ГОССТРОЙ СССР
ГЛАВПРОМСТРОЙПРОЕКТ
СОЮЗВОДОКАНАЛПРОЕКТ

РУКОВОДСТВО ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ГРАДИРЕН



gost.e-ecolog.ru

А 1980

ГОССТРОЙ СССР
ГЛАВПРОМСТРОЙПРОЕКТ
СОЮЗВОДОКАНАЛПРОЕКТ

РУКОВОДСТВО ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ГРАДИРЕН

Утверждено институтом
СОЮЗВОДОКАНАЛПРОЕКТ
24 января 1980 г.

МОСКВА 1980

Государственным проектным институтом Союзводоканалпроект Госстроя СССР разработаны главы А, Б, Г, Д.
Ленинградским отделением государственного проектного института Теплоэлектропроект Министерства энергетики и электрификации СССР разработаны главы В, Д.
Государственные проектные институты Промстройпроект и ЦНИИпроектстальконструкция принимали участие в разработке главы Б.
Всесоюзным научно-исследовательским институтом ВОДГЕО разработана глава 3 раздела Б.

"Руководство по проектированию градирен" выполнено впервые, поэтому просим все замечания и пожелания направлять в адрес исполнителей и копии в адрес Союзводоканалпроекта.

Авторы – составители

Инж.Агто З.В., инж.Алексеева Н.П., инж.Аносов Г.В., инж.Альтман В.М., к.т.н.Арефьев Ю.И., инж.Брузель В.Н., инж.Высатко В.П., инж.Васильев А.П., д.т.н.Голубев А.И., д.т.н.Гладков В.А., инж.Дрямов В.К., инж.Ерусалимская С.Б., инж.Жуков С.И., инж.Иванова Т.П., инж.Котечкина В.Л., инж.Кудрявцев В.И., инж.Лаптев В.М., инж.Литвинов В.Н., инж.Марек М.М., инж.Мильман И.М., инж.Морозов В.А., инж.Спиридонова Н.В., инж.Трубников В.А., инж.Федорова Н.И. инж.Ямпольский Т.С.

Ответственные исполнители:

Иванова Т.П.
Федорова Н.И.

СОДЕРЖАНИЕ

		Стр.
РАЗДЕЛ А.	ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	4
РАЗДЕЛ Б.	ВЕНТИЛЯТОРНЫЕ ГРАДИРНИ	
	Общие указания по выбору типов, режимов работы и расположению	16
	Тепловой и аэродинамический расчеты вентиляторных градирен	50
	Указания по строительному проектированию вентиляторных градирен	92
РАЗДЕЛ В.	БАШЕННЫЕ ГРАДИРНИ	113
	Общие указания по выбору типо-размеров, режимов работы и расположению	
РАЗДЕЛ Г.	ОТКРЫТЫЕ ГРАДИРНИ	137
	Общие указания по выбору типо-размеров, режимов работы и расположению	
РАЗДЕЛ Д.	ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ГРАДИРЕН	141

РАЗДЕЛ А

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. "Руководство" распространяется на привязку типовых башенных, вентиляторных и открытых градирен, предназначенных для применения на территории СССР (за исключением районов вечной мерзлоты).

I.2. Выбор типа градирен следует определять с учетом местных климатических, строительных, экономических и других условий.

I.3. Необходимая площадь орошения, параметры градирен, расчетный расход охлаждаемой воды при привязке типовых проектов принимаются на основании технико-экономических расчетов, при этом надлежит пользоваться разделом IO СНиП II-3I-74 "Водоснабжение. Наружные сети и сооружения", ведомственными "Указаниями" и "Руководством по проектированию градирен".

I.4. Выбор типа оросительного устройства градирен зависит от химико-физического состава охлаждаемой воды. При количестве взвешенных веществ в поступающей на охлаждение воде до I20 мг/л следует применять градирни с пленочным или капельным оросителями.

При наличии в охлаждаемой воде взвесей в сочетании с маслами или нефтепродуктами, внезапящими в пленочном оросителе зарастание зазоров между щитами, следует применять капельный ороситель.

При количестве взвешенных веществ более I20 мг/л, а также при наличии в воде веществ, образующих на элементах оросителя трудноудаляемые отложения (известковые, смолистые и др.) следует применять градирни брызгального типа.

I.5. Температура воды, поступающей на градирни, не должна превышать 55°С. При необходимости охлаждения воды с температурой выше 55°С следует применять градирни из термоустойчивых материалов.

I.6. Выбор размера градирни для заданных конкретных условий следует определять исходя из положения, что минимальное число секций или отдельностоящих градирен должно быть равно 2, оптимальное – 4 ÷ 8, максимальное – I2.

I.7. Производительность одного узла градирен по количеству отнимаемого тепла рекомендуется принимать до 300 млн.ккал/ч (I256 млн.кдж/ч). При необходимости привязки градирен большей производительности необходимо учитывать изменение микроклимата под влиянием концентрации большого количества тепла и влаги в одном месте. В этом случае расчетную температуру воздуха по влажному термометру следует увеличить на I-2°С.

I.8. Расчетные параметры для проектирования строительной части градирни принимаются по СНиП II-А.6-72 "Строительная климатология и геофизика".

I.9. При расположении градирен на местности следует обеспечить наиболее благоприятные условия для подхода к ним свежего наружного воздуха и отвода увлажненного и подогретого воздуха. Для этого желательно, чтобы узел охладительных сооружений не был окружен высокими зданиями, или чтобы расстояние до них превышало полуторную высоту здания. Расстояния от соседних зданий также, как и расстояние между градирнями и рядами градирен, следует принимать по СНиП II-М.I-7I[к] "Генеральные планы промышленных предприятий. Нормы проектирования" (см.таблицу I с примечаниями).

Таблица I

№№ п/п	Здания и сооружения	Расстояние, м, до			
		Брызгальных бассейнов	Башенных градирен	Блоков вентиляторн. секцион. градирен наземных	Блоков вентиляторн. секцион. градирен на покрытиях зданий
I	2	3	4	5	6
I.	Брызгальные бассейны	-	30	30	-
2.	Башенные градирни	30	0,5Д[x], но не менее I8	I8	-
3.	Вентиляторные секционные градирни наземные	30	I5	9-24[xx]	-
4.	Вентиляторные секционные градирни на покрытиях зданий	-	-	-	I2
5.	Здания со стенами из материалов, имеющих марки по морозостойкости не менее Мрз 25	42	2I	2I	9
6.	Открытые электрические подстанции и линии электропередачи	80	30	42	42
7.	Открытые наземные расходные склады	60	не менее 2I	24	I5
8.	Наземные и надземные инженерные сети, ограждения	9	9	9	9

Продолжение таблицы I

I	2	3	4	5	6
9.	Ось железнодорожных путей внешних и сортировочных	80	42	60	2I
I0.	Ось железнодорожных путей внутризаводских	30	I2^{xxx}	I2^{xxx}	9^{xxx}
II	Край проезжей части автодорог общего пользования	60	2I	39	9
I2	Край проезжей части автодорог внутризаводских и подъездных	2I	9	9	9

$Д^{x}$ – диаметр градирни на уровне входных окон

xx – при площади секций до 20 м2 – 9м, более 20 до I00 м2 – I5 м, более I00 до 200 м2 – 2I м, более 200 м2 – 24 м

xxx – при использовании паровозной тяги и применении сгораемых ограждающих конструкций градирен расстояние принимается равным 2I м.

Примечания:

I. Указанные в поз. I÷4 расстояния должны приниматься в свету между рядами однотипных охладителей, при этом брызгальные бассейны устанавливаются в один ряд. В случае размещения в рядах градирен разной площади, расстояние между рядами принимается для градирен большей площади.

2. Расстояние между рядами одновентиляторных градирен надлежит определять, исходя из условия размещения коммуникаций, но не менее I5 м; расстояния от одновентиляторных градирен до зданий и сооружений принимаются как для башенных градирен.

3. Для башенных градирен расстояния между рядами даны при их площади до 3200 м2, при большей площади расстояния надлежит принимать по соответствующему обоснованию.

4. Расстояния между охладителями в одном ряду надлежит принимать равным для:

– башенных градирен – 0,4 диаметра градирни в основании, но не менее I2 м;

– блоков вентиляторных секционных градирен наземных и на покрытиях зданий – 3 м;

– одновентиляторных градирен – удвоенной высоте входных окон для воздуха , но не менее 3 м.

5. Расстояния, указанные в таблице, за исключением расстояний, указанных в поз.7 для складов (навесов) натрия, калия, карбида кальция и других материалов, которые при взаимодействии с водой образуют взрывоопасные вещества, допускается уменьшить: для охладителей площадью до 20 м2 – не более, чем на 40%, более 20 м2 до I00 м2 – не более, чем на 30%, но во всех случаях должно быть не менее 6 м.

6. Для районов со средней температурой воздуха наиболее холодной пятидневки ниже минус 36°С указанные в поз.2,3,8, 9 и I0 расстояния следует увеличивать на 25%.

7. Для зданий со стенами из материалов, имеющих марку по морозостойкости менее Мрз 25, необходимо предусматривать мероприятия по защите стен от увлажнения и обледенения.

8. На реконструируемых предприятиях расстояния между охладителями воды, а также охладителями воды и зданиями и сооружениями допускается уменьшать, но не более, чем на 25%.

9. Расстояния между охладителями воды и автодорогами, наземными и надземными инженерными сетями, предназначенными для обслуживания этих водоохладителей не нормируется.

10. Расстояния, указанные в поз.5-8, допускается уменьшать на 25% при условии работы градирен только в период положительных температур наружного воздуха.

1.10. При привязке типовых проектов градирен надлежит руководствоваться следующими нормативными документами:

СНиП II-А.5-70*	Противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений
СНиП II-А.6-72	Строительная климатология и геофизика
СНиП II-6-74	Нагрузки и воздействия
СНиП II-21-75	Бетонные и железобетонные конструкции
СНиП II-В.3-72	Стальные конструкции. Нормы проектирования
СНиП II-В.4-71*	Деревянные конструкции. Нормы проектирования
СНиП II-28-73	Защита строительных конструкций от коррозии
СНиП II-31-74	Водоснабжение. Наружные сети и сооружения
СНиП II-М.1-71*	Генеральные планы промышленных предприятий. Нормы проектирования
СНиП II-М.2-72*	Производственные здания промышленных предприятий. Нормы проектирования
СНиП III-16-79	Бетонные и железобетонные конструкции сборные
СНиП III-18-75	Металлические конструкции
СНиП III-19-76	Деревянные конструкции
СНиП III-23-76	Защита строительных конструкций и сооружений от коррозии
СН 374-67	Указания по возведению монолитных железобетонных труб и башенных градирен
СН 372-67	Указания по строительному проектированию тепловых электростанций

СН 509-78	Инструкция по определению экономической эффективности использования в строительстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений
ВСН I4-67	Технические указания по расчету и проектированию башенных противоточных градирен для тепловых электростанций и промышленных предприятий. Минэнерго СССР.
	Нормы технологического проектирования тепловых электрических станций и тепловых сетей.

Примечание: При работе со СНиП, СН, ВСН следует учитывать все изменения и дополнения, вносимые в них ежегодно и публикуемые в "Бюллетенях строительной техники" и ведомственных информационных изданиях.

I.II. При наименовании отдельных частей типовых башенных и вентиляторных градирен, следует применять следующую терминологию (см.рис.I,37):

вытяжная башня – часть башенной градирни, служащая для создания в ней естественной тяги;

вентилятор – механизм для создания искусственной тяги в вентиляторных градирнях: при расположении вверху градирни – вытяжной, при расположении внизу, перед градирней – нагнетательный;

выхлопной патрубок – устройство для отвода отработанного воздуха из градирни с вытяжным вентилятором; разделен на три части: сужающуюся – конфузор; цилиндрическую – обечайка; расширяющуюся – диффузор; в градирне с вентилятором, установленным внизу градирни аналогичное устройство называется нагнетательным патрубком, который также разделяется на три части;

оросительное устройство – устройство, в пределах которого, в основном, протекает процесс охлаждения воды;

водораспределительное устройство или система – система, распределяющая охлаждаемую воду по площади оросительного устройства и состоящая из магистральных распределительных и рабочих трубопроводов или лотков и разбрызгивающих устройств;

водоуловитель – устройство для улавливания мелких капель воды, выносимых проходящим через градирню воздушным потоком;

несущие конструкции – опорная конструкция для установки оросительного и водораспределительного устройства, водоуловителя и вентилятора;

водосборный бассейн – емкость для сбора охлажденной воды;

воздухораспределительное пространство – пространство, находящееся под оросительным устройством градирни, предназначенное для подвода воздуха в ороситель;

воздухоходные окна – просмы в нижней части градирни, через которые воздух поступает в воздухораспределительное пространство;

воздухонаправляющий козырек (аэродинамический) – устройство на воздухоходных окнах, служащее для более равномерного распределения воздуха и сбора воды, стекающей с обшивки;

зимние щиты – щиты перед воздухоходными окнами для регулирования расхода и направления воздуха, поступающего в градирню в холодное время года;

ветровая перегородка – вертикальная стенка, расположенная в воздухораспределительном пространстве градирни и предназначенная для устранения сквозной продувки этого пространства ветром и выноса воды из градирни через воздуховходные окна;

секционные перегородки – перегородки, разделяющие градирню на независимо отключаемые секции и расположенные по всей высоте градирни от дна водосборного бассейна до водораспределительного устройства, включая высоту факела разбрызгивания разбрызгивающих устройств в башенных градирнях, в вентиляторных градирнях – от дна или ниже уровня воды в водосборном бассейне до верха градирни;

подводящие водоводы – напорные трубопроводы, подающие охлаждаемую воду в водораспределительную систему;

отводящие водоводы – самотечные трубопроводы или каналы для отвода охлажденной воды из водосборного бассейна градирни;

переливные водоводы – трубопроводы для отвода воды из водосборного бассейна при его переполнении;

грязевой водовод – трубопровод для отвода осадка из водосборного бассейна.

I.I2. При привязке и расчетах башенных и вентиляторных градирен надлежит придерживаться следующих основных обозначений:

$G_г$ – гидравлическая нагрузка градирни, кг/ч, м3/ч;

Q – тепловая нагрузка градирни, ккал/ч, кдж/ч;

$G'_в$ – подача воздуха одним вентилятором (для башенной градирни – расход воздуха, проходящий через нее) по массе, кг/ч;

$G''_в$ – то же, по объему, м3/ч;

$q_{уд}$ – плотность орошения градирни, кг/м2.ч;

v – скорость движения воздуха в градирне, м/с;

$f_{ок}$ – площадь воздуховходных окон градирни, м2;

h – высота оросителя градирни, м;

V – объем градирни, м3;

t_1 – температура воды на входе в градирню, ^{o}C;

t_2 – температура воды на выходе из градирни, ^{o}C;

Δt – перепад температур воды, ^{o}C;

θ – температура атмосферного воздуха по сухому термометру, ^{o}C;

τ_1 – температура атмосферного воздуха по влажному термометру, ^{o}C;

φ_1 – относительная влажность атмосферного воздуха, доли единицы, %;

γ – удельный вес атмосферного воздуха, кг/м3;

$P_б$ – барометрическое давление, мм рт.ст., кг/см2, Па;

β – отношение массового расхода воздуха к расходу воды, кг/кг;

i_1 – энтальпия воздуха в ядре потока при входе в градирню, ккал/кг, кдж/кг;

i_2 – энтальпия воздуха в ядре потока при выходе из градирни, ккал/кг, кдж/кг;

i''_1 – энтальпия насыщенного воздуха у поверхности воды при входе в градирню, ккал/кг, кдж/кг;

i''_2 – энтальпия насыщенного воздуха у поверхности воды при выходе из градирни, ккал/кг, кдж/кг;

i''_m – энтальпия насыщенного воздуха у поверхности воды при средней температуре воды, ккал/кг, кдж/кг;

$c_ж$ – удельная теплоемкость воды, ккал/(кг.°С), кдж/(кг.°С)

γ_1 – удельный вес влажного воздуха, кг/м3;

K – поправочный коэффициент в упрощенном уравнении теплового баланса;

β_{kv} – коэффициент массоотдачи;

ζ, ξ – коэффициент сопротивления градирни;

g – ускорение свободного падения, м/с2

$f_{ор}$ – площадь орошения одной градирни (секции), м^2

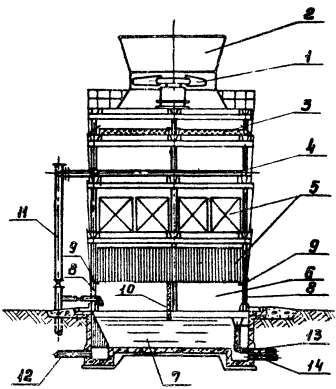


Рис.1. Схема вентиляторной градирни

1 - Вентилятор
2 - Выхлопной патрубок
3 - Водоуловитель
4 - Водораспределительное устройство (система)
5 - Оросительное устройство
6 - Воздухораспределительное пространство
7 - Водосборный бассейн
8 - Воздухозаборные окна
9 - Воздухонаправляющий козырек
10 - Ветровая перегородка
11 - Подводящий водовод
12 - Отводящий водовод
13 - Переливной водовод
14 - Грязевой водовод

РАЗДЕЛ Б

ВЕНТИЛЯТОРНЫЕ ГРАДИРНИ

2. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫБОРУ ТИПОВ, РЕЖИМОВ РАБОТЫ И РАСПОЛОЖЕНИЮ

2.I. Указания настоящей части "Руководства" распространяются на привязку и переработку типовых вентиляторных градирен.

2.2. Типовые и экспериментальные проекты вентиляторных градирен разработаны:

а) секционные и одновентиляторные;

б) наземные и расположенные на зданиях с плоской кровлей;

в) с пленочным, капельно-пленочным, капельным и брызгальным оросителями.

2.3. Выбор типа оросителя необходимо производить согласно п.I.4. При этом необходимо иметь в виду, что градирни с пленочным типом оросителя следует применять в следующих случаях:

а) для получения устойчивого и глубокого охлаждения, характеризующегося величиной $t_2 - \tau = 4 \div 5^{\circ}C$;

б) при размещении градирен на застроенной территории, характеризующейся отсутствием площади (градирни с капельным оросителем занимают на 30–40% площади больше, чем с пленочным оросителем);

в) для условий жаркого климата с расчетной температурой воздуха по влажному термометру выше $2I^{\circ}C$.

На рисунках 2,3,4 приведены конструкции оросителей.

2.4. Для охлаждения оборотной воды в количестве от 10 до 800 м3/ч для потребителей, находящихся внутри зданий, рекомендуется применение специальных вентиляторных градирен, предназначенных для размещения на зданиях с плоской кровлей. Допускается размещение градирен указанного типа на эстакадах. В этом случае они рассматриваются как градирни, расположенные на зданиях с плоской кровлей.

2.5. Для охлаждения оборотной воды в количестве от 100 до 10000 м3/ч следует применять многосекционные градирни с площадью каждой секции не более 200 м2.

2.6. Для охлаждения оборотной воды в количестве более 10000 м3/ч следует применять градирни с площадью секции 400 м2 и более, круглые, квадратные, многоугольные в плане, одновентиляторные или секционные.

2.7. Вентиляторные градирни, предназначенные для работы в сухих и влажных тропиках, должны быть снабжены специальными вентиляторами в тропическом исполнении.

2.8. Градирни, расположенные на зданиях с плоской кровлей, следует проектировать со стальными или алюминиево-магниевыми несущими конструкциями и поддонами.

2.9. Слой воды в поддонах градирен, расположенных на зданиях с плоской кровлей, не должен превышать 100-150 мм. Необходимый запас воды должен храниться в резервуаре, установленном в здании или вне его.

2.10. При работе градирен в зимнее время возникает опасность их обмерзания. Для предотвращения этого применяется следующее:

а) увеличение тепловой нагрузки на градирню, при этом плотность орошения должна увеличиваться не менее чем на 35% по сравнению с расчетной;

б) выключение вентилятора в зимнее время;

в) установка на воздуховходных окнах закрывающих щитов или противообмерзающих сопел (чертежи сопел приведены на рисунках 5,6);

г) реверсивная работа вентилятора (не более – 5–6 часов).

2.II. Вентиляторные градирни по типовым проектам Союзводоканалпроекта предназначены для охлаждения оборотной воды с перепадом температур до 20°С (охлаждение с перепадом близким к 20°С возможно при $t_2 - \tau$ –I2+I3°С).

2.I2. В тех случаях, если производительность секции по водораспределительной системе отличается от той, что заложена в проекте, систему необходимо пересчитать, диаметр труб и число устанавливаемых сопел привести в соответствие с расчетом.

Пример гидравлического расчета водораспределительной системы приведен на рисунке 7.

Производительность сопел и их количество определяется в зависимости от величины напора перед ними.

Для сопел тангенциального типа расчетный напор рекомендуется принимать 2+3,5 м вод.ст.(рис.8,I0).

Для сопел ударного типа – I,0+2,0 м вод.ст.(рис.5,6, 9).

2.I3. Высотное расположение вентиляторных градирен допускается изменять в сторону повышения, то есть бассейн градирни может быть вынесен из земли и установлен на поверхности. В этом случае боковые стенки бассейна должны быть утеплены специальными панелями или земляной обсыпкой.

2.I4. Вентиляторные градирни обеспечивают расчетные параметры охлаждения при условии выполнения их конструкций и монтажа оборудования в строгом соответствии с требованиями проектом и при правильной их эксплуатации.

2.I5. Характеристики типовых проектов градирен приведены:

а) секционные -рис. II,I2,I3; таблицы 2,3,4;

б) одновентиляторные - рис.I4, таблица 5;

в) градирни, расположенные на зданиях с плоской кровлей - рис.I5,I6; таблица 7.

2.I6. Расчет безвозвратных потерь воды.

При охлаждении воды в градирнях всегда происходят потери воды за счет испарения и уноса капельной влаги.

а) потери воды на испарение определяются по формуле:

$$G_{исп} = K_{исп} \cdot \Delta t \cdot G_к$$

где $K_{исп}$ - коэффициент, учитывающий долю теплоотдачи испарением в общей теплоотдаче

Коэффициент $K_{исп}$ определяется по таблице 55 СНиП II-3I-74 п.I0.7 в зависимости от температуры воздуха и изменяется от 0,00I до 0,00I6 при от $0^{o}C$ до $40^{o}C$

б) потери воды на унос могут быть установлены только экспериментально.

