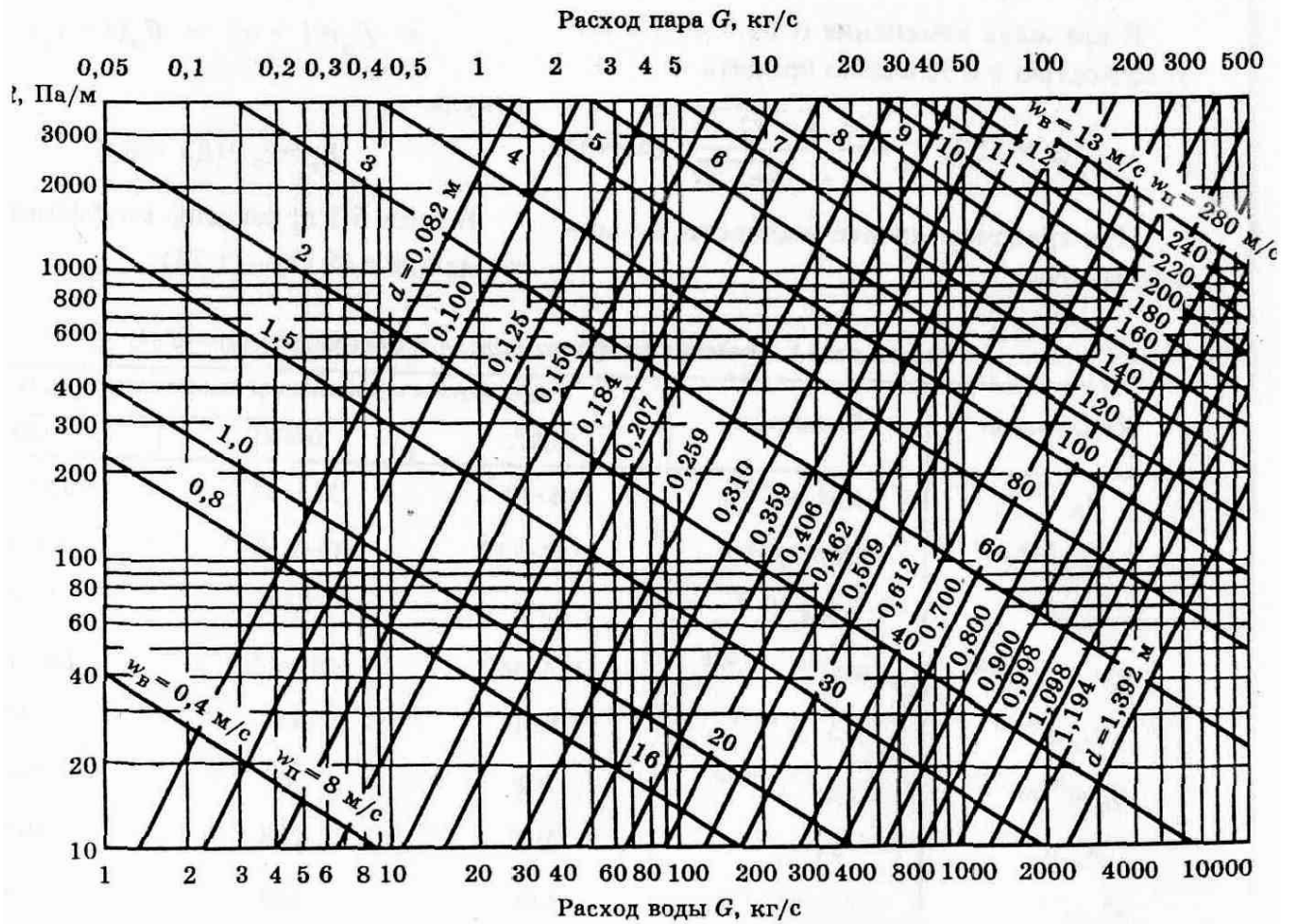


Рисунок В.2 - Номограммы для гидравлического расчета трубопроводов

$k_s=0,0002 \text{ м}; \rho_v=975 \text{ кг/м}^3; \rho_{п}=2,45 \text{ кг/ м}^3; d=0,07 - 1,392 \text{ м};$ при другой плотности пара
 $R_2 = (2,45/\rho_2)R_1$