Согласно СНиП II-3I-74 п.I0.7 потери принимаются в размере 0,2 - 0,5% от циркуляционного расхода воды.

При этом нижний предел относится к градирням большой производительности.

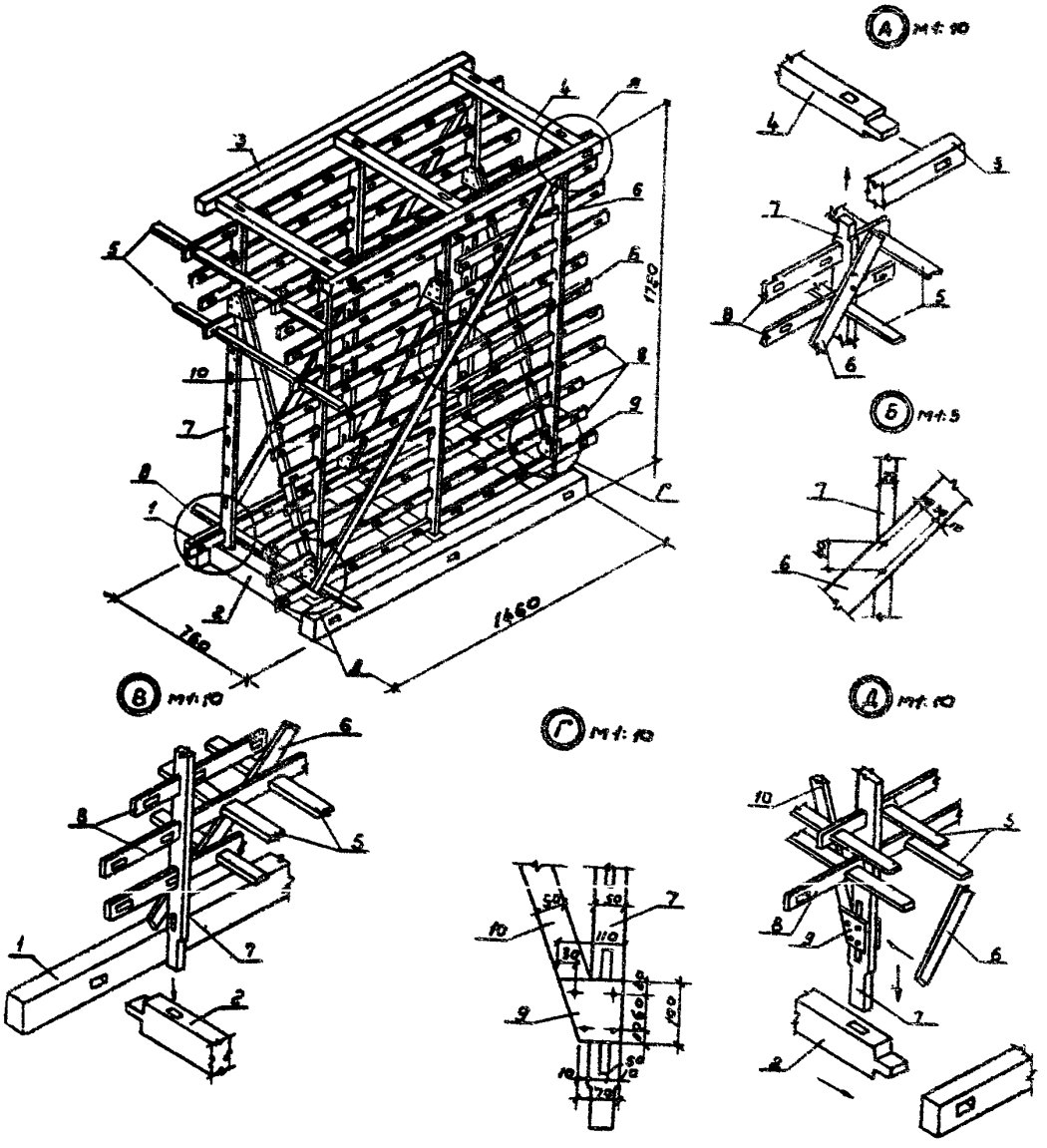


Рис. 2 Блок капельного орошителя

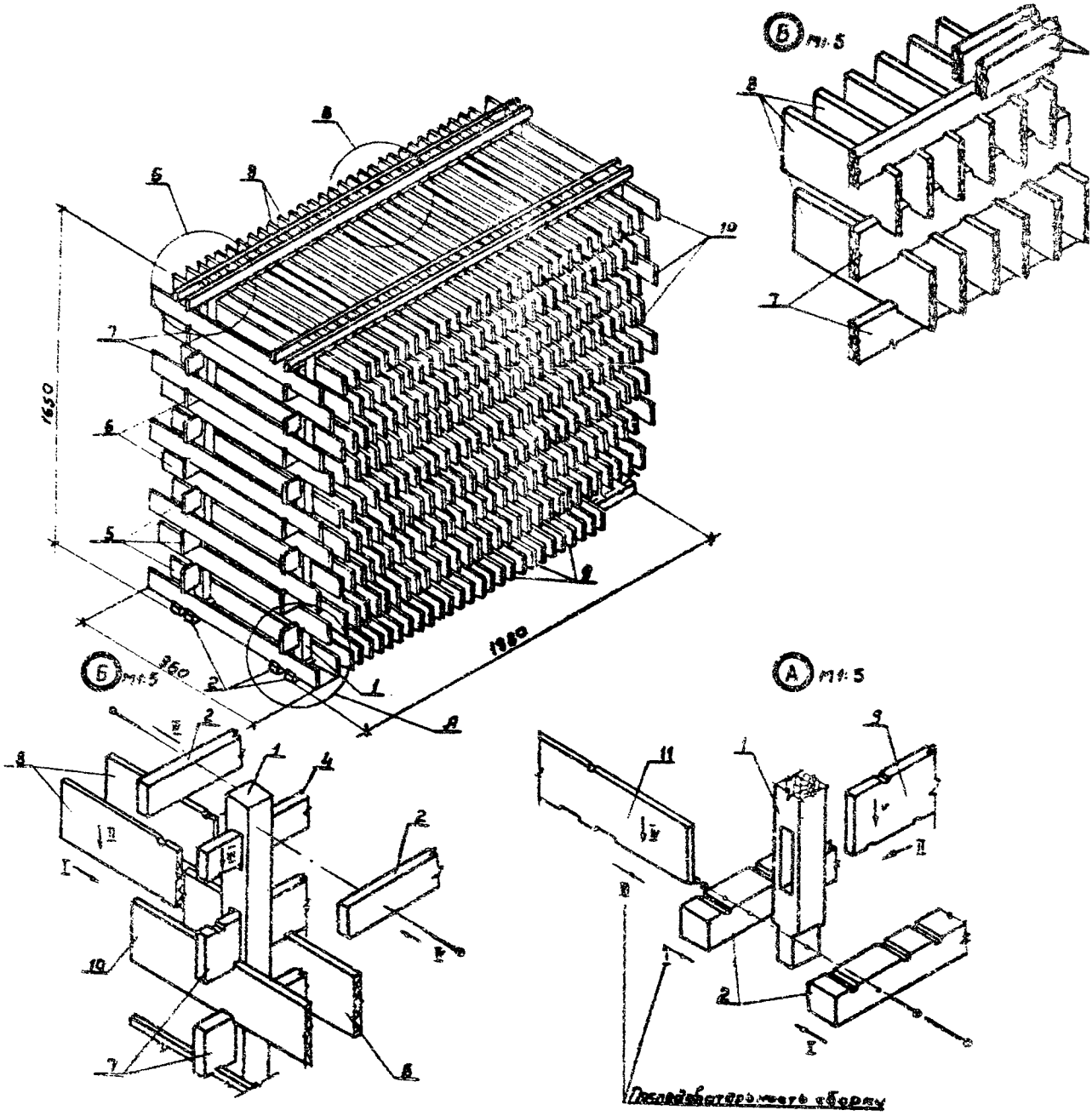
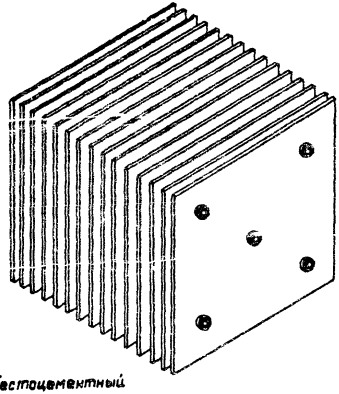
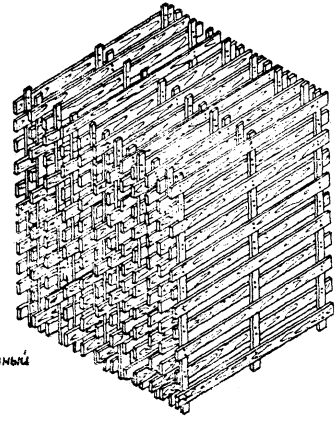


Рис. 3 Блок пленочного оросителя.

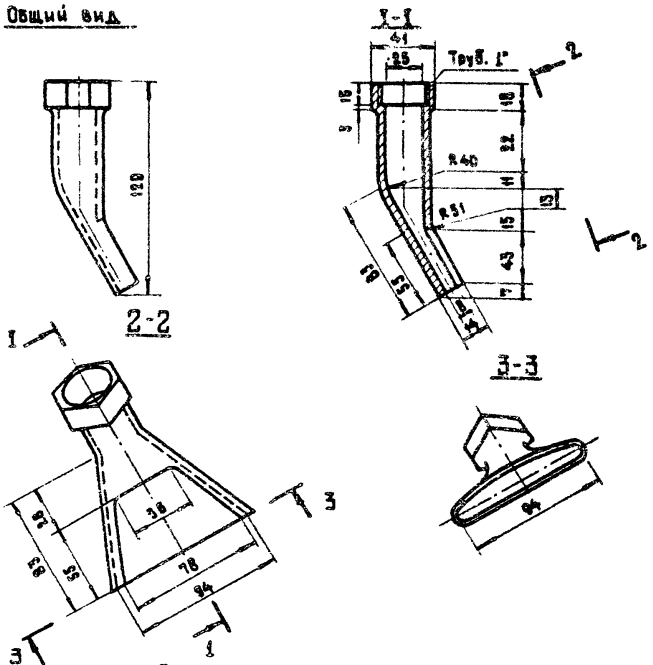


Асбестоцементный



Деревянный

Рис. 1 Типы пленочного оросителя



Рабочая характеристика

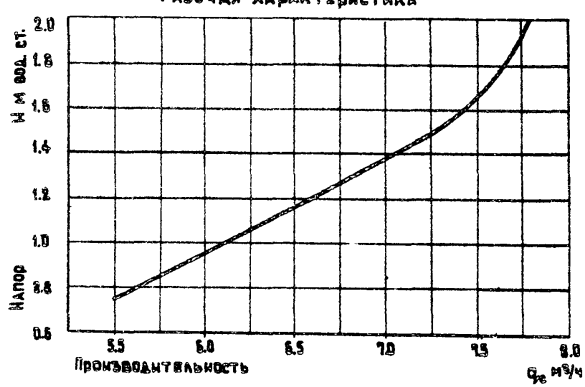
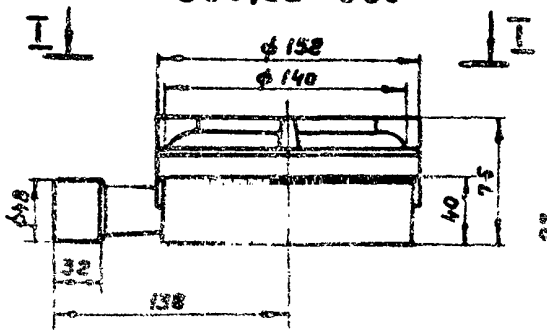
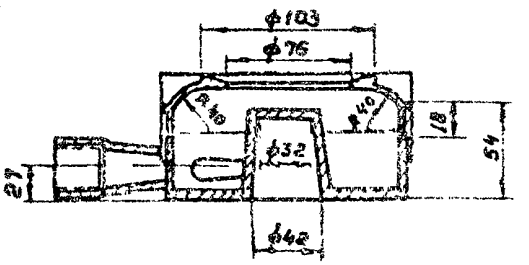


Рис. 5 Противообмерзающее сопло

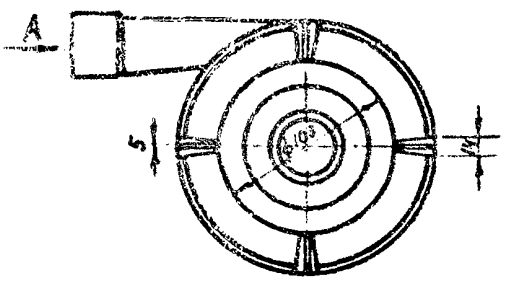
Общий вид



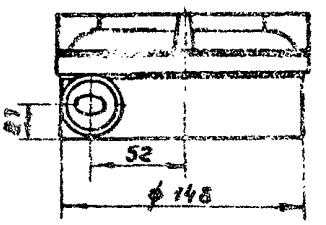
Разрез



I – I



Вид А



Рабочая характеристика

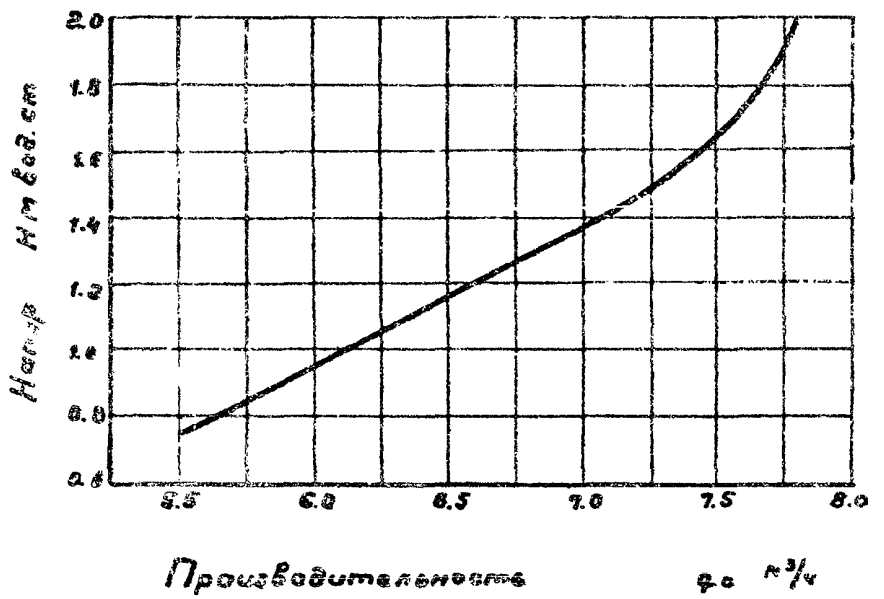
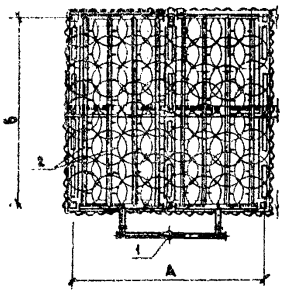


Рис. 6 Противообтерзающее сопло



Гидравлический расчет напорной системы заключается в определении диаметров труб и напора воды, при которых обеспечивается относительно равномерное распределение расходов воды через разбрызгивающие сопла.

А. Определение диаметра труб.

$G_ж$ – гидравлическая нагрузка на секцию, м³/ч;

$G_{п.тр}$ – расход воды в подводящем трубопроводе; м³/ч (1);

$G_р$ – расход воды в рабочем трубопроводе; м³/ч; (2);

$Q_{фс}$ – производительность разбрызгивающего сопла, м³/ч;

$N_п$ – количество подводящих труб;

N – количество рабочих труб;

n – количество сопел на рабочей трубе;

$\frac{G_ж}{G_{п.тр.}} = N_п$ количество и диаметр подбираются так, чтобы скорость воды в них не превышала 2 м/сек;

$\frac{G_ж}{G_р} = N$ количество и диаметр подбираются так, чтобы скорость воды в них не превышала 1,5 м/сек;

$\frac{G_р}{Q_{фс}} = n$ - $Q_{фс}$ - определяется по графику $Q_{фс} = f(H)$.

Б. Определение потребного напора в водораспределительной системе.

$H_{геом.}$ - геометрическая высота расположения водораспределительной системы (отметка оси системы);

$h_{сопла}$ - определяется по графику $Q_{фс} = f(H)$;

$\Sigma h_{местн. сопр.}$ - сумма местных сопротивлений принимается равной 1,0 м;

$\Sigma h_{дл.}$ - сумма сопротивлений по длине, определяется как сумма сопротивлений на расчетных участках,

($\Sigma h_{дл.} = h_1 + h_2 + h_3 \ldots$);

$H = H_{геом.} + h_{сопла} + \Sigma h_{местн. сопр.} + \Sigma h_{дл.}$

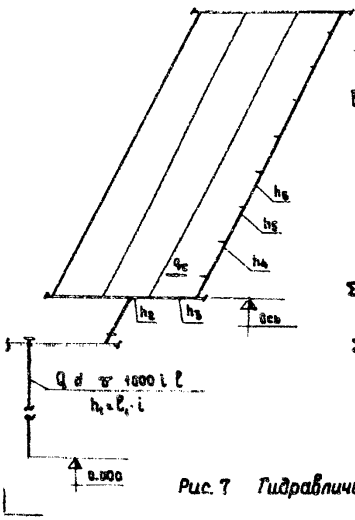
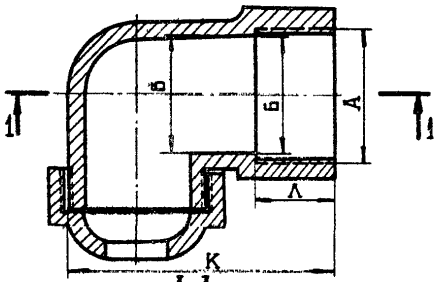


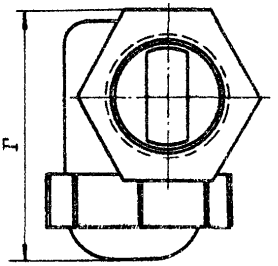
Рис. 7 Гидравлический расчет водораспределительной системы

16595

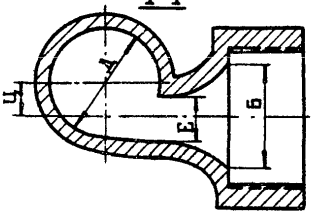
3-3



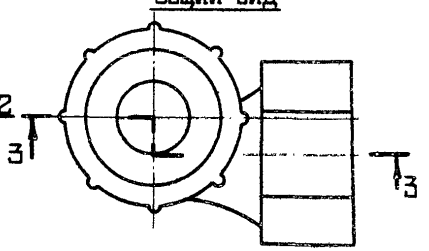
Вид 2



I-I



Общий вид



Основные размеры

Размер сопла, мм	Размеры, мм									
	Ду	А	Б	В	Г	Д	Е	К	Л	Ц
20 × 12	12	труб. 3/4"	20	18	44,5	25	10	63	14	8
32 × 16	16	труб. 1 1/4"	32	31	69	32	15	76	19	8,5

Рабочие характеристики

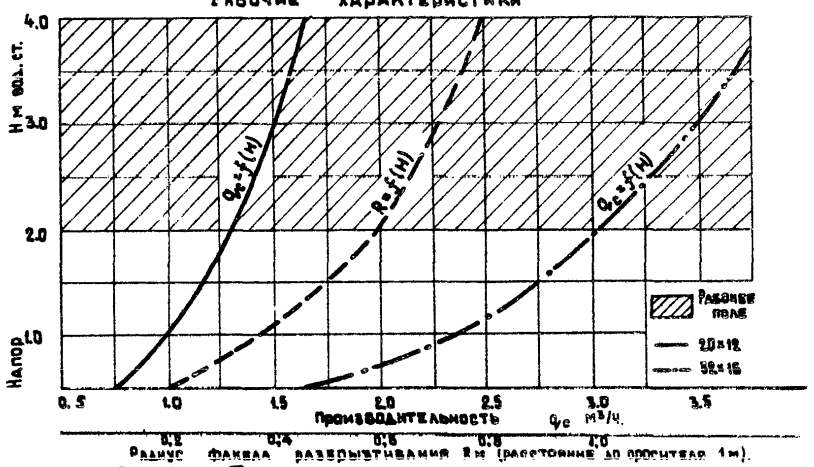
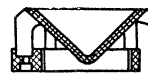


Рис. 8 Тангенциальное сопло

Общий вид



Рабочие характеристики

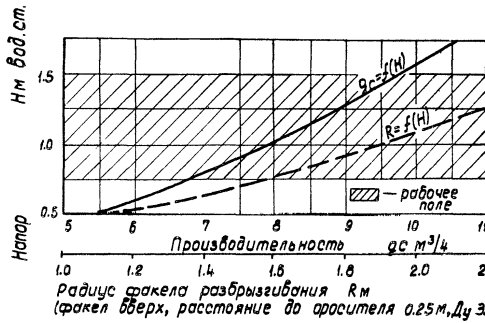
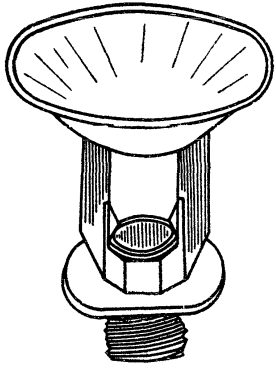


Рис.9 Сопло с рассекателем струи на отражателе

Общий вид



Рабочие характеристики

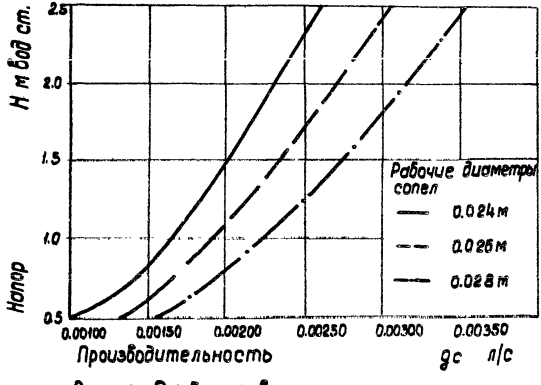
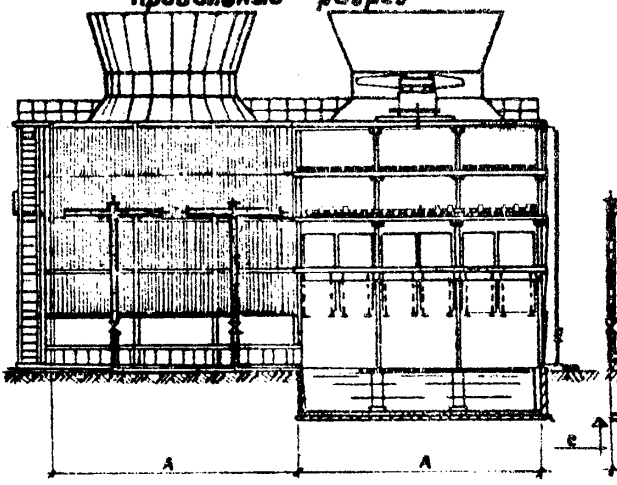
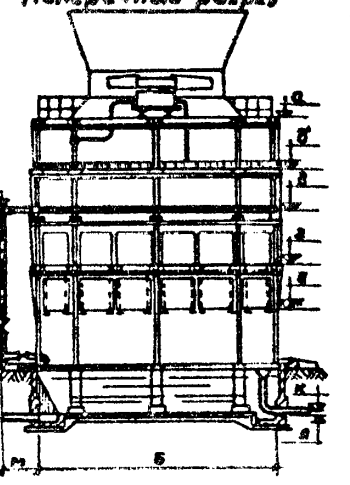


Рис. 10 Разбрызгивающее сопло конструкции ТЭПа

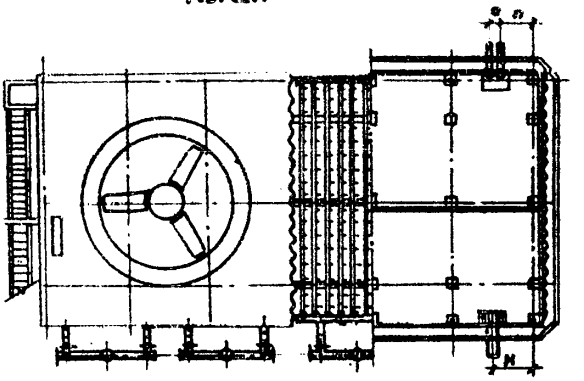
Продольный разрез



Поперечный разрез



План



Обозначение	Площадь секции в осях, м²			
	16	64	144	192
А	4.000	8.000	12.000	12.000
Б	4.000	8.000	12.000	16.000
а	8.370	9.900	11.900	11.900
б	6.750	8.500	9.725	9.725
в	6.810	6.500	7.750	7.750
г	3.850	3.800	5.020	5.020
д	1.450	1.950	2.800	2.800
м	1.200	2.800	2.000	2.000
н	2.000	2.000	2.000	2.000
п	1.800	1.600	1.500	1.600
с	0.400	0.800	0.900	0.800
е	-2.387	-2.410	-2.460	-2.410
к	-2.300	-2.288	-2.250	-2.250
л	-2.327	-2.340	-2.340	-2.340

Рис. 11 Вентиляторная градирня с железобетонным каркасом

Основные показатели вентиляторных градирен с железобетонным каркасом

Таблица 2

Номер проекта Исполнитель	Тип вентилятора	Площадь секции, м2	К-во секций	Тип оросителя	Расход материалов				Сметная стоимость, тыс.руб.			
					сталь, т		железобетон, м3	древесина, м3	общая	строительно-монтажных работ	оборудования	I м2 площади градирни
					строительная часть	технологическая часть						
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3
90I-6-56	2ВГ25	I6		капельный				6,4	I4,64	II,0I		0,46
СВКП			2	пленочный	3,9	I,4	26,9	I6,2	I6,56	I2,93	3,63	0,52
ПСП				брызгальный				2,I	I3,99	I0,36		0,44
РВКП				капельный				9,5	20,9I	I5,47		0,44
			3	пленочный	5,3	2,0	34,8	22,7	23,49	I8,05	5,44	0,49
				брызгальный				3,I	I9,92	I4,48		0,42
				капельный				I2,6	27,48	20,29		0,43
			4	пленочный	6,7	2,8	42,8	3I,6	3I,20	24,0I	7,I9	0,49
				брызгальный				4,I	26,I6	I8,97		0,4I

165595

Продолжение таблицы 2

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3
				капельный				I5,7	33,57	24,67		0,42
			5	пленочный	8,0	3,4	5I,4	39,3	38,I9	29,29	8,90	0,48
				брызгальный				5,I	3I,93	23,03		0,40
				капельный				I8,8	39,65	28,94		0,4I
			6	пленочный	9,4	3,9	60,2	47,0	45,I8	34,47	I0,7I	0,47
				брызгальный				6,I	37,68	26,97		0,39
90I-6-5I	2ВГ50	64		капельный				20,7	44,65	3I,83		0,35
СВКП			2	пленочный	I4,5	4,9	II9,6	75,9	54,97	42,I5	I2,82	0,43
ПСП				брызгальный				I8,4	43,83	3I,00		0,34
Б.О.ЩСК												
РВКП				капельный				30,8	63,97	45,00		0,33
			3	пленочный	I9,7	6,8	I70,9	II3,0	79,33	60,36	I8,97	0,4I
				брызгальный				27,7	62,80	43,83		0,33
				капельный				4I,0	84,49	59,3I		0,33
			4	пленочный	25,3	9,8	226,7	I50,2	I04,90	79,72	25,I8	0,4I
				брызгальный				36,8	82,9I	57,73		0,32

4595

Продолжение таблицы 2

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3
90I-6-48	2ВГ70	I44		капельный				5I,2	I05,83	74,45		0,33
СВКП			5	пленочный	30,4	II,5	227,5	I87,4	I3I,29	99,9I	3I,33	0,4I
ПСП				брызгальный				45,8	I03,84	72,46		0,32
Б.О.ЩСК			2	пленочный	52,7	I6,8	229,0	I60,0	III,77	87,2I	24,56	0,39
			3	пленочный	76,4	25,4	335,0	238,0	I63,44	I27,04	36,38	0,38
Взамен	2ВГ70	I92		капельный	40,0	I4,3	5I8,0	56,6	97,0I	77,78	I9,23	0,25
90I-6-43			2	брызгальный	38,9	I4,9	472,0	35,4	88,67	69,44		0,23
СВКП				капельный	55,6	23,5	76I,0	84,9	I42,45	II3,62	28;83	0,25
ПСП				брызгальный	54,5	22,3	69I,0	52,8	I25,62	I00,79		0,23
Б.О.ЩСК												
РВКП												

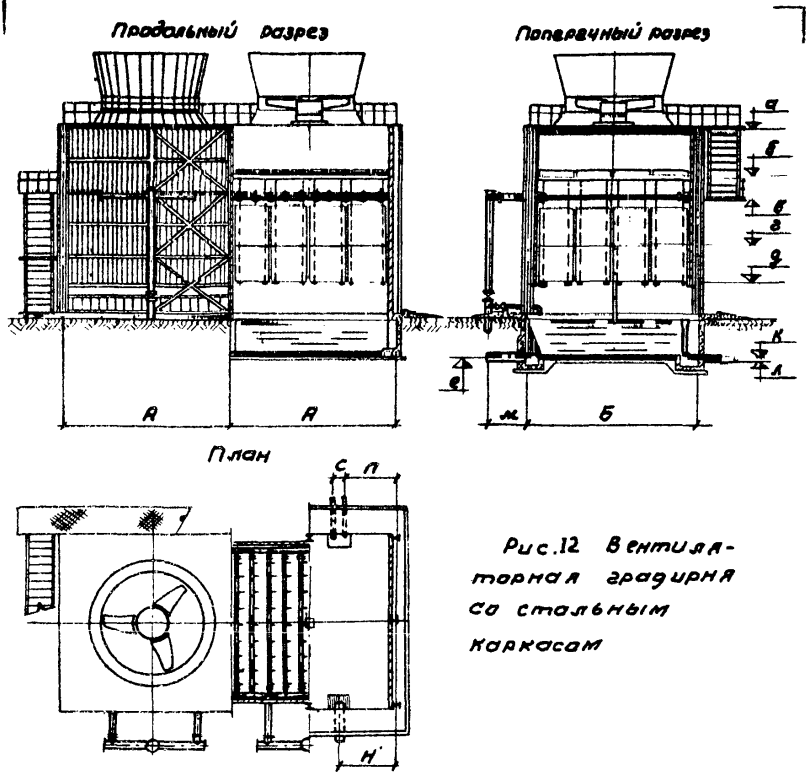


Рис.12 Вентиляторная градирня со стальным каркасом

Обозначение	Площадь секции в осях, м²					
	2	8	16	64	144	192
А	1.250	2.250	4.000	8.000	12.600	12.500
Б	2.450	4.450	4.600	8.000	12.600	16.600
а	0.000	0.000	8.800	9.000	11.400	12.000
б	5.945	6.357	7.120	7.300	9.175	9.775
в	5.900	6.300	6.700	6.900	7.600	8.200
г	3.560	3.530	3.950	4.150	4.950	5.175
д	1.600	1.850	1.675	1.875	2.675	3.275
м	1.100	1.300	1.500	1.610	1.707	1.650
Н	1.250	1.250	2.000	2.000	2.000	2.000
П	0.500	0.500	2.000	2.000	1.750	2.000
С	0.750	0.750	1.000	0.500	0.500	0.500
е	-1.866	-1.800	-2.237	-2.090	-2.040	-2.090
К	-1.677	-1.677	-1.550	-2.275	-2.275	-2.275
Л	-2.167	-2.167	-2.327	-2.300	-2.300	2.300

Основные показатели вентиляторных градирен со стальным каркасом

Таблица 3

Номер проекта исполнители	Тип вентилятора	Площадь секции, м2	К-во секций	Тип оросителя	Расход материалов				Сметная стоимость, тыс.руб			
					сталь, т		железобетон, м3	древесина, м3	общая	строительно-монтажных работ	оборудования	1м2 площади градирни
					строительная часть	технологическая часть						
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3
90I-6-52 СВКП ПСП РВКП Б.О. ЦПСК	06-300 № 8	2	2	капельный				0,7	2,34	2,09	0,25	0,45
				пленочный	2,5	0,2	6,I	I,7	2,53	2,28		0,49
			3	капельный				I,I	3,08	2,72		0,4I
				пленочный	3,I	0,3	7,7	2,5	3,35	2,99	0,36	0,45
			4	капельный				I,5	4,0I	3,5I		0,40
				пленочный	3,8	0,4	I0,3	3,3	4,37	3,87	0,50	0,44
			5	капельный				I,8	4,76	4,I5		0,39
				пленочный	4,5	0,5	II,9	4,I	5,22	4,62	0,6I	0,43
			6	капельный				2,2	5,64	4,92		0,39
				пленочный	5,I	0,6	I4,6	4,9	6,I9	5,47	0,72	0,42
90I-6-50 СВКП ПСП Б.О. ЦПСК РВКП	06-320 № I2,5	8	2	капельный				4,5	5,I6	4,52	0,54	0,32
				пленочный	6,0	I,0	I4,6	II,2	6,55	6,0I		0,4I
			3	капельный				6,2	6,84	6,I3		0,28
				пленочный	7,7	I,4	I8,9	I7,2	8,89	8,I8	0,7I	0,37

16595

Продолжение таблицы 3

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3
90I-6-59 СВКП ПСП РВКП Б.О.ЩПСК	2ВГ25	I6	2	капельный пленочный брызгальный	7,I	I,6	27,6	I5,5 2I,9 I4,2	I2,35 I3,80 II,95	8,74 I0,I9 8,34	3,6I	0,39 0,43 0,37
			3	капельный пленочный брызгальный	9,7	2,3	37,2	2I,8 3I,4 I9,7	I7,70 I9,88 I7,II	I2,34 I4,52 II,75	5,36	0,37 0,4I 0,36
			4	капельный пленочный брызгальный	I2,2	3,2	48,4	28,I 40,8 25,3	23,03 25,94 22,23	I5,96 I8,87 I5,I6	7,07	0,36 0,4I 0,35
			5	капельный пленочный брызгальный	I4,8	4,0	58,I	34,4 50,3 30,9	27,94 3I,58 26,95	I9,II 22,75 I8,I2	8,83	0,35 0,39 0,34
			6	капельный пленочный брызгальный	I7,5	4,6	67,6	44,2 60,2 3€,9	33,52 37,85 32,33	23,00 27,33 2I,80	I0,52	0,35 0,39 0,34
90I-6-58 СВКП ПСП РВКП Б.О.ЩПСК	2ВГ25	I6	2	пленочный асбестоцем.	9,0	I,4	27,6	9,0	I8,72	I5,08	3,64	0,59
			3	пленочный асбестоцем.	I2,6	2,0	37,2	I2,0	27,25	2I,80	5,43	0,57
			4	пленочный асбестоцем.	I6,0	2,8	48,4	I5,0	35,95	28,77	7,I9	0,56

Продолжение таблицы 3

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3
			5	пленочный асбестоцем.	I9,4	3,5	58,I	I8,0	44,I4	35,38	8,77	0,55
			6	пленочный асбестоцем.	23,0	4,I	67,6	2I,5	52,37	4I,99	I0,39	0,55
90I-6-29 СВКП ПСП ЦПСК ТПЭП	IBГ50	64	2	капельный				35,6	50,93	30,7I		0,40
				пленочный	20,I	6,I	93,6	I04,9	66,63	46,4I	20,22	0,53
				брызгальный				29,9	49,78	29,56		0,39
			3	капельный				54,2	73,75	43,97		0,39
				пленочный	27,0	9,0	I33,9	I53,I	93,74	63,96	29,78	0,50
				брызгальный				45,9	72,07	42,29		0,38
			4	капельный				72,3	96,03	56,84		0,39
				пленочный	34,8	II,4	I76,3	2II,7	I24,2I	85,02	39,I9	0,49
				брызгальный				6I,3	93,82	54,63		0,38
			5	капельный				90,9	II9,63	70,67		0,38
				пленочный	40,6	I5,0	2I7,0	262,4	I54,30	I05,34	48,96	0,49
				брызгальный				77,3	II6,83	67,92		0,38
90I-6-47 СВКП Р.О.ПСП Б.О.ЦПСК	2BГ70	I44	2	пленочный	6I,8	I5,0	I68,0	I33,0	93,I6	68,80	24,36	0,30
			3	пленочный	88,2	22,3	245,0	20I,0	I36,I7	I00,09	36,08	0,29

165585

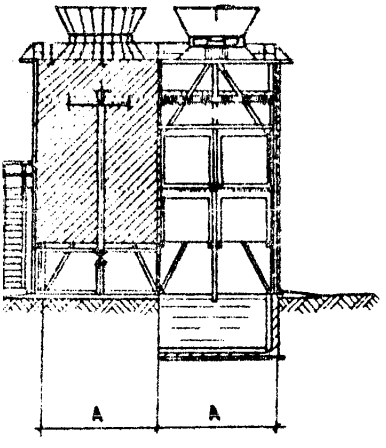
Продолжение таблицы 3

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3
90I-6-46	2ВГ 70	I92	2	капельный				80,4	9I,32	66,83		0,24
СВКП				брызгальный	77,3	I6,0	2I5.6	7I,2	88,29	63,80	24,49	0,23
Р.О.ПСП												
Б.О.			3	капельный				I25,4	I32,93	96,83		0,23
ЦПСК				брызгальный	I08,2	24,I	3I3,9	III,6	I28,38	92,28	36,I0	0,22

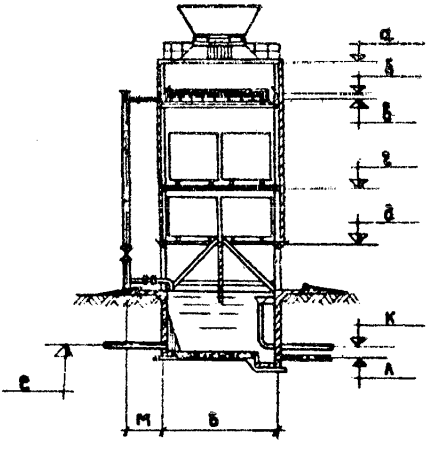
16595

16595

Продольный разрез



Поперечный разрез



План

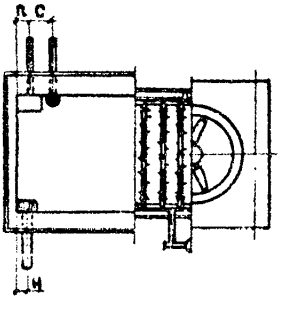


Рис. 13 Вентиляторная градирня с деревянным каркасом

Обозначение	Площадь секции в осях, м²			
	2	8	16	64
А	2.320	2.000	4.000	8.000
Б	2.320	4.000	4.000	8.000
В	0.000	0.000	8.200	9.000
Г	6.000	8.200	6.942	7.500
Д	5.800	7.004	6.897	6.900
Е	3.350	4.300	3.800	4.200
Ж	1.800	2.100	1.600	2.000
М	1.250	1.400	1.350	1.900
Н	0.600	0.500	0.650	2.000
П	0.450	0.400	0.500	0.700
С	0.400	0.750	0.750	0.600
Р	-1.870	-1.648	-1.774	-2.090
К	-1.700	-1.676	-1.700	-2.275
А	-2.200	-2.215	-2.220	-2.327

Основные показатели вентиляторных градирен с деревянными каркасами

Таблица 4

Номер проекта Исполнители	Тип вентилятора	Площадь секции, м2	К-во секций	Тип ороситеся	Расход материалов				Сметная стоимость, тыс.руб.			
					сталь, т		железобетон, м3	древесина, м3	общая	строительно-монтажных работ	оборудования	I м2 площади градирни
					строительная часть	технологическая часть						
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3
90I-6-53	06-300	2		капельный				5,7	2,3I	2,04		0,38
СВКП	№ 8		2	пленочный	0,3	0,2	6,2	6,7	2,50	2,23	0,27	0,4I
ПСП												
РВКП				капельный				7,6	3,I4	2,74		0,35
			3	пленочный	0,4	0,3	8,I	8,9	3,4I	3,0I	0,40	0,39
			4	капельный				9,5	4,08	3,54		0,33
				пленочный	0,5	0,4	II,2	II,3	4,44	3,90	0,54	0,36
			5	капельный				II,2	4,78	4,II		0,3I
				пленочный	0,5	0,5	I2,7	I3,8	5,27	4,60	0,67	0,35

165595

Продолжение таблицы 4

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3
			6	капельный				I3,3	5,78	4,97		0,3I
				пленочный	0,6	0,6	I6,I	I6,I	6,33	5,52	0,8I	0,34
90I-6-49	06-300	8		капельный				I5,3	5,42	4,89		0,3I
СВКП	№I2,5		2	пленочный	2,2	0,9	I2,4	22,7	6,7I	6,I8	0,53	0,39
ПСП												
РВКП				капельный				20,8	7,24	6,54		0,27
			3	пленочный	2,8	I,2	I6,2	3I,9	9,I8	8,48	0,70	0,35
90I-6-39	IВГ25	I6		капельный				29,4	I4,60	8,95		0,46
			2	пленочный	3,8	I,8	I8,6	45,I	I7,49	II,84	5,65	0,55
			3	капельный	3,8	2,5	25,7	40,4	22,30	I2,68		0,46
				пленочный				63,9	26,65	I7,03	9,62	0,55
			4	капельный	5,9	3,6	34,3	5I,6	28,42	I6,38	I2,04	0,44
				пленочный				82,6	34,I7	22,I3		0,53
			5	капельный	7,3	4,0	4I,4	62,6	35,36	20,03	I5,33	0,44
				пленочный				I0I,4	42,54	27,2I		0,53

4595

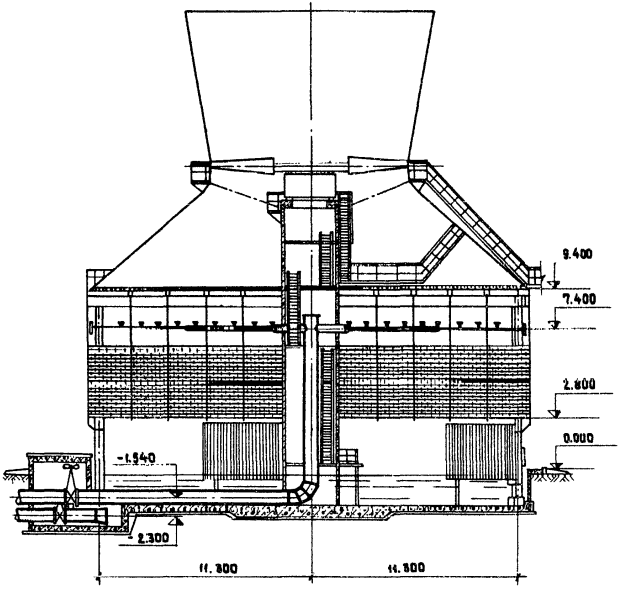
Продолжение таблицы 4

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3
			6	капельный	8,6	4,8	48,5	73,6	4I,54	23,65	I7,89	0,43
				пленочный				I20,0	50,I4	32,25		0,52
90I-6-34	IBГ 50	64	2	капельный	II,I	7,8	6I,3	27,0	46,68	29,04	I7,64	0,23
СВКП				пленочный				I53,0	58,08	40,44		0,45
ПСП												
РВКП			3	капельный	I5,4	I3,4	85,8	4I,0	70,02	43,57	26,45	0,23
				пленочный				226,3	87,II	60,66	26,	0,45
			4	капельный	20,5	I5,6	II8,2	52,7	92,65	57,38		0,23
				пленочный				296,3	II5,44	80,I7	35,27	0,45
			5	капельный	25,4	20,3	I42,8	67,0	II4,84	70,75	47,09	0,23
				пленочный				369,0	343,32	99,23		0,45