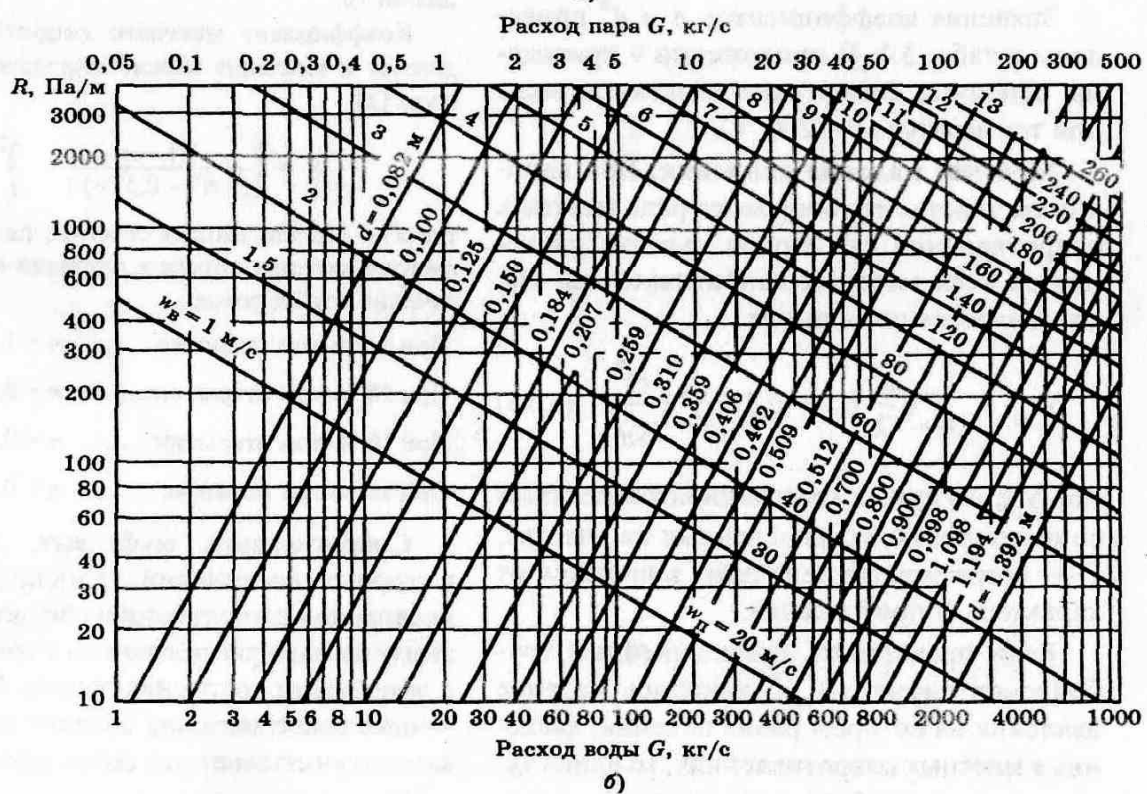
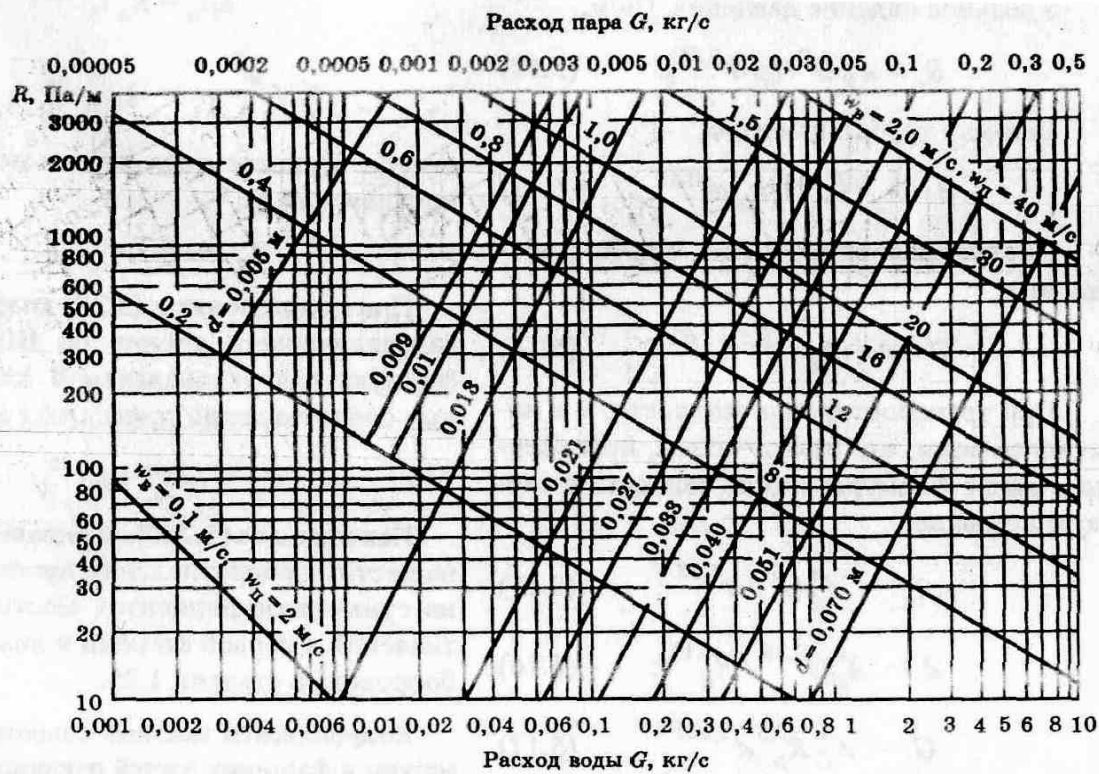