16595

16595

Разрез вградирни



План

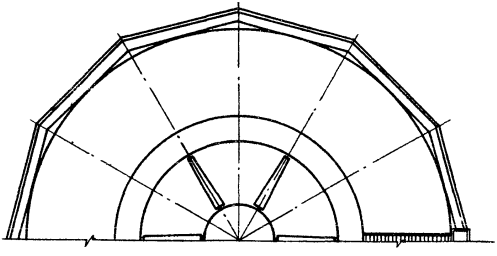


Рис. 14 Одновентиляторная вградирня площадью 400 кв.м с вентилятором 1В7-104

Основные показатели одновентиляторной градирни площадью 400 м2

Таблица 5

Номер проекта	Тип вентилятора	Площадь градирни, м2	Тип оросителя	Расход материалов				Сметная стоимость, тыс.руб.			
				сталь, т		железобетон, м3	древесина, м3	общая	строительно-монтажных работ	оборудования	I м2 площади градирни
				строительная часть	технологическая часть						
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2
Т-2I53	IВГ I04	400	пленочный	60,0	I9,36	327,9	I95,6	I34,94	I09,09	25,85	0,337
			капельный	60,0	I9,36	327,9	I00,6	II7,84	9I,99		0,295

Примечание; Проект распространяется Союзводоканалпроектом

19595

16595

РАЗРЕЗ ГРАДИРНИ

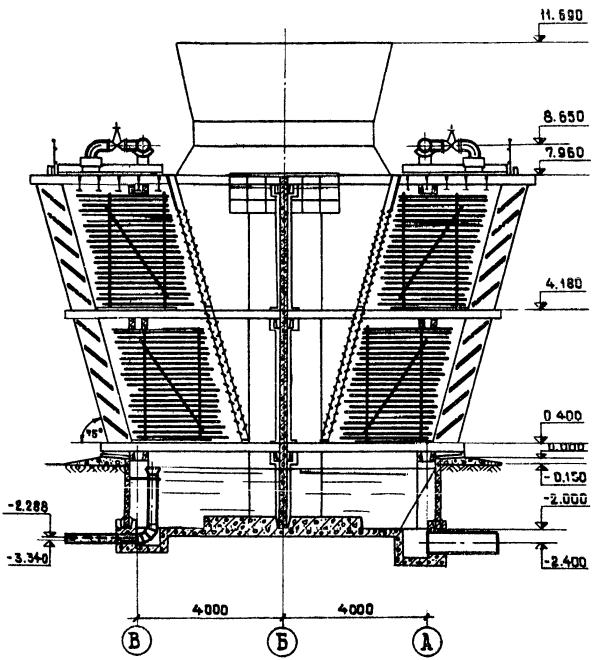


Рис. 14' Поперечноточная градирня

Основные показатели поперечноточной градирни

Таблица 6

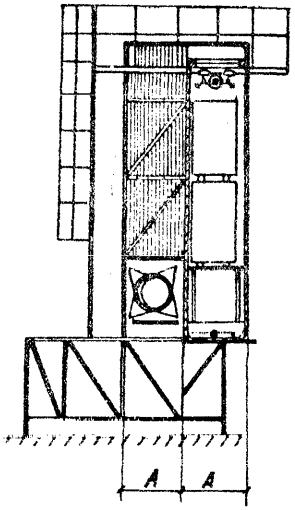
Номер проекта	Тип вентилятора	Объем оросительного пространства, м3	Тип оросителя	Расход материалов					Сметная стоимость, тыс.руб.		
				сталь, т		железобетон, м3	древесина, м3	общая	строительная часть	оборудования	I м3 объема градирни
				строительная часть	технологическая часть						
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2
Т-2348	2ВГ50	3I4	капельный	28,7	6,82	209,9	52,85	94,II	69,38	24,74	0,300

Примечание: Проект распространяется Союзводоканалпроектом

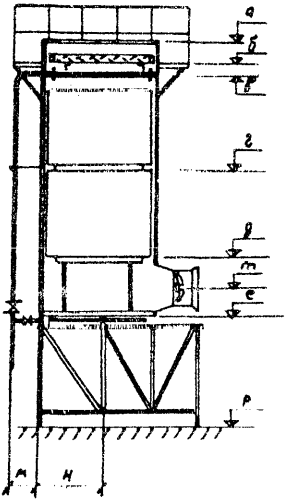
16525

16595

Продольный разрез



Поперечный разрез



План

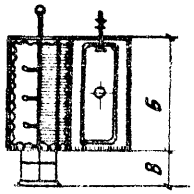


Рис. 15 Вентиляторная градирня, расположенная на зданиях с плоской кровлей

Обозначение	Площадь секции в осях, м²			
	2	8	8	16
А	1.150	2.000	2.200	4.000
б	2.150	4.000	4.200	4.000
в	0.850	1.200	1.050	—
г	5.800	3.000	6.800	4.900
д	5.400	—	6.350	3.850
е	5.275	2.800	6.300	3.850
ж	2.750	—	3.775	—
з	1.000	0.200	2.000	1.000
т	0.500	1.200	0.945	—
м	0.500	0.500	0.850	0.500
н	1.075	2.000	2.100	2.000
е	-0.180	0.115	-0.200	-0.180
р	-1.900	-1.400	-1.900	-1.200

Основные показатели градирен, расположенных на зданиях с плоской кровлей

Таблица 7

Номер проекта / Исполнители	Тип вентилятора	Площадь секции, м2	К-во секций	Тип оросителя	Расход материалов: сталь, т: строительная часть	сталь, т: технологическая часть	древесина, м3	алюминий, т	Сметная стоимость, тыс.руб: общая	строительно-монтажных работ	оборудования	I м2 площади градирни
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3
90I-6-55 СВКП Б.О. ШСК РВ КП	06-300 № 8	2	2	капельный пленочный	3,9	0,2	0,8 I,8		2,I6 2,35	I,85 2,04	0,3I	0,44 0,46
			3	капельный пленочный	4,7	0,3	I,I 2,7		2,75 3,26	2,35 2,86	0,40	0,37 0,44
			4	капельный пленочный	5,3	0,4	I,5 3,6		3,38 3,80	2,84 3,26	0,54	0,34 0,38
			5	капельный пленочный	5,9	0,5	I,9 4,6		4,06 4,55	3,39 3,88	0,67	0,33 0,37
			6	капельный пленочный	6,7	0,6	2,2 5,5		4,70 5,36	3,89 4,55	0,8I	0,32 0,36
90I-6-54 СВ КП Б.О. ШСК РВКП	06-300 № I2,5	8	2	капельный	I,7	0,5		0,8 / 0,4 (I)	7,30	6,75	0,55	0,46
			3	капельный	I,7	0,7		I,I / 0,6 (I)	I0,44	9,72	0,72	0,44

47

/4595

Продолжение таблицы 7

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3
90I-6-5/75(2)	06-300	8	2	капельный	7,0	0,6	2,7		4,3I	3,23	I,08	0,27
СВКП	№I2,5			пленочный			2,9		6,23	5,72	0,5I	0,39
Б.О.ЦПСК			3	капельный	8,6	0,8	4,I		5,8I	4,28	I,53	0,24
РВКП				пленочный			4,3		8,69	8,02	0,67	0,36
			5	капельный	I3,4	I,4	6,8		9,30	6,83	2,47	0,23
				пленочный			7,I		I4,I0	I3,03	I,07	0,35
Взамен (3)	IBГ 25	I6		капельный	8,8	I,2	4,8I	-	I0,II	6,89		0,32
90I-6-40			2	пленочный			9,7	-	II,07	7,85	3,22	0,35
СВКП												
Б.О.ЦПСК				капельный	II,6	I,8	7,2	-	I4,I3	9,34	4,79	0,29
РВКП			3	пленочный			I4,5	-	I5,7I	I0,92		0,33

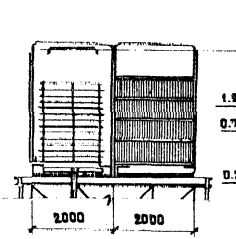
I. В числителе даны цифры для строительной части, в знаменателе - для технологической части

2. В проекте разработан вариант с оросителем из винипластовой пленки

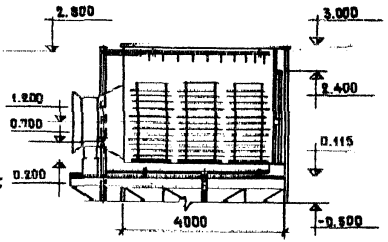
3. В проекте разработан вариант с оросителем из перфорированной винипластовой пленки и водораспределительной системой из полиэтиленовых труб.

165535

Продольный разрез



Поперечный разрез



План

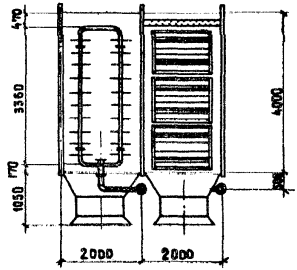


Рис. 16 Градирня с вентилятором ОБ-300 №12,5 поперечно-точная объемом 24 м³, каркас и обшивка из алюминиево-магниевых сплавов

3. ТЕПЛОВОЙ И АЭРОДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТЫ ВЕНТИЛЯТОРНЫХ ГРАДИРЕН

3.1. Общая часть

Тепловой и аэродинамический расчеты вентиляторных градирен необходимы как при проектировании, так и при привязке проектов этих сооружений к местным метеорологическим условиям с учетом требований к температуре охлажденной воды.

При проектировании новых градирен предварительно разрабатывают тип и конструкцию градирни, намечают тип вентилятора, выбирают основные размеры градирен (секции), ее воздухоходных окон, воздухораспределителя, оросителя, водоуловителя, водораспределителя и др. элементов. При привязке проектов эти параметры известны из проекта.

3.2. Исходные данные для расчета

При тепловом расчете необходимо иметь следующие исходные данные: гидравлическую нагрузку или общий расход охлаждаемой воды $G_ж$, температуру воды на входе t_1 и на выходе из градирни t_2 °С; параметры наружного воздуха: температуру наружного воздуха по сухому термометру ϑ_1, °С и относительную влажность φ_1, в долях единицы или в процентах, барометрическое давление $P_Б$ кг/м2 (мм рт.ст., Па). Вместо φ_1 может быть дана температура воздуха по влажному термометру τ_1. По двум заданным параметрам может быть определен третий, для чего служит психрометрическая диаграмма на рис. I7 или "Психрометрические таблицы".

Расчет градирен рекомендуется производить исходя из среднесуточных значений температуры и влажности атмосферного воздуха в летние месяцы по многолетним наблюдениям. В качестве расчетных должны, обычно, приниматься такие среднесуточные значения ϑ_1 и τ_1, которые могут быть превышены только не более IO дней в году (обеспеченность 2,74%), а при более жестких требованиях – не более 5 дней в году (обеспеченность I,37%).

Среднесуточные температуры и влажности вычисляются по данным трехкратных замеров этих величин в течение дня: в

Рис. 11 Психрометрическая диаграмма

7 час 00 мин, 13 час 00 мин и 19 час 00 мин. Данные этих замеров для района строительства (или близлежащего района) можно получить в территориальных управлениях Гидрометеослужбы.

При отсутствии данных о среднесуточных температуре и влажности воздуха в летние месяцы по многолетним наблюдениям или длительности стояния этих параметров для теплового расчета градирен могут быть использованы средние температура и влажность в 13 час 00 мин для наиболее жаркого месяца по материалам, приведенным в СНиП П-А.6-72 "Строительная климатология и геофизика". При этом к температуре воздуха по влажному термометру рекомендуется прибавлять 1÷3°С в зависимости от технологии производства.

Среднесуточные метеорологические условия различной обеспеченности за летний период года (июнь, июль, август)

Таблица 8

Пункты наблюдений	Обеспеченность 1%			Обеспеченность 5%			Обеспеченность 10%		
	ϑ_1	φ_1	τ_1	ϑ_1	φ_1	τ_1	ϑ_1	φ_1	τ_1
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0
Алма-Ата	32	28	I9,8	27,7	3I	I7,4	26,5	34	I7
Астрахань	30,4	52	23,2	28,8	55	22,4	27,8	56	2I,6
Ашхабад	36,3	I8	20,2	34,8	20	I9,8	33,9	22	I9,7
Волгоград	3I	33	20	28,9	37	I9,3	27,6	42	I3,2
Горький	26,8	48	I9,6	24	52	I7,8	22,7	56	I7,3
Иркутск	22	63	I7,6	20,5	68	I6,9	I9,7	7I	I6,5
Казань	26,8	43	I8,7	24,6	5I	I8,2	23,4	55	I7,8
Краснодар	28	55	2I,6	26,5	57	20,6	25,5	59	20,I
Красноярск	24,4	55	I8,6	22,5	6I	I7,8	2I,4	64	I7,2
Ленинград	26	56	20,I	23,2	60	I8,3	2I,7	63	I7,4
Луганск	30,I	30	I8,8	27	37	I7,8	25,7	44	I8

Продолжение таблицы 8

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0
Москва	27	55	20,8	24,5	57	I9	22,9	59	I7,9
Новосибирск	25,4	54	I9,3	23,3	59	I8,2	22	63	I7,6
Омск	27,4	44	I9,4	24,I	50	I7,6	22,5	55	I7
Свердловск	25,8	49	I8,8	23,2	57	I7,8	2I,5	62	I7
Ташкент	3I,2	37	2I	29,4	38	I9,8	28,6	40	I9,6
Томск	24,3	60	I9,2	22,3	64	I8	2I	68	I7,4
Тула	25,5	56	I9,6	23,I	60	I8,2	2I,6	69	I7,3
Уфа	27,6	44	I9,5	25,3	48	I8,3	23,8	53	I7,8
Харьков	28,5	38	I9,2	26,4	45	I8,8	24,9	52	I8,6
Челябинск	26	5I	I9,4	23,7	54	I5,8	22,4	58	I7,3

Указанные в таблице 8 обеспеченность 1% соответствует примерно 0,25% обеспеченности в размере всего года; аналогично обеспеченности 5% соответствует 1,25%; обеспеченности 10% - 2,5%. Обеспеченности 1% в разрезе трех месяцев соответствует продолжительность стояния температур и влажности воздуха примерно 1 день в году.

3.3. Цель расчета

Конечной целью расчетов является нахождение числа градирен (или секций, если градирни секционные), обеспечивающих охлаждение заданного количества воды кг/ч от температуры t_1°С до температуры t_2°С при расчетных параметрах атмосферного воздуха: температуре ϑ_1°С по сухому термометру и относительной влажности воздуха φ_1%.

На страницах 69÷72 приведена табличная форма расчета противоточных градирен.

3.4. Этапы расчета противоточных градирен

На первом этапе расчета определяется удельный расход

воздуха λ кг/кг. Для определения величины λ вычисляются вспомогательные величины: y, U, R по формулам:

$$y = \frac{i_1'' - i_1 - \delta i''}{i_2'' - i_1 - \delta i''}; \qquad (1)$$

$$U = \frac{(t_1 - t_2) \cdot c_x}{\kappa \cdot (i_2'' - i_1 - \delta i'')}; \qquad (2)$$

$$R = \frac{U^{1-m}}{A \cdot h}; \qquad (3)$$

По графикам рис.24÷34 определяется вспомогательная величина x в зависимости от y и R. Далее вычисляется величина λ по формуле;

$$\lambda = \frac{U}{x} \qquad (4)$$

Величины теплосодержаний (энтальпий) определяются по номограмме рис.22:

$i_1'' = f(t_1, \varphi, P_б)$, ккал/кг, кдж/кг при 100%

$i_2'' = f(t_2, \varphi, P_б)$, ккал/кг, кдж/кг при = 100%

$i_1 = f(\vartheta_1, \varphi_1, P_б)$, ккал/кг, кдж/кг

Величина поправочного коэффициента в упрощенном уравнении теплового баланса $\kappa = f(t_2)$ определяется по графику рис.23.

Значения коэффициента А и показателя степени m принимаются в зависимости от выбранной конструкции оросителя по рис.18 и табл.9.

По типовым проектам коэффициенты А и m приведены в таблице 10.

Величина $\delta i''$ вычисляется по формуле:

$$\delta i'' = \frac{i_1'' + i_2'' - 2 i_m}{4}. \qquad (5)$$

Здесь величина i''_m определяется по номограмме рис. 22 в зависимости от P_s и $t_{ср}$ при φ =100 %, где:

$$t_{ср} = \frac{t'_1 + t_2}{2} . \qquad (6)$$

На втором этапе расчета, исходя из нижеприведенного кубического уравнения, определяется плотность орошения $q_ж$ кг/(м²·ч):

$$a_g q_ж^3 + b_g q_ж^2 - c_g q_ж - \frac{d_g}{1,2} = 0 \qquad (7)$$

Здесь: $$a_g = \frac{\lambda^2 \cdot \xi_1}{3600^2 \cdot 2g \cdot \gamma_1^2}; \qquad (8)$$

$$b_g = \frac{\lambda^2 \cdot f_{op}^2}{\gamma_1^2} \left(\frac{\xi_2}{f_{op}^2 \cdot 3600^2 \cdot 2g} - \frac{\Lambda}{1,2} \right); \qquad (9)$$

$$c_g = \frac{M \cdot \lambda \cdot f_{op}}{1,2 \cdot \gamma_1} \qquad (10)$$

$$\xi_1 = K_{op} \cdot h + 0,000025 \cdot \ell + 0,0002 \qquad (11)$$

$$\xi_2 = \xi_{гр.без.об} + \xi_{сух.ор} \cdot h + 0,1 \cdot \ell + \xi_{вод.у} \qquad (12)$$

Коэффициенты M, Λ и d_g принимаются по табл. II. Величина удельного веса воздуха γ_1 определяется по графику рис.21 в зависимости от ϑ_1, φ_1 и $P_Б$.

Значения коэффициентов $\xi_{сух.ор}$ и K_{op} принимаются по табл. 9 в зависимости от выбранной конструкции оросителя, коэффициента $\xi_{гр.без.об}$ – по рис. 20, в зависимости от отношения площади воздухоходных окон градирни $f_{ок}$ к площади градирни (секции) в плане f_{op}, коэффициента $\xi_{вод.у}$ – по табл.12 и рис. 19.

ℓ – половина длины воздухораспределителя. При двухпоточной градирне (входные окна для воздуха с двух противоположных сторон) величина ℓ равна 1/4 ширины градирни, при однопоточной – 1/2 ширины градирни.

Величину q_x из кубического уравнения можно найти по любому из методов, приводимых в справочниках по математике. Наиболее удобным является метод с использованием тригонометрических функций. Ниже в примере приводится последовательность вычисления q_x по этому методу.

По величине q_x, найденной из кубического уравнения, вычисляется число градирен N :

$$N = \frac{G_x}{q_x \cdot f_{op}} \qquad (13)$$

После расчета градирен необходимо проверить соответствие аэродинамических сопротивлений градирни напору, развиваемому вентилятором. Для этой цели вычисляется производительность вентилятора, исходя из соотношения:

$$G_B'' = \frac{\lambda \cdot q_x \cdot f_{op}}{\gamma_1} \qquad (14)$$

Если окажется, что вычисленная таким образом производительность вентилятора будет равна или близка к номинальной, то считается, что аэродинамическое сопротивление градирни соответствует напору вентилятора . Отклонение от номинальной производительности можно допустить в пределах до $\pm$ 20%.

При превышении этого предела рекомендуется выбрать другую градирню для расчета или же в данной градирне изменить размеры ее в плане, размеры входных окон, тип оросителя, водоуловителя или принять к установке другой вентилятор. Характеристики некоторых типов вентиляторов приведены на рис. 36.

3.5.Пример расчета

Требуется определить число градирен при следующих расчетных данных:

$G_x = 5900\ 10^3$ кг/ч; $t_1 = 35^oC$; $t_2 = 25^oC$;

$\vartheta_1 = 23^oC$; $\varphi_1 = 0{,}6$; $P_B = 1{,}02$ кг/см^2 (750 мм рт.ст.)

Градирня вентиляторная, отдельностоящая: f_{op}=380 м ; $h = 4{,}70$ м. Ороситель капельно-пленочный № 10, для него

по табл.9: А=0,324 I/м; m =0,733; K_{op}=0,086 · I0^{-3};
φ сух.ор. =4,64. Водоуловитель №3, по табл.I2 для него:
φ вод.у =I2,5. Вентилятор "Нема" для него по табл.II:
Д=I,7 · I0^{-I2}; М=5,78 · I0^{-6}; $d_в$ =I2,6;
$f_{ок}/f_{ор}$=0,42, по графику рис.20: φ гр.без.об=20.
ℓ=4,7 м.

Решение:

По номограмме рис.2I: γ_1 =I,I7 кг/м3.

По формуле (6): $t_{ср} = \frac{35+25}{2} = 30^{\circ}C$.

По номограмме рис.22:

i''_1=3I,20 ккал/кг

i''_2=I8,40 ккал/кг

i''_m=24,00 ккал/кг

i_1=II,99 ккал/кг

По формуле (5):

$\delta i'' = \frac{3I,20+I8,40-2\cdot24,0}{4}$ =0,40 ккал/кг

По формуле (I): $y = \frac{3I,20-II,99-0,40}{I8,40-II,99-0,40}$=3,I3

По графику рис.23 к = 0,957

По формуле (2): $U = \frac{(35,0-25,0)\cdot I}{0,957\cdot(I8,40-II,99-0,40}$=I,74

По формуле (3): $R = \frac{I,74\ (I-0,733)}{0,324\cdot4,7}$ =0,762

По графику рис.33: x =I,89

По формуле (4): $A = \frac{I,74}{I,89}$ =0,92

По формуле (II):

$\varphi_{\delta 1}=0,086\cdot 10^{-3}\cdot 4,7+0,000025\cdot 4,7+0,0002=0,722\cdot 10^{-3}$.

По формуле (12):

$\varphi_{\delta 2}=20,0+4,64\cdot 4,7+0,1\cdot 4,7+12,5=54,78$.

По формуле (8):

$$a_\beta=\frac{0,92\cdot 0,722\cdot 10^{-3}}{3600^2\cdot 2\cdot 9,81\cdot 1,17^2}=1,7556\cdot 10^{-12}$$

По формуле (9):

$$b_\beta=\frac{0,92^2\cdot 380^2}{1,17^2}\cdot\left(\frac{54,78}{380^2\cdot 3600^2\cdot 2\cdot 9,81}-\frac{-1,7\cdot 10^{-12}}{1,2}\right)=$$

$$=259,7\cdot 10^{-9}$$

По формуле (10):

$$c_\beta=\frac{5,78\cdot 10^{-6}\cdot 0,92\cdot 380}{1.2\cdot 1,17}=1439,2\cdot 10^{-6}$$

Кубическое уравнение (7) с численными значениями коэффициентов имеет вид:

$$1,7556\cdot 10^{-12}\,q_*^3+259,7\cdot 10^{-9}\,q_*^2-1439,2\cdot 10^{-6}\,q_*-\frac{12,6}{2}=0.$$

Решение кубического уравнения:

$$P_1=\frac{b_\beta^3}{27\cdot a_\beta^3}-\frac{b_\beta\cdot c_\beta}{6\cdot a_\beta^2}+\frac{d_\beta}{1,2\cdot 2\cdot a_\beta}=\frac{(259,7\cdot 10^{-9})^3}{27\cdot(1,7656\cdot 10^{-12})^3}-$$

$$-\frac{259,7\cdot 10^{-9}\cdot(-1439,2\cdot 10^{-6})}{6\,(1,7656\cdot 10^{-12})^2}+\frac{-12,6}{1,2\cdot 2\cdot 1,7556\cdot 10^{-12}}=$$

$$=137,03\cdot 10^{-12}$$

$$P_2=\frac{3\cdot a_\beta\cdot c_\beta-b_\beta^2}{9\cdot a_\beta^2}=\frac{3\cdot 1,7556\cdot 10^{-12}\cdot(-1439,2\cdot 10^{-6})-(259,7\cdot 10^{-9})^2}{9\,(1,7556\ 10\quad)}$$

$$=-27,04\cdot 10^{8}$$

$$\Delta=P_1^2+P_2^3=(137,03\cdot 10^{12})^2+(-27,04\cdot 10^{8})^3=-1,004\cdot 10^{27}<0$$

$$\tau = \pm \sqrt{|P|} = \pm \sqrt{|-27{,}04 \cdot 10^{8}|} = 5{,}2 \cdot 10^{4}$$

$$\cos\varphi = \frac{P_1}{\tau^3} = \frac{137{,}03 \cdot 10^{12}}{(5{,}2 \cdot 10^{4})} = 0{,}9743$$

$$\varphi = 13^{0}00$$

$$\varphi/3 = 4^{0}20$$

$$Z = 2 \cdot \tau \cdot \cos \cdot (60^{0} - \varphi/3) = 2 \cdot 5{,}2 \cdot 10^{4} \cdot 0{,}564 = 58{,}66 \cdot 10^{3}$$

$$q_{ж} = Z - \frac{\beta_в}{3 \cdot a_в} = 58{,}66 \cdot 10^{3} - \frac{259{,}7 \cdot 10^{9}}{3 \cdot 1{,}7556 \cdot 10^{-12}} =$$

$$= 9{,}35 \cdot 10^{3} \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{ч)}.$$

По формуле (13):

$$N = \frac{5900 \cdot 10^{3}}{9{,}35 \cdot 10^{3} \cdot 380} = 1{,}67 \text{ градирен.}$$

Принимаются к установке две градирни.

По формуле (14):

$$G''_в = \frac{0{,}92 \cdot 9{,}35 \cdot 10^{3} \cdot 380}{1{,}17} = 2{,}8 \cdot 10^{6} \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Номинальная производительность вентилятора $2{,}7 \cdot 10^{6}$ м^3/ч воздуха. Отклонение от номинальной производительности составляет 4%, что можно считать допустимым.

В ряде случаев, при отсутствии надежных данных о сопротивлениях отдельных элементов градирни или характеристики вентилятора, возможно прикидочный расчет градирни производить, исходя из номинальной производительности вентилятора

При этом, на втором этапе расчета плотность орошения определяется не из кубичсокого уравнения (7), а непосредственно из формулы (14):

$$q_{ж} = \frac{G''_в}{\lambda \cdot f_{ор}} . \qquad (17)$$

3.6 По изложенной выше методике составлена программа расчета для ЭВМ, изданная ЦНИИПИАСС Госстроя СССР (117393,Москва

В-393, Новые Черемушки, квартал 28, корпус 3, Отраслевой фонд алгоритмов и программ, инженерно-технический раздел "Тепловые и аэродинамические расчеты градирен на ЭВМ "Минск-22"; выпуск I-I55, I973 г., и выпуск I-I23, I970 г.).

Для удобства расчета или привязки к местным климатическим условиям целесообразно для каждого конкретного проекта градирен составить двенадцать графиков, устанавливающих зависимость плотности орошения $q_ж$ от температуры воды на выходе t_2 и температуры атмосферного воздуха ϑ_1. Каждый из этих графиков будет относиться к определенным значениям φ_1 и Δt. Эти графики рекомендуется составить при следующих значениях φ_1 и Δt охватывающих, практически, весь диапазон этих величин, имеющий место в градирнях:

I)	$\varphi_1 = 0,3$,	$\Delta t = 5$	7)	$\varphi_1 = 0,7$	$\Delta t = 5$
2)	$\varphi_1 = 0,3$,	$\Delta t = I0$	8)	$\varphi_1 = 0,7$	$\Delta t = I0$
3)	$\varphi_1 = 0,3$,	$\Delta t = I5$	9)	$\varphi_1 = 0,7$	$\Delta t = I5$
4)	$\varphi_1 = 0,5$,	$\Delta t = 5$	I0)	$\varphi_1 = 0,9$	$\Delta t = 5$
5)	$\varphi_1 = 0,5$,	$\Delta t = I0$	II)	$\varphi_1 = 0,9$	$\Delta t = I0$
6)	$\varphi_1 = 0,5$,	$\Delta t = I5$	I2)	$\varphi_1 = 0,9$	$\Delta t = I5$

Расчет градирен для построения этих графиков производится по изложенной выше методике. На рис. 35 приводится в качестве образца один из таких графиков для одной из градирен, запроектированных Союзводоканалпроектом при $\varphi_1 = 0,5$ и $\Delta t = I0$. Эти графики являются расчетным паспортом заданной градирни.

3.7. Расчет поперечноточных градирен производится по формуле:

$$V_1 = \frac{G_ж \cdot (t_1 - t_2) \cdot c_ж}{K \cdot \beta_{xv} \cdot \Delta i_{cp}}, \text{ м}^3.$$

На страницах приведена табличная форма расчета поперечноточных градирен. Методика расчета поперечноточных градирен приведена в "Указаниях по расчету капельных вентиляторных градирен с поперечным током воздуха", изданных ВНИИ ВОДГЕО (Москва, I958 г.).

Значения коэффициентов A, m, $\gamma_{сух.ор}$ и $K_{ор}$
по данным исследований ВНИИ ВОДГЕО

Таблица 9

№ оросителя	Тип оросителя	Номер схемы на рис. 18	Высота оросителя h, м	$A_{м-I}$	m	$\gamma_{сух.ор}$	$K_{ор} \cdot 10^{3}$ м ч/кг	Расход материала на I куб.м оросителя $м^3/м^3$
I	2	3	4	5	6	7	8	9
	Пленочный-деревянные прямоугольные бруски, поставленные на ребро							
	Вариант:							
I	№ I	I	3,7	0,5I4	0,223	2,84	0,082	0,I380
2	№ 2	2	3,7	0,252	0,445	I,I4	0,087	0,0295
3	№ 3	3	4,7	0,333	0,5I3	I,I9	0,046	0,I430
4	№ 4	4	2,7	0,409	0,268	I,I2	0,074	0,0800
	Капельный-деревянные прямоугольные бруски							
	Вариант:							
5	№ I	5	3,7	0,309	0,34I	8,92	0,052	0,0433
6	№ 2	6	4,7	0,258	0,399	5,83	0,029	0,0247
7	№ 3	6	3,7	0,265	0,5I9	5,83	0,029	0,0247
8	№ 4	6	2,7	0,3I	0,544	5,83	0,029	0,0247
	Капельный из деревянных брусков с неравномерным расположением ярусов							
9	№ I	7	2,5	0,328	0,630	8,73	0,344	0,0296

Продолжение таблицы 9

I	2	3	4	5	6	7	8	9
	Капельно-пленочный							
	Вариант:							
I0	№ I	8	4,7	0,324	0,733	4,64	0,086	0,0377
II	№ 2	8	3,7	0,284	0,532	4,64	0,086	0,0377
	Асбесто-цементный одноярусный с вертикальными волнистыми листами δ =8+6 мм между ними:							
I2	№ I - в=I5	9	2,8	0,468	0,657	6,75	0,49	0,42I0
I3	№ 2 - в=25	9	2,8	0,44I	0,663	4,36	0,37	0,2930
I4	№ 3 - в=35	9	2,8	0,368	0,5I8	3,6	0,26	0,2250
I5	№ 4 - в=45	9	2,8	0,345	0,527	3,II	0,I3	0,I825

15595

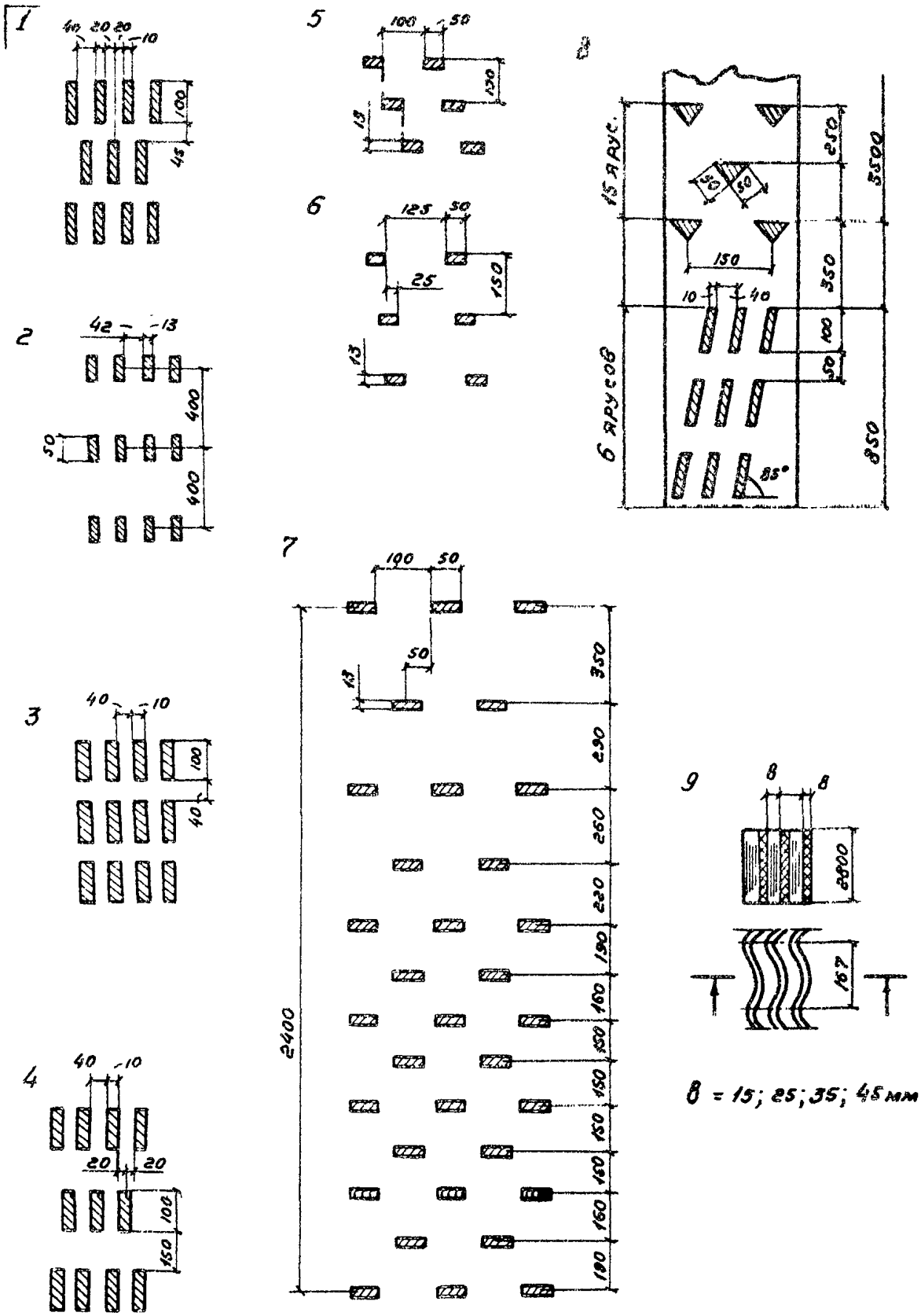


Рис. 18 Схемы дросселей

Коэффициенты для теплотехнических расчетов типовых вентиляторных градирен

Таблица I0

Номер проекта	Тип вентилятора	Площадь секции, м2	Тип оросителя	Расчетные коэффициенты			
				$A\ м^{-1}$	m	$\zeta_{сух.ор}$	$K_{ор} \cdot I0^3$ м2·ч/кг
I	2	3	4	5	6	7	8
90I-6-5/75	06-300 №I2,5	8	капельный	0,293	0,435	I0,70	0,I37
			пленочный	0,363	0,700	5,27	0,4I9
90I-6-59	2ВГ 25	I6	капельный	0,302	0,437	II,60	0,I37
			пленочный	0,324	0,378	0,93	0,075
			брызгальный	0,257	0,289	0,92	0,6I0
90I-6-29	IВГ 50	64	капельный	0,309	0,436	I2,50	0,I37
			пленочный	0,34I	0,376	I,08	0,075
			брызгальный	0,255	0,289	0,92	0,6I0
90I-6-34	IВГ 50	64	капельный	0,309	0,436	I2,50	0,I37
			пленочный	0,34I	0,376	I,08	0,075
90I-6-39	IВГ 25	I6	капельный	0,302	0,437	II,60	0,I37
			пленочный	0,3I8	0,373	0,84	0,075
Взамен 90I-6-40	2ВГ 25	I6	капельный	0,374	0,447	II,60	0,I37
			пленочный (деревянный)	0,350	0,365	I,I8	0,075
			пленочный (винипл. пленка)	0,363	0,700	5,27	0,4I9
90I-6-52	06-300 № 8	2	капельный	0,309	0,436	I2,50	0,I37
			пленочный	0,339	0,382	I,06	0,075

25525

Продолжение таблицы I0

I	2	3	4	5	6	7	8
90I-6-43	2ВГ 70	I92	капельный брызгальный	0,293 0,252	0,435 0,289	I0,70 0,92	0,I37 0,6I0
90I-6-46	2ВГ 70	I92	капельный брызгальный	0,293 0,222	0,435 0,289	I0,70 0,92	0,I37 0,6I0
90I-6-47	2ВГ 70	I44	пленочный	0,350	0,365	I,I8	0,075
90I-6-48	2ВГ 70	I44	пленочный	0,3I0	0,283	0,77	0,075
90I-6-49	06-300 №I2,5	8	капельный пленочный	0,302 0,335	0,437 0,376	II,60 I,02	0,I37 0,075
90I-6-50	06-320 №I2,5	8	капельный пленочный	0,302 0,338	0,437 0,383	II,60 I,04	0,I37 0,075
90I-6-5I	2ВГ 50	64	капельный пленочный брызгальный	0,293 0,3I0 0,255	0,435 0,383 0,289	I0,70 0,77 0,92	0,I37 0,075 0,6I0
90I-6-53	06-300 № 8	2	капельный пленочный	0,309 0,352	0,436 0,383	I2,50 I,24	0,I37 0,075
90I-6-55	06-300 № 8	2	пленочный	0,363	0,700	5,27	0,4I9
90I-6-56	2ВГ 25	I6	капельный пленочный брызгальный	0,302 0,35I 0,250	0,437 0,375 0,289	II,60 I,2I 0,92	0,I37 0,075 0,6I0
90I-6-58	2ВГ 25	I6	пленочный (асбестоцементный)	0,344	0,593	2,73	0,290

19595

Значения коэффициентов Л, М и $d_в$

Таблица II

Тип вентилятора	Частота вращения мин	Мощность двигателя, кВт	Угол установки лопастей, град	Л кг·с²/м⁸	М кг·ч/м⁵	$d_в$ кг/м2
I	2	3	4	5	6	7
06-320 № 8	980	I,I	-	$-0,0338 \cdot I0^{-6}$	$0,I3I2 \cdot I0^{-3}$	I4,793
	I440	4,5	-	$-0,0427 \cdot I0^{-6}$	$0,6I02 \cdot I0^{-3}$	3I,I98
06-320 № I2	980	7	-	$-9,27 \cdot I0^{-9}$	$36I,89 \cdot I0^{-6}$	30,I50
	730	5,5	-	$-6,83 \cdot I0^{-9}$	$II4,29 \cdot I0^{-6}$	I9,I25
ВГ 25	380	I0	I7,5	$-760,98 \cdot I0^{-I2}$	$94,73 \cdot I0^{-6}$	I2,I62
	380	I0	I2	$-397,77 \cdot I0^{-I2}$	$-28,84 \cdot I0^{-6}$	I6,739
IВГ 25	380	I0	I6	$-436,25 \cdot I0^{-I2}$	$I,897 \cdot I0^{-6}$	I9,I49
	380	I0	20	$-476,03 \cdot I0^{-I2}$	$6I,95 \cdot I0^{-6}$	I4,722
ВГ 50	I78	30	I6	$-40,72 \cdot I0^{-I2}$	$20,54 \cdot I0^{-6}$	II,294
	I78	32	I2	$-I99,64 \cdot I0^{-I2}$	$I55,I4 \cdot I0^{-6}$	-I5,507
IВГ 50	I78	32	I5	$-I52,75 \cdot I0^{-I2}$	$I24,48 \cdot I0^{-6}$	-9,049
	I78	32	20	$-I69,33 \cdot I0^{-I2}$	$I57,33 \cdot I0^{-6}$	-I7,950
ВГ 70	I47	I00	25	$-9,73 \cdot I0^{-I2}$	$I5,29 \cdot I0^{-6}$	-I2,450
	-	-	I2	$-43,3I \cdot I0^{-I2}$	$75,2I \cdot I0^{-6}$	-I8,5I7
2ВГ 70	-	-	I6	$-23,59 \cdot I0^{-I2}$	$38,73 \cdot I0^{-6}$	2,0I3
	-	-	20	$-20,77 \cdot I0^{-I2}$	$42,96 \cdot I0^{-6}$	-2,697
"Нема" с нижним приводом	95	250	25	$-I,70 \cdot I0^{-I2}$	$5,78 \cdot I0^{-6}$	I2,597
	II8	-	I0	$-2,2I \cdot I0^{-I2}$	$0,8I \cdot I0^{-6}$	2I,993I
IВГ I04	II8	-	I5	$-I,45 \cdot I0^{-I2}$	$0,26 \cdot I0^{-6}$	26,0674
	II8	-	20	$-0,9I \cdot I0^{-I2}$	$-I,26 \cdot I0^{-6}$	2I,5888
	II8	-	25	$-0,63 \cdot I0^{-I2}$	$-I,36 \cdot I0^{-6}$	32,5739
IВГ I40	-	-	-	$-0,495 \cdot I0^{-I2}$	$3,I2 \cdot I0^{-6}$	I2,5936

Коэффициенты сопротивления водоуловителей ζ вод.у

Таблица I2

№ водоуловителя	№ схемы на рис.	Наименование	вод.у
I	2	3	4
I	I	Деревянный двухрядный (в типовых проектах СВКП этот водоуловитель имеет шифр ДВР-I и ДВР-2)	4,7
2	2	Деревянный двухрядный (ДВР-3)	7,4
3	3	Деревянный однорядный с каплеотбойниками	I2,5
4	4	Деревянный двухрядный при $\alpha = 45^0$	I6
5	4	при $\alpha = 50^0$	I2,3
6	5	Деревянный двухрядный при d = 40 мм	6,5
7	5	при d = 50 мм	6
8	5	при d = 60 мм	5
9	5	при d = 70 мм	4,7
I0	6	Двухрядный деревянный при δ =2 мм и α =60^0	7,4
II	7	Трехрядный деревянный	8,4
I2	8	Пластмассовый двухрядный	2,4
I3	9	Пластмассовый трехрядный	7,3