Рисунок В.3

$a-d= 0,005 - 0,07$ м; $б-d=0,07 - 1,392$ м; $k_3=0,0005$ м; $\rho_в=975$ кг/м³; $\rho_п=2,45$ кг/ м³; при другой плотности пара $R_2 = (2,45/\rho_2)R_1$

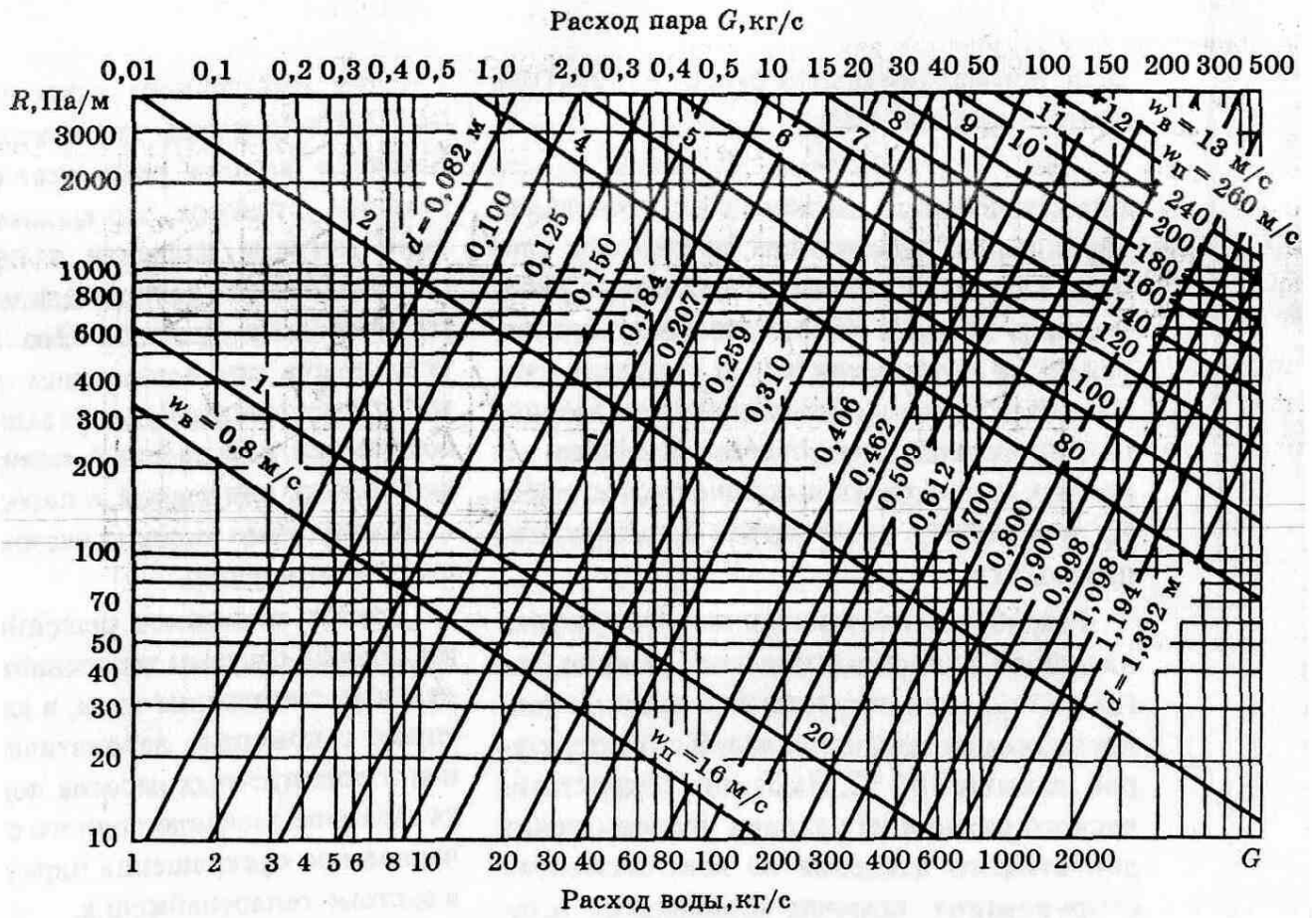


Рисунок В.4

$k_s=0,001 \text{ м}$; $\rho_v=975 \text{ кг/м}^3$; $\rho_n=2,45 \text{ кг/м}^3$; при другой плотности пара $R_2 = (2,45/\rho_2)R_1$

Таблица В.2 - Коэффициенты местных сопротивлений трубопроводов

Наименование	ζ	Примечание
Клапаны проходные, $d = 50 - 400$ мм	4-8	-
Клапаны «Косва»	0,5-2,0	-
Задвижки нормальные	0,3-0,5	-
Кран угловой	0,4	-
Кран проходной	0,6-2,0	В зависимости от сечения отверстия
Компенсатор		
лировидный гладкий	1,7	-
волнистый	2,5	-
сальниковый	0,2	-
Водоотделитель	8-12	-
Грязевик	4-6	-
Угольник 90°	1,0	-
Колена 90° :		
гнутые гладкие, $R = d$	1,0	-
гладкие, $R = 2d$	0,7	-
гладкие, $R = 4d$	0,3	-
гладкие, $R > 4d$	0,05-0,2	-
Сальниковое колесо (один шов):		
$\beta = 22.5^\circ$, кл.1	0,11	-
$\beta = 45^\circ$	0,32	-
$\beta = 60^\circ$	0,68	-
$\beta = 90^\circ$	1,27	-
Тройник (встречный ток), кл.2	3,0	-

Продолжение таблицы В.2

Наименование	ζ	Примечание
Входные насадки, кл.3	1,0	Острая кромка
Входные насадки, кл.4	0,5-1,0	
Входные насадки с плавным изменением сечения, кл.5	0,3-0,6	В зависимости от гладкости
Труба Вентури, кл.6	$(0,15 - 0,2)[\]$	Наивыгоднейший угол $\beta = 6 - 8^\circ$