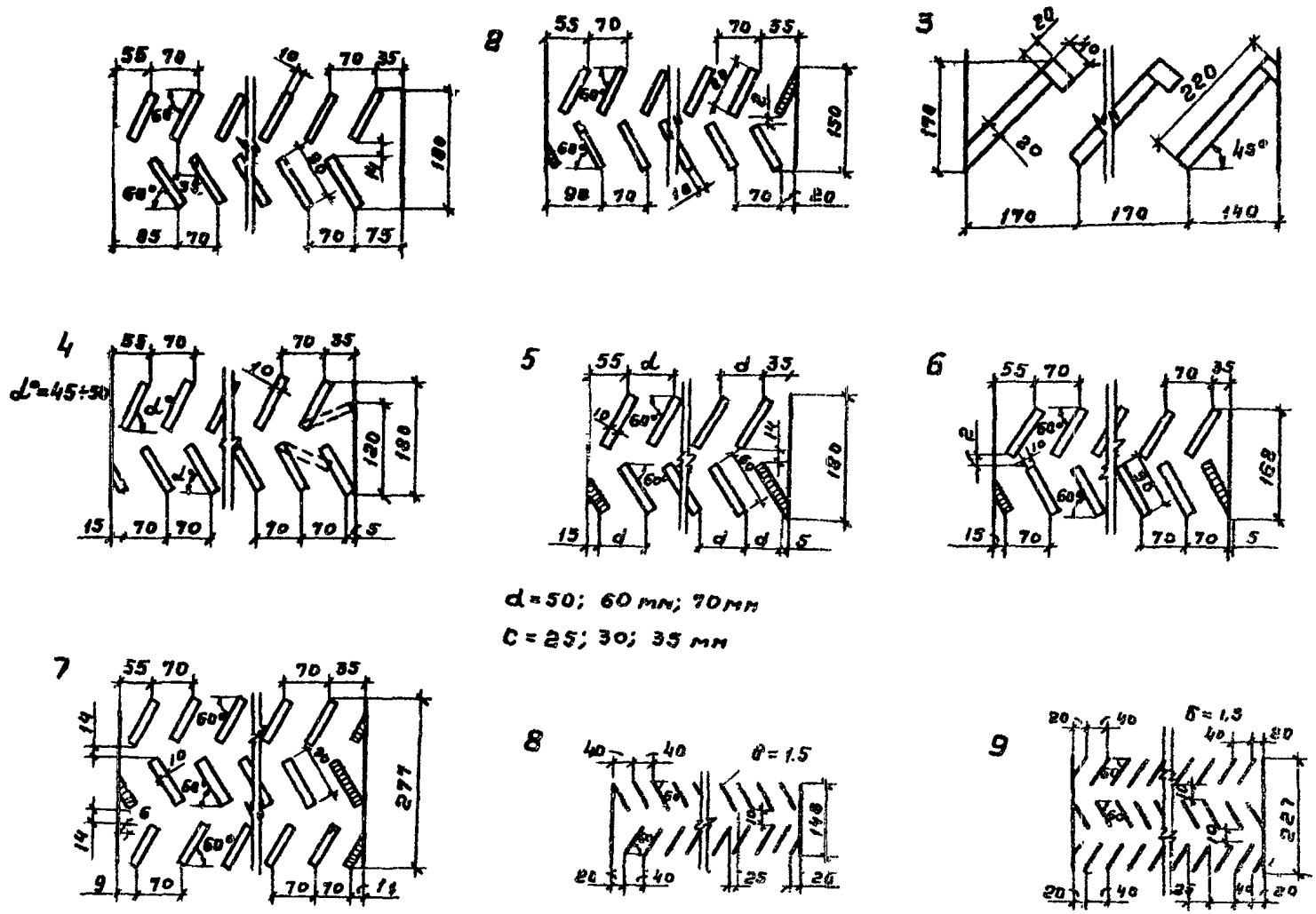


Рис. 19 Схемы водоуловителей

16595

Типовой методический бланк для теплотехнического расчета вентиляторной градирни

Таблица 13

Исходные данные														
Расход охлаждаемой воды, кг/ч	Тепловая нагрузка ккал/ч	Температура воды на выходе из градирни °С	Температурный перепад, °С	Температура воды на входе в градирню, °С	Температура атмосферного воздуха по сухому термометру °С	Температ. атмосферн. воздуха по влажн. тер-ру °С	Относительная влажность атмосферного воздуха %	Барометрическое давлен. атмосферного воздуха ата (мм.рт.ст.)	Постоянные величины, зависящие от конструкции оросителя: Коэффициент $м^{-1}$	Постоянные величины, зависящие от конструкции оросителя: Показатель степени	Высота оросителя м	Коэффициент, учитывающий повышение аэродинамич. сопротивл. за счет подачи воды	Половина длины воздухораспределителя м	Площадь оросителя $м^2$
$G_ж$	Q	t_2	$\Delta t = \frac{Q}{G_ж \cdot C_ж}$	$t_1 = t_2 + \Delta t$	ϑ_1	τ_1	φ_1	$P_б$	A	m	h	$K_{ор}$ м/чкг	b	$f_{ор}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$5900 \cdot 10^3$		25	10	35	23		60	1.033	0.468	0.657	4.7	$0.49 \cdot 10^{-3}$	4.7	380
$5900 \cdot 10^3$		25	10	35	23		60	1.033	0.441	0.663	4.7	$0.37 \cdot 10^{-3}$	4.7	380

Продолжение таблицы 13

Исходные данные												
Коэффициент сопротивлен. оросительной камеры без оборудования	Коэффициент сопротивления сухого оросит.	Коэффициент сопротивления водоуловителя	Характеристика вентилятора			Энтальпия насыщен. воздуха при температуре горячей воды ккал/кг	Энтальпия наружного воздуха, ккал/кг	Средняя температура воды °С	Энтальпия воздуха при средней температуре воды ккал/кг	Энтальпия насыщенного воздуха при температуре охлажденной воды ккал/кг	Поправка на энтальпию	
$\zeta_{ор.без об}$	$\zeta_{сух.ф}$	$\zeta_{вод.у}$	Λ	M	$d_в$	$i_1''=f(t_1;P_{в1})$ $\varphi=100\%$	$i_1=f(\vartheta_1)$ $\varphi_1;P_в$	$t_{ср}=\frac{t_1+t_2}{2}$	$i_m''=f(t_{ср};P_{в1})$ $\varphi=100\%$	$i_2''=f(t_2;P_{в1})$ $\varphi=100\%$	$\delta i=\frac{i_1''+i_2''-2i_2}{4}$	$\varphi=\frac{i_1''-i_1-\delta i''}{i_2''-i_1-\delta i''}$
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
20.0	6.75	12,5	$-1,7\cdot10^{-18}$	$5,78\cdot10^{-6}$	12,6	31.09	11.99	30	23.97	18,33	0,37	3.14
20,0	4.36	12,5	$-1,7\cdot10^{-18}$	$5,78\cdot10^{-6}$	12,6	31.09	11.99	30	23.97	18.33	0.37	3.14

Продолжение таблицы 13

Определение удельного расхода воздуха											
$K=f(t_2)$	$U=\frac{(t_1-t_2)\cdot C_{ж}}{K(i_2''-i_1-\delta_1'')}$	$\lg U$	$1-m$	$(1-m)\lg U$	$U^{(1-m)}$	$R=\frac{U^{(1-m)}}{A\cdot h}$	$x=f(y;R)$	$\lambda=\frac{U}{x}\frac{кг\ воз.}{кг\ воды}$	$\xi_1=K_{ор}\cdot h+$ $+0{,}0000258+$ $+0{,}0002$	$\gamma_1=f(t_1';\varphi_1;P_б)$	$q=\frac{\lambda^2\cdot\xi_1}{3600^2\cdot 2g\cdot\gamma_1^2}$
29	30	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
0,96	1.75	0,243	0,343	0,083	1,211	0,351	2.370	0,738	$2.621\cdot10^{-3}$	1.17	$4.103\cdot10^{-12}$
0,96	1.75	0,243	0,337	0,082	1.208	0,583	2.458	0.712	$2{,}057\cdot10^{-3}$	1.17	$3.000\cdot10^{-12}$

Определение плотности орошения									
$\xi_2+\xi_{нер.}+\xi_{возд.}+0{,}1\cdot2+\xi_{возд.}\cdot y$	$\frac{\xi_в}{f_{ор}^2\cdot3600^2\cdot2g}$	$\frac{n}{1.2}$	$\frac{\xi_в}{f_{ор}^2\cdot3600^2\cdot2g}-\frac{n}{1.2}$	$\frac{\lambda^2\cdot f_{ор}^2}{\gamma_1^2}$	$\delta_в=\frac{\lambda^2\cdot f_{ор}^2}{\gamma_1^2}\times\left(\frac{\xi_2}{f_{ор}^4\cdot3600^4\cdot2g}-\frac{n}{1.2}\right)$	$C_в=\frac{M\cdot\lambda\cdot f_{ор}}{1,2\cdot\gamma_1}$	$\frac{в_в^3}{27\cdot q_в^2}$	$\frac{l_в\cdot c_в}{6\cdot a^2\cdot b^2}$	$\frac{d_в}{1.2\cdot2\cdot a\cdot b}$
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
64,695	$1.762\cdot10^{-12}$	$-1.42\cdot10^{-12}$	$3.181\cdot10^{-12}$	$575,0\cdot10^{2}$	$182,908\cdot10^{-9}$	$1134.675\cdot10^{-6}$	$3.281\cdot10^{12}$	$2.031\cdot10^{12}$	$1.280\cdot10^{12}$
54.731	$1.491\cdot10^{-12}$	$-1.42\cdot10^{-12}$	$2.911\cdot10^{-12}$	$535.0\cdot10^{2}$	$135.739\cdot10^{-9}$	$1113.746\cdot10^{-6}$	$5.182\cdot10^{12}$	$3.212\cdot10^{12}$	$1.750\cdot10^{12}$

16595

Продолжение таблицы 13

Определение плотности орошения												
$P_1=\frac{\delta\delta^3}{27\cdot a_в^3}-\frac{\delta\delta\cdot C\delta}{6\cdot a_в^2}+\frac{d\delta}{1,2\cdot 2\cdot d\delta}$	$P_2=\frac{3\cdot a\delta\cdot C\delta-\delta\delta^2}{9\cdot a_в^2}$	$\mathcal{D}=P_1^2+P_2^3$	$Z=\pm\sqrt{\lvert P_2\rvert}$	$Cos\,\varphi=\frac{P_1}{Z^3}$	$\varphi=f\,(Cos\,\varphi)$	$\frac{\varphi}{3}$	$Cos\,(60^\circ-\frac{\varphi}{3})$	$Z=2Z\cdot Cos(60^\circ-\frac{\varphi}{3})$	$\frac{\delta\delta}{3\cdot a\delta}$	$q_{ж}^{кг}Z-\frac{\delta\delta\ кг}{3\cdot a\delta^2\ см}$	$N=\frac{G_{ж}}{q_{ж}\cdot\chi_{ор}}\frac{шт}{}$	$G_\delta'=\frac{\lambda\cdot g_{ж}\cdot\chi_{ор}}{\gamma_1}\frac{}{м^3/ч}$
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
$4.092\cdot10^{12}$	$-3.146\cdot10^{6}$	$-0.014\cdot10^{27}$	$1.774\cdot10^{4}$	0.733	42°52′	14°17′	0.6984	$24.779\cdot10^{3}$	$14.860\cdot10^{3}$	$9.919\cdot10^{3}$	1.565	$2377.436\cdot10^{3}$
$6,644\cdot10^{12}$	$-4.232\cdot10^{6}$	$-0.032\cdot10^{27}$	$2.057\cdot10^{4}$	0.763	40°18′	13°26′	0,6867	$18,257\cdot10^{3}$	$17,304\cdot10^{3}$	$10,947\cdot10^{3}$	1.418	$2531.385\cdot10^{3}$

16595

16595

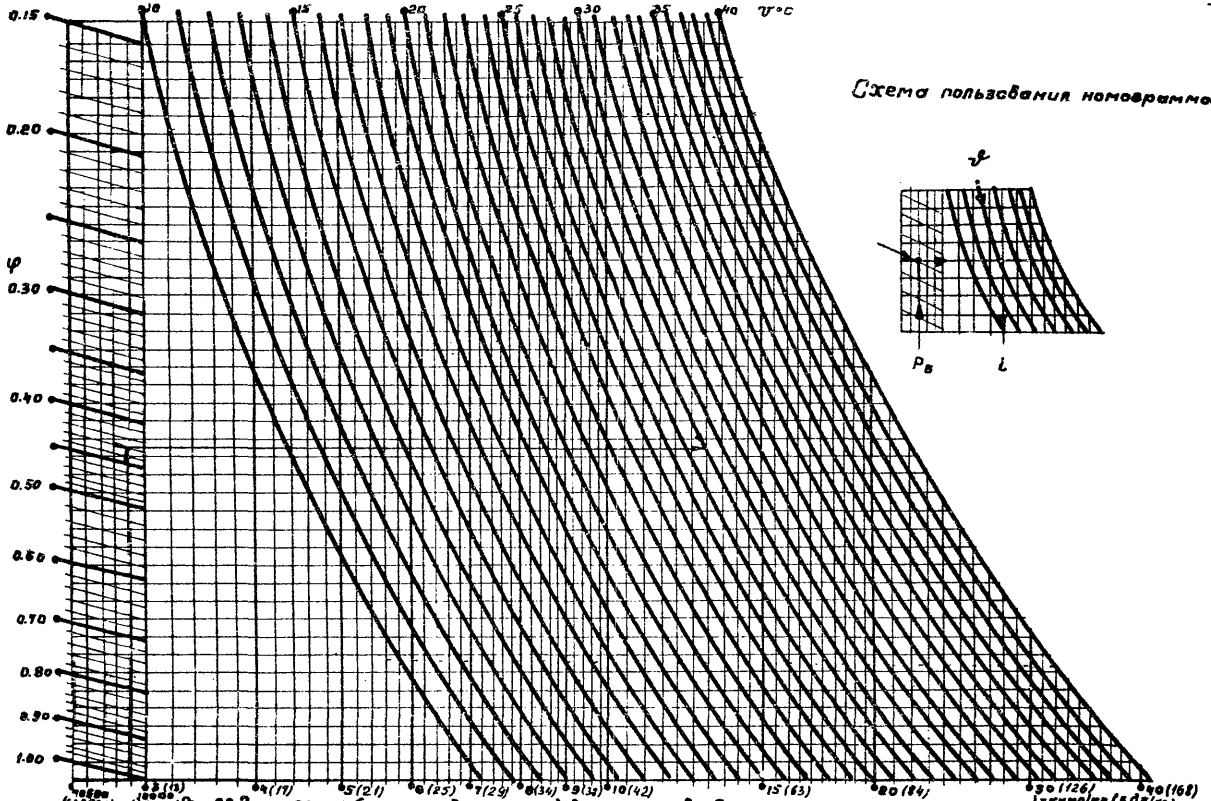


Рис. 22 Энтальпия (теплосодержание) влажного воздуха

Составлен по формулам: $i = 0{,}236\vartheta + x(597{,}3 + 0{,}44\vartheta)$ и $x = \frac{\varphi \gamma_п'' R_{св} (\vartheta + 273{,}2)}{P_в - \varphi P_п''}$

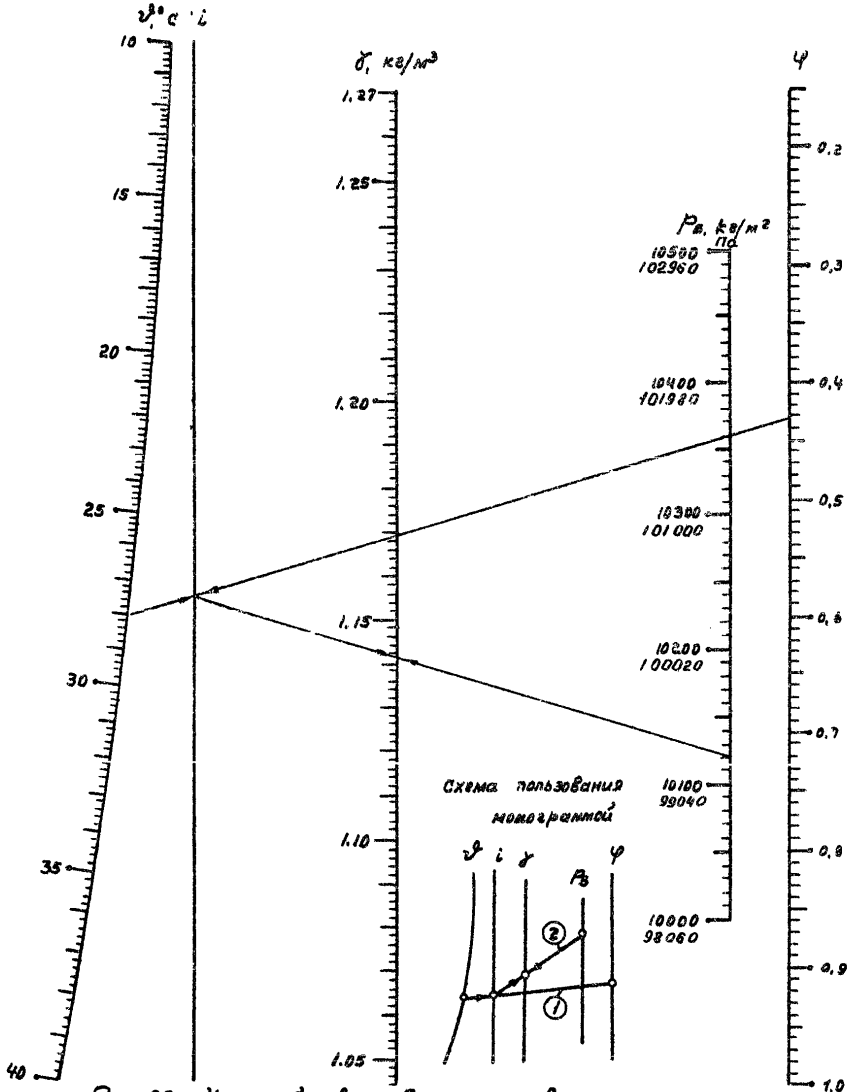


Рис. 21 Удельный вес влажного воздуха составлен по формуле: $\gamma_{вл} = \frac{P_в - \varphi P_п''}{R_{св}(\vartheta + 273{,}2)} + \varphi\gamma_п''$

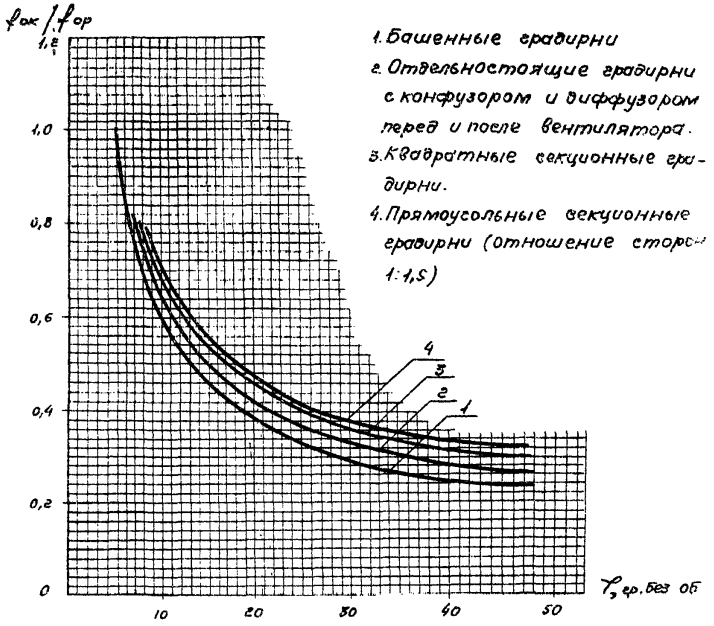


Рис. 20 График зависимости ζ ер. без об от отношения $f_{ок}/f_{ор}$

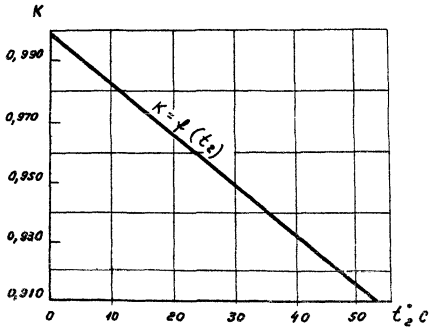


Рис. 23 Зависимость поправочного коэффициента (К) от температуры воды $t_в$

16595

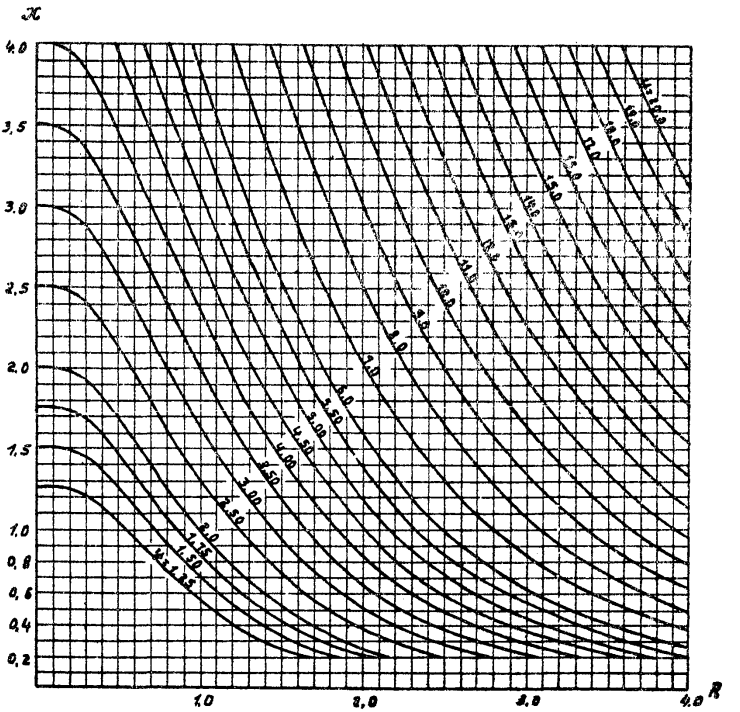


Рис. 24 Зависимость величины x от y и R при $m = 0,3$

Составлена по формуле: $R = x^{-m}\frac{y-x-1}{\ln(y-x)}$

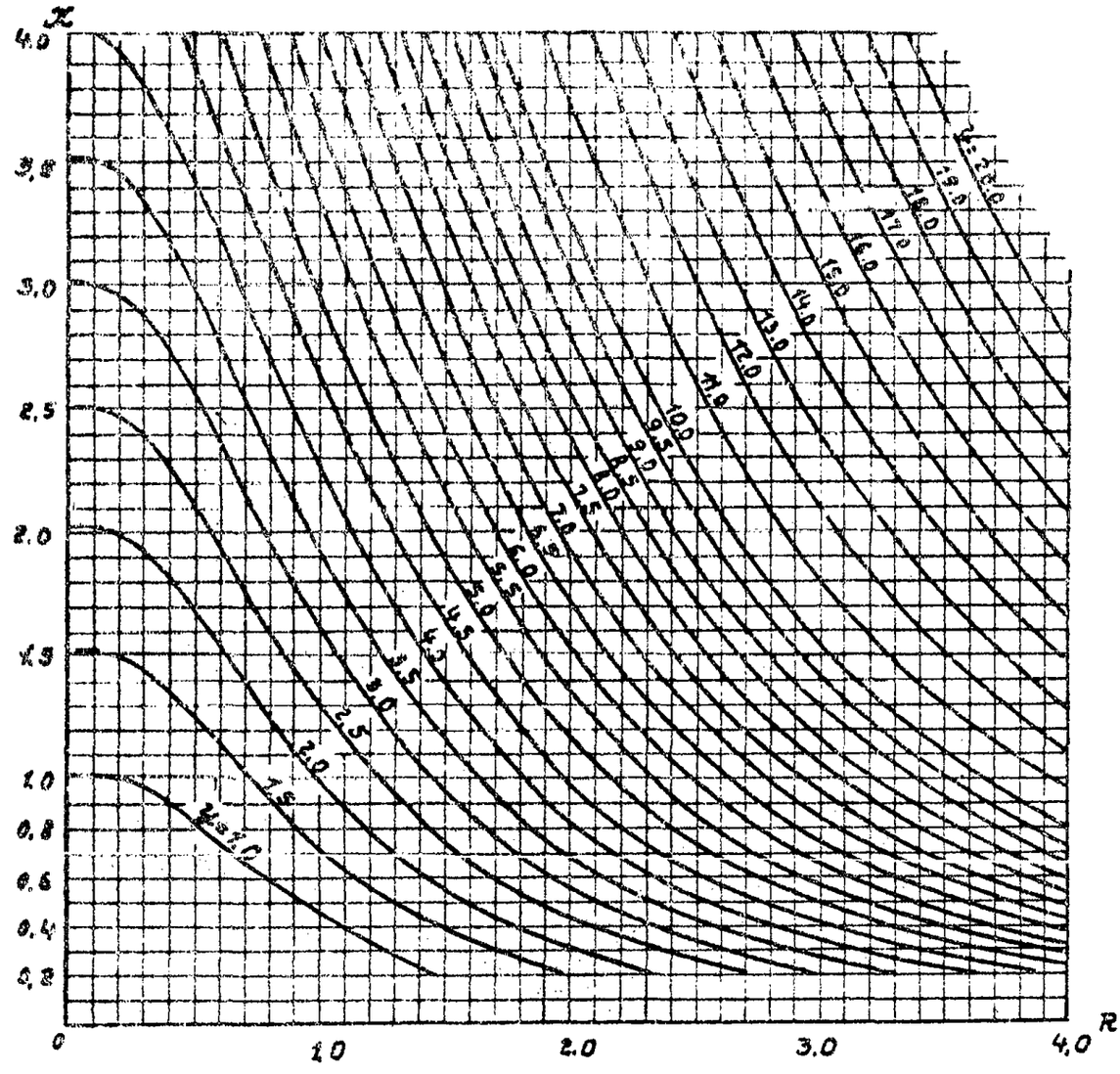


Рис. 25 Зависимость величины X от y и R при $m = 0.35$

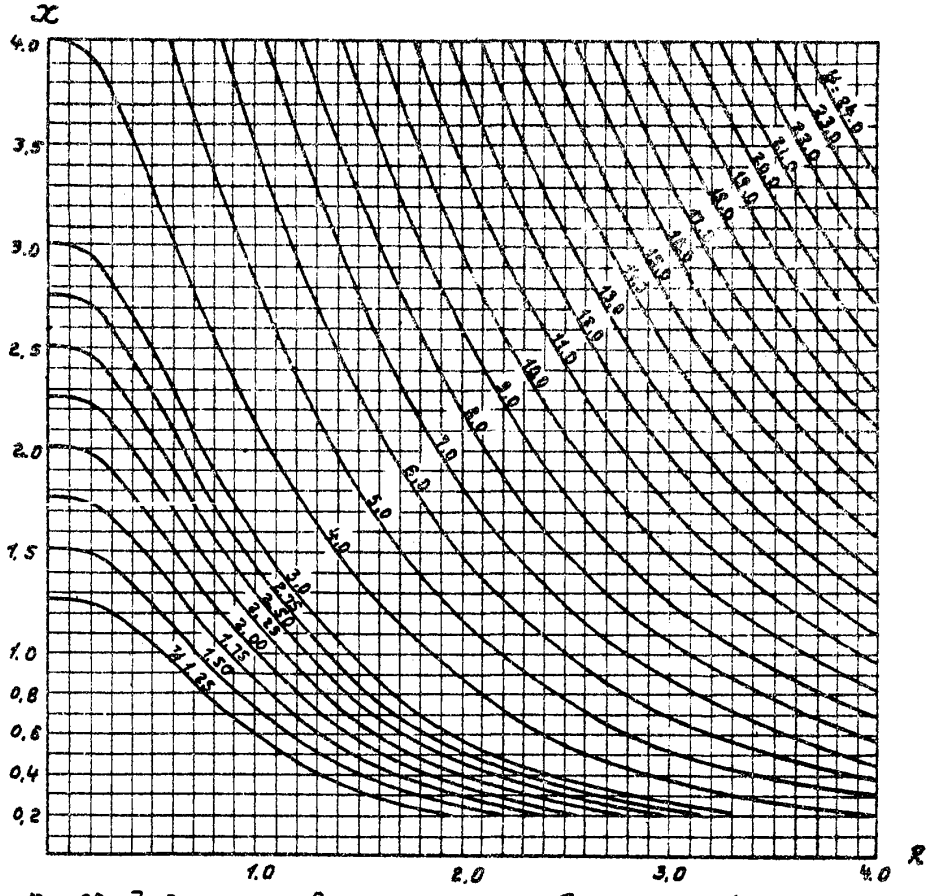


Рис. 26 Зависимость величины χ от y и R при $m = 0,4$

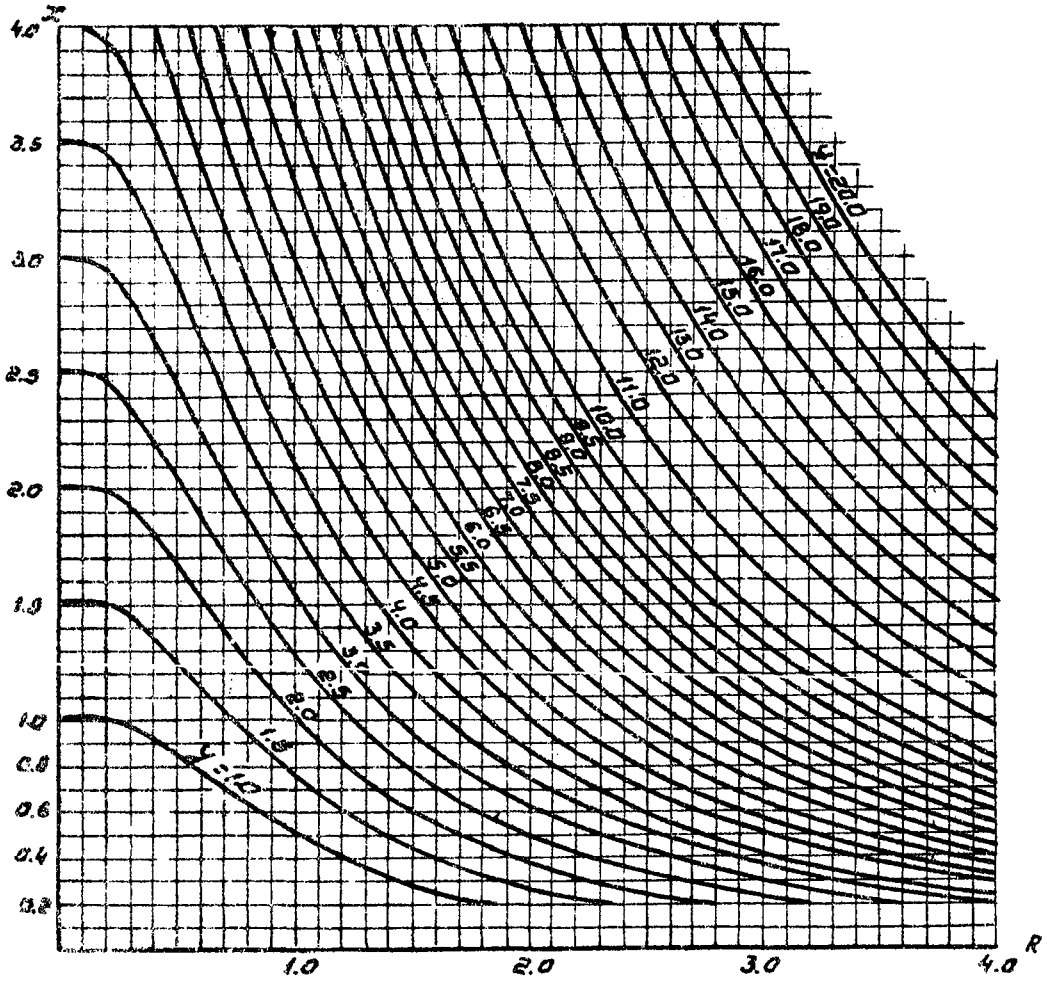


Рис. 27 Зависимость величины X от Y и R при m=0.45

16595

Рис 28 Зависимость величины x от μ и R при $m = 0.5$

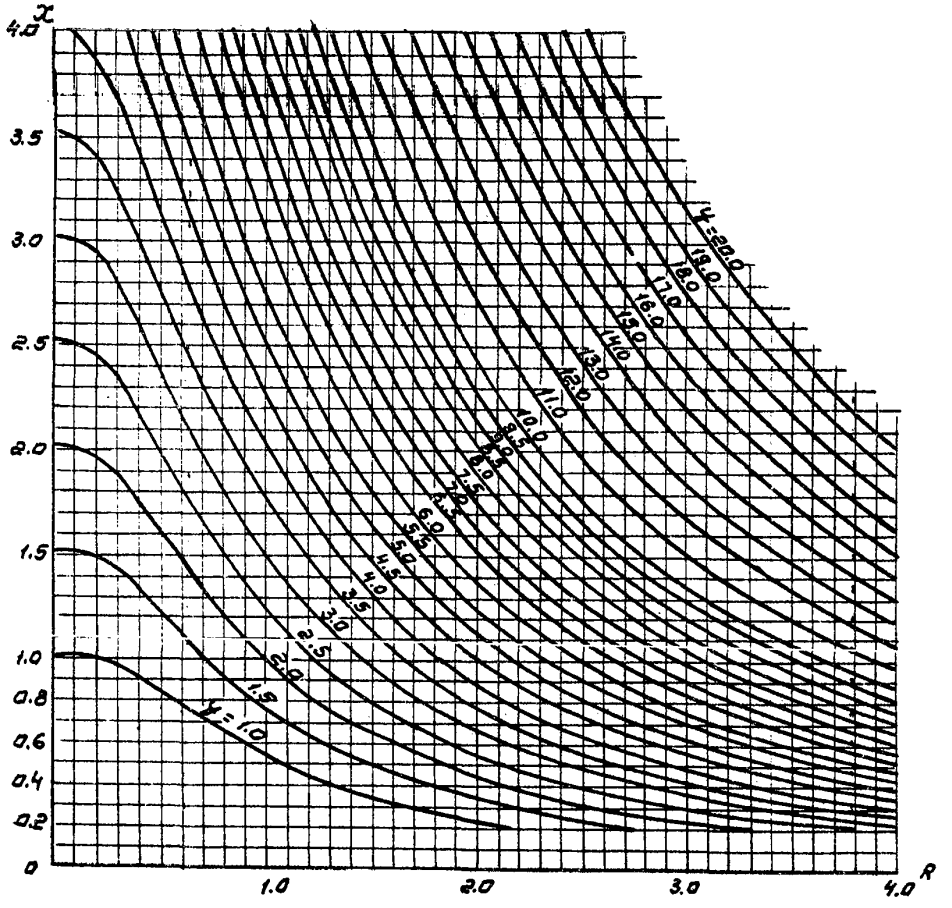


Рис. 29 Зависимость величины X от y и R при m=0,55

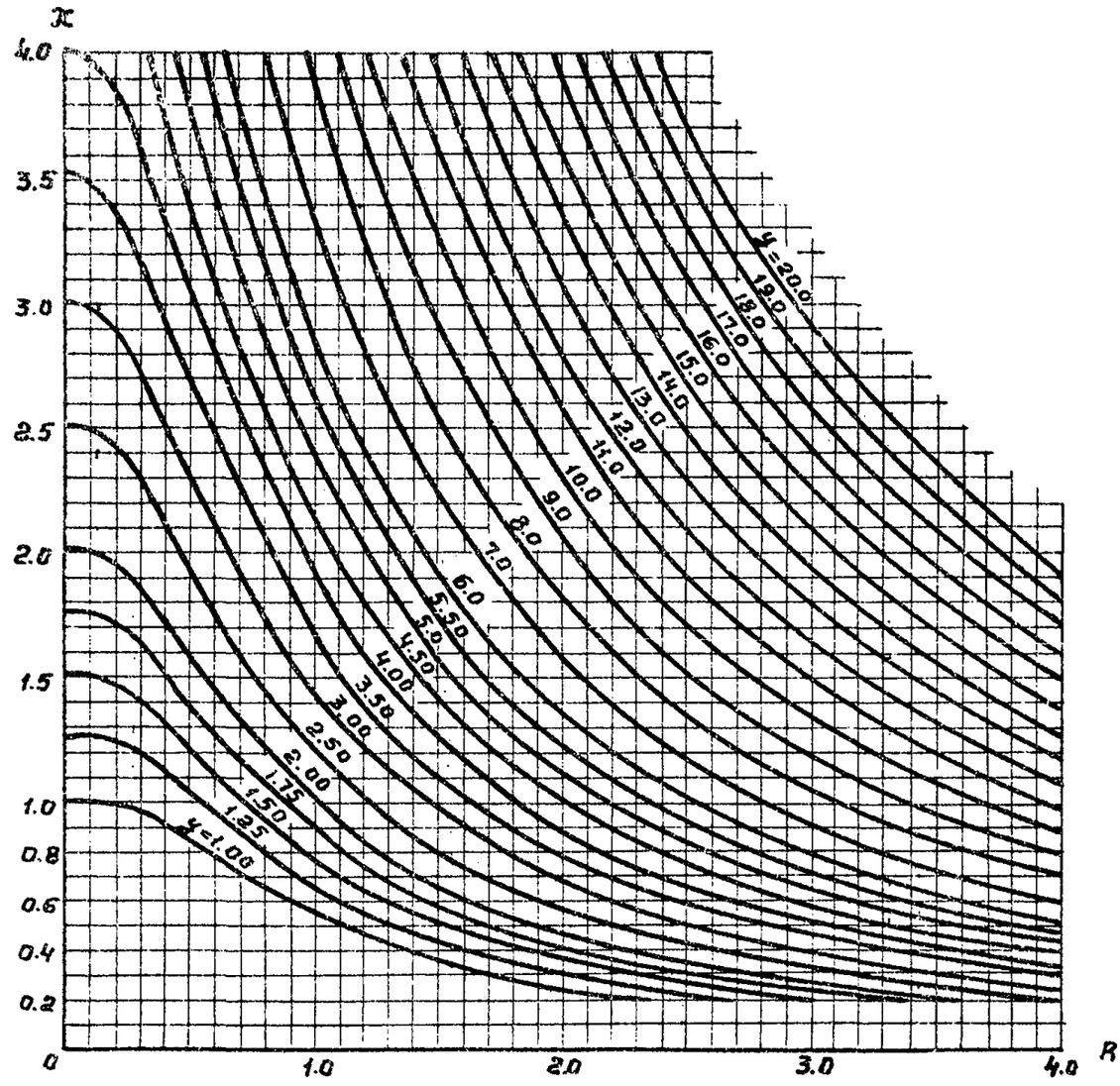


Рис.30 Зависимость величины x от y и R при m = 0.6

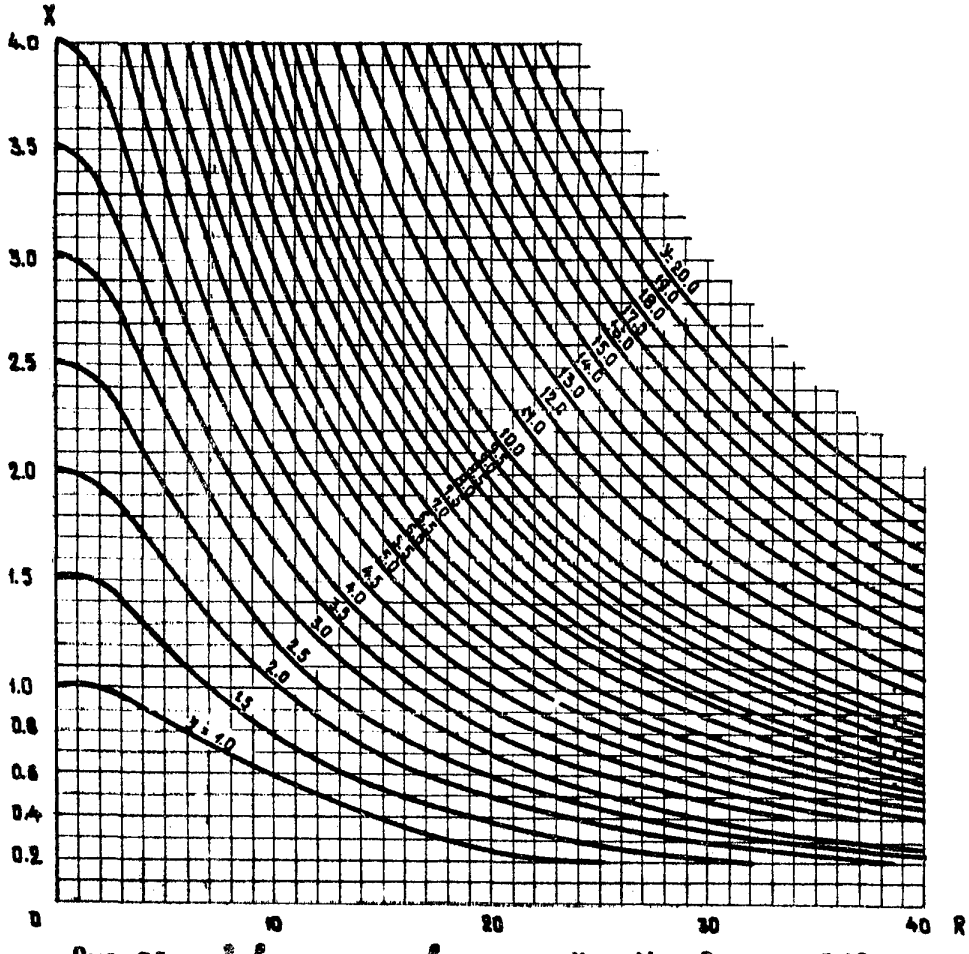


Рис. 31 Зависимость величины X от У и R при m=0,85

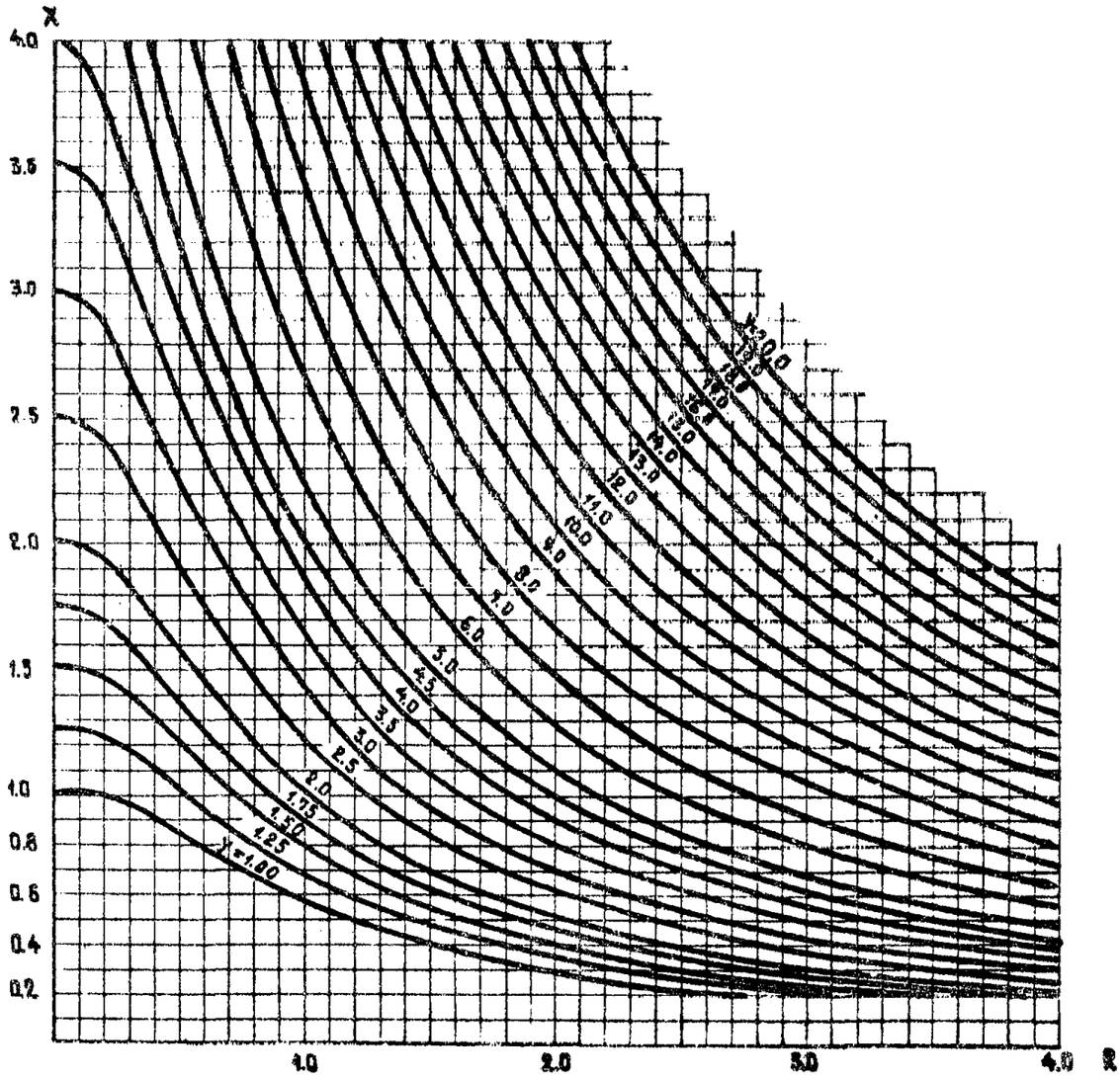


Рис. 32 Зависимость величины X от Y и R при m = 0,7

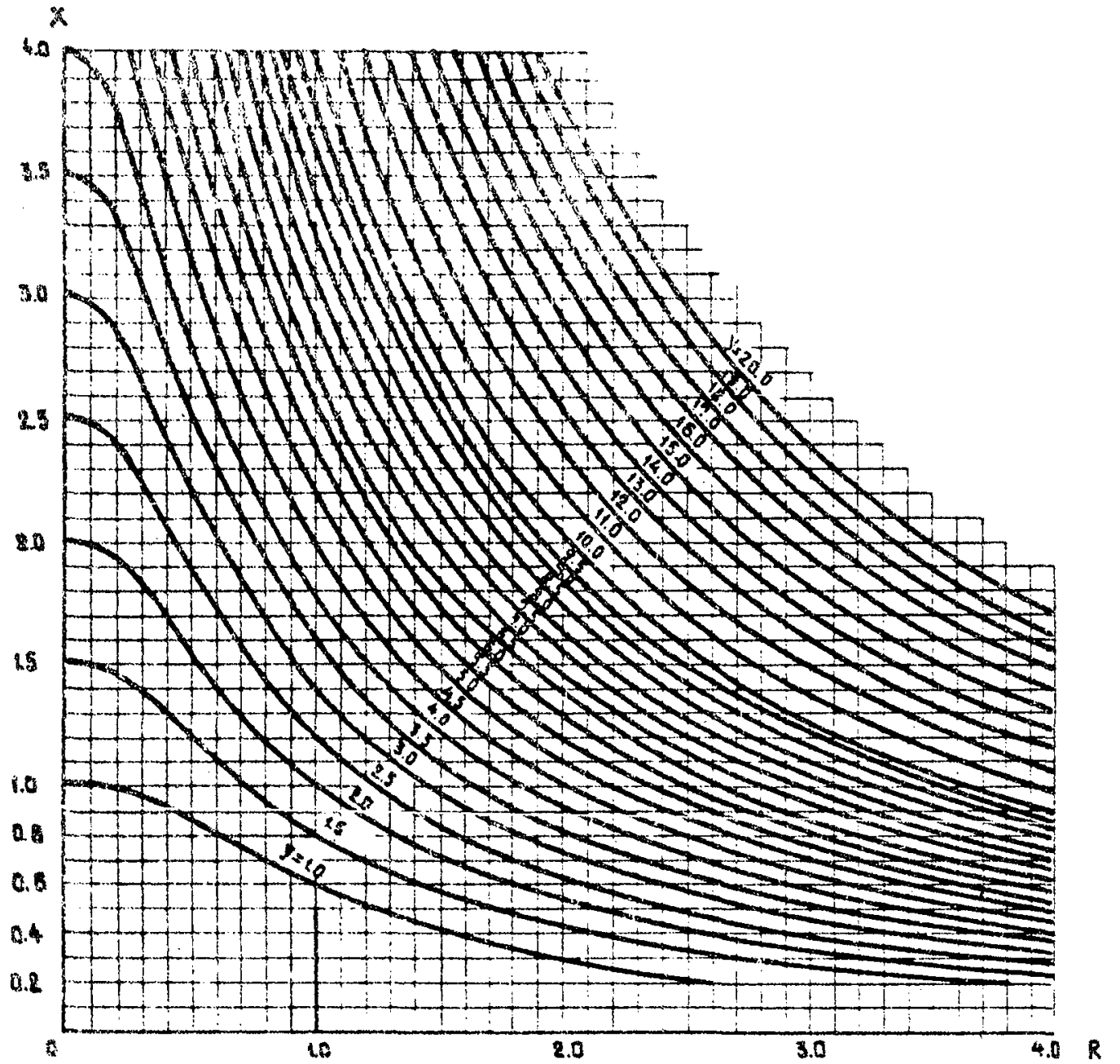


Рис. 33 Зависимость величины X от Y и R при $m = 0,75$

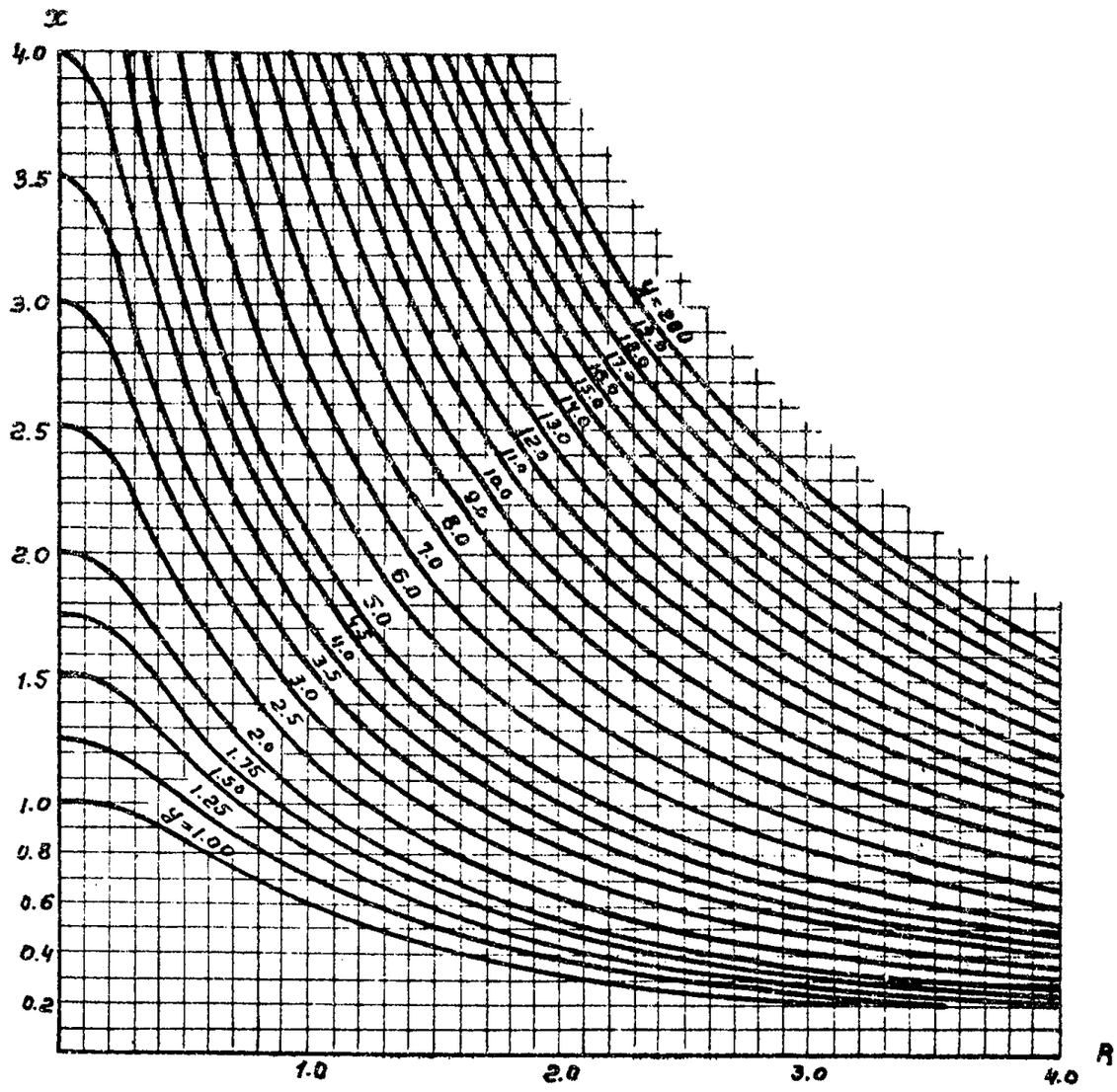
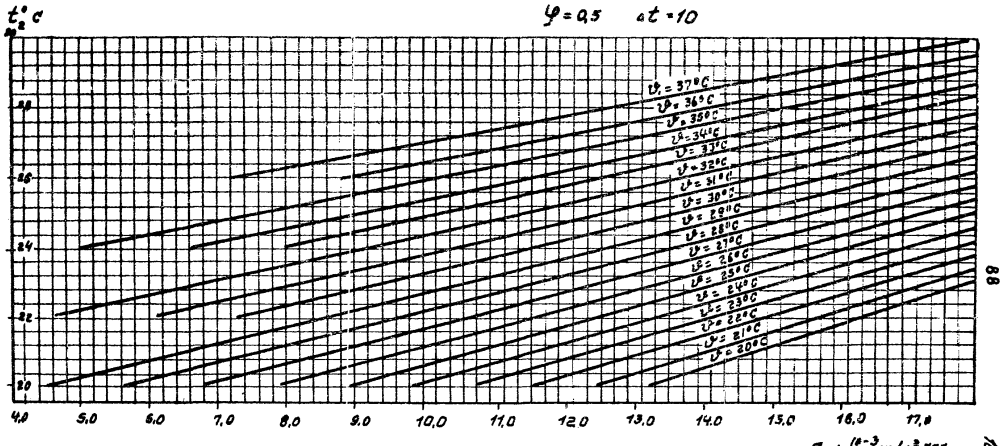


Рис. 34 Зависимость величины x от y и R при m = 0,8



88

15535

Рис. 35 Зависимость $q_ж$ от $t_в$ при $\varphi = 0{,}6$ и $\Delta t = 10$
(приводится в качестве примера для одной из зразырен)

Типовой методический бланк для теплотехнического расчета поперечноточной градирни

Таблица 14

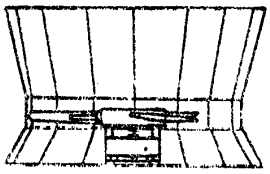
Температура атмосферного воздуха по сухому термометру, °С	Влажность наружного воздуха, %	Температура наружного воздуха по смоченному термометру, °С	Температура воды на входе в градирню, °С	Температура воды на выходе из градирни, °С	Температурный перепад, $\Delta t = t_1 - t_2$, °С	Средняя температура воды, °С $t_{ср} = \frac{t_1 + t_2}{2}$	Расчетный расход воздуха, $м^3/ч$	Расчетный объем градирни, $м^3$	Расчетная площадь орошения градирни, $м^2$	Плотность орошения, $м^3/(м^2 \cdot ч)$	Скорость движения воздуха, м/с	Барометрическое давление атмосферного воздуха, мм рт. ст.	Поправочный коэффициент $K = f(t_г)$	Удельный вес атмосферного воздуха, $кг/м^3$	Весовой расход воздуха, подаваемого вентилятором, кг/ч
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ϑ_1	φ_1%	τ_1	t_1	t_2	Δt	$t_{ср}$	$G''_в$	V	$f_{ор.}$	$q_ж$	v	$p_б$	K	γ	$G'_в$
24,6	64	19	40	30	10	35	4500	24.0	8.0	12	2.08	746	0.950	1,155	51975
24.6	64	19	35	25	10	30	4500	24,0	8,0	6,5	2.08	745	0.958	1,155	51975
24.6	64	19	32	25	7	28,5	4500	24.0	8.0	8.1	2.08	745	0.958	1.155	51975

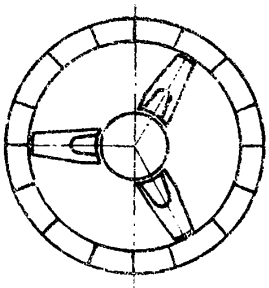
15595

Продолжение таблицы 14

Отношение весовых расходов воздуха и воды $\lambda = \frac{G_в}{G_{ж}}$	Коэффициент массоотдачи $\frac{кг}{м^2 ч \cdot кг/кг}$	Теплосодержание насыщенного воздуха при t_1, $\varphi_1 = 100\%$ $P_б$, ккал/кг	Теплосодержание насыщенного воздуха при t_2; $\varphi_2 = 100\%$ $P_б$, ккал/кг	Теплосодержание воздуха при ϑ_1, φ_1, $P_б$, ккал/кг	Теплосодержание воздуха на выходе из градирни $i_2 = i_1 + \frac{\Delta t \cdot C_{ж}}{\kappa \cdot \lambda}$, ккал/кг	Теплосодержание насыщенного воздуха при $t_{ср}$, $\varphi_2 = 100\%$ $P_б$, ккал/кг	Разность теплосодержаний $\Delta i_2 = i''_2 - i_1$	Разность теплосодержаний насыщенного воздуха $\Delta i_1 = i''_1 - i_1$	$\delta i'' = \frac{i''_1 + i''_2 - 2i''_m}{4}$	Средняя движущая разность теплосодержаний воздуха $\Delta i_{ср} = \frac{i''_2 - i_2}{2{,}3 \lg \frac{\Delta i_1 - \delta i''}{\Delta i_2 - \delta i''}} - 0{,}5(i_2 - i_1)$ ккал/кг	Активный объем оросителя $V_1 = \frac{G_{ж} \cdot \Delta t \cdot C_{ж}}{\kappa \cdot \beta x v \cdot \Delta i_{ср}}$	$p = \frac{V_1 - V}{V} \leq 5\%$; $p = \frac{V - V_1}{V_1} \leq 5\%$	Общий расход охлажденной воды, $м^3/ч$	Гидравлическая нагрузка на одну секцию градирни $G'_{ж} = \frac{G_{ж}}{F} \cdot 10^3$ кг/ч	Количество секций градирни $\frac{G_{ж}}{G'_{ж}}$, шт
17	18	19	20	21	21	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
λ	$\beta x v$	i_1''	i_2''	i_1	i_2	i''_m	Δi_2	Δi_1	$\delta i''$	$\Delta i_{ср}$	V_1	p	$G_{ж}$	$G'_{ж}$	n
0,602	4429,1	40,5	24,5	13,5	31,0	31	11	27	0,75	8,3	24,7	2,9	200	86400	2,3
1,11	3797,8	31,4	18,5	13,5	22,9	24,5	6,0	17,9	0,225	5,18	24,8	3,3	100	46800	2,1
0,89	4002,2	27	18,5	13,5	21,11	22,5	5,0	13,5	0,125	4,34	24,6	2,1	100	58320	1,7

16595





Тип вентилятора	18Т-2.5	2ВТ-2.5	2ВТ-5.0	2ВТ-7.0	18Т-10.4
Номинальная производительность, млн. м³/ч	0,12	0.12	0.5	1.1	2.7
Статический напор, н/м²	140	140	150	160	157
кгс/м²	14	14	15	16	17
Лопасти: количество	3	4	3	5	6
номинальный угол установки, град	16	14°20′	16	15	13
Тип привода	тихоходные электродвигатели				
Тип электродвигателя	ВАСО 10-10-16	ВАСО 10-10-16	ВАСО 14-16-32	ВАСО 15-23-34	ВАОВ 17-40-52
Мощность эл. двигателя, квт	16	11	30	75	200
Напряжение сети, в	380	380	380	380	6000
Частота тока, гц	50	50	50	50	50
Диаметр рабочего колеса, мм	2500	2500	5000	7000	10400
Диаметр втулки, мм	750	875	1500	2100	3640
Частота вращения ротора, об/мин.	380	380	178	170	110
рад/с	39.9	39.9	18.9	17.9	11.5
Габаритные размеры, мм диаметр	3000	3070	6000	8400	10450
Высота	1870	1870	3740	5150	13500
Масса вентилятора, кг	1200	1050	4960	9300	46250

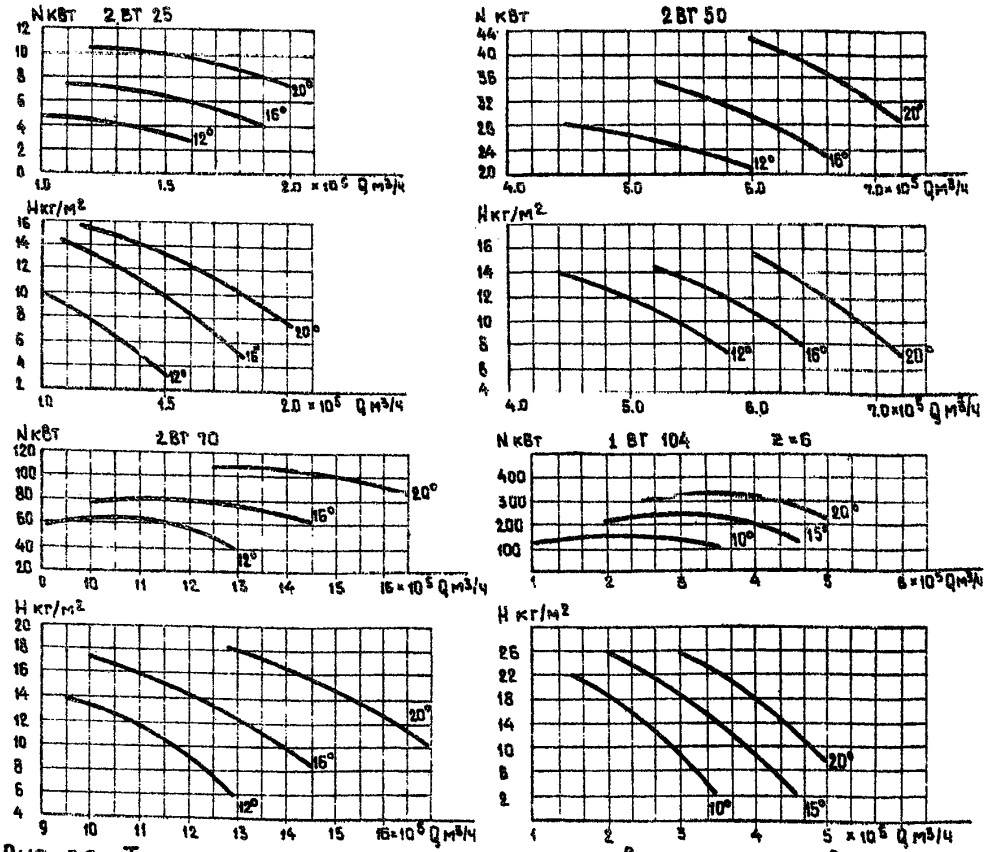


Рис. 36 Технические характеристики вентиляторов

4. УКАЗАНИЯ ПО СТРОИТЕЛЬНОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ ВЕНТИЛЯТОРНЫХ ГРАДИРЕН

Общие положения

4.I. Вентиляторные градирни следует относить к промышленным сооружениям с производством категории Д по главе СНиП II-М.2-72[X] "Производственные здания промышленных предприятий. Нормы проектирования".

4.2. При расчете конструкции вентиляторных градирен на основные и особые сочетания нагрузок, помимо веса конструкций, оборудования, людей и ремонтных материалов в зонах обслуживания и ремонта оборудования, ветровых и снеговых нагрузок, давления грунта и воды, климатических и технологических температурных воздействий, сейсмических воздействий и др. следует учитывать:

а) динамические воздействия от работы вентиляторов (длительные нагрузки);

б) особые нагрузки (аварийные), вызываемые обрывом лопасти вентилятора;

в) нагрузку от веса льда, образующегося в зоне расположения оросителя (кратковременная нагрузка), принимаемую по табл.I5.

Примечание. В сочетаниях нагрузок с учетом нагрузки по п.4.2 "б" не следует учитывать кратковременные нагрузки, а также нагрузку по п.4.2 "а".

Таблица I5

Расчетная зимняя температура наружного воздуха (средняя наиболее холодной пятидневки) в °С	Расчетное значение кратковременной нагрузки от веса льда в зоне расположения оросителя в плане (при коэффициенте перегрузки I,4), кгс/м2
Ниже - I0	200
от - I0 до - 5	I00
выше - 5	-

Примечание. Нагрузку не следует учитывать для градирен, эксплуатируемых только в летнее время, а также при наличии проверенных практикой надежных способов предотвращения образования льда.

Указания по выбору строительных конструкций вентиляторных градирен при привязке типовых проектов

4.3. В районах с расчетной температурой наружного воздуха выше -40°С (средней наиболее холодной пятидневки по главе СНиП П-А.6-72 "Строительная климатология и геофизика") при привязке типовых проектов следует, как правило, применять вентиляторные градирни с несущими конструкциями из сборного или сборно-монолитного железобетона.

4.4. Вентиляторные градирни со стальными и деревянными несущими конструкциями следует применять в следующих случаях:

а) при площади градирни или секции менее 30 м2;

б) в районах с расчетной температурой наружного воздуха ниже - 40°С;

в) в районах труднодоступных или отдаленных от предприятий, изготовляющих элементы сборных железобетонных конструкций для вентиляторных градирен.

4.5. Несущие конструкции вентиляторных градирен следует проектировать деревянными, когда охлаждаемая вода или газовая среда агрессивны по отношению к конструкциями из железобетона и стали.

4.6. Водосборные бассейны градирен следует проектировать, как правило, из сборно-монолитного или монолитного железобетона.

Обеспечение долговечности строительных конструкций вентиляторных градирен

4.7. При назначении требований к материалам для конструкций вентиляторных градирен следует учитывать:

а) расчетную зимнюю температуру наружного воздуха, определяемую как средняя температура наиболее холодной пятидневки по главе СНиП II-А.6-72 "Строительная климатология и геофизика";

б) степень агрессивности воздействия воздушной среды на бетон в зимнее время, которая принимается по табл.I6

Таблица I6

Расчетная зимняя температура наружного воздуха (средняя наиболее холодной пятидневки)	Степень агрессивности воздействия воздушной среды на бетон при тепловой нагрузке в зимнее время на I м2 площади орошения вентиляторных градирен	
	50000 ккал/час и более	менее 50000 ккал/час
I	2	3
Ниже - 40°С	I	I
Ниже - 30°С до - 40°С включительно	II	I

Продолжение таблицы I6

I	2	3
Ниже -20°С до -30°С включительно	Ш	П
-20°С и выше	IУ	Ш

Примечание. Для вентиляторных градирен, эксплуатируемых только в летнее время, следует принимать IУстепень агрессивности.

в) степень агрессивности воздействия на материалы конструкций газовой среды и охлаждаемой воды, которую следует определять по главе СНиП П-28-73 "Защита строительных конструкций от коррозии".

Конструкции железобетонные

4.8. Сборные железобетонные конструкции должны соответствовать требованиям ГОСТ I3015-75 "Изделия железобетонные и бетонные. Общие технические требования", а также требованиям настоящего раздела.

4.9. При применении в железобетонных конструкциях отдельных стальных элементов (в воздуховходных окнах, подвесных и связевых конструкциях, опорах вентиляторов и т.п.), последние следует проектировать:

в воздуховходных окнах - круглого или коробчатого сечения с заполнением бетоном внутреннего пространства элементов или прокатных и гнутых профилей простой конфигурации;

в остальных конструкциях - в соответствии с требованиями п.п.4.43-4.49 настоящего раздела.

4.I0. При проектировании железобетонных конструкций следует предусматривать:

а) минимальное количество стыков сборных элементов;

б) сопряжение сборных конструкций, как правило, без открытых закладных деталей. В тех случаях, когда не удается избежать применения открытых закладных деталей, защита их и сварных соединений должна производиться комбинированными металлизационно-лакокрасочными покрытиями в соответствии с требованиями главы СНиП П-28-73 "Защита строительных конструкций от коррозии";!

в) наименьшие размеры сечений элементов (при их возведении из монолитного железобетона), находящихся в зоне воздуховходных окон, при I и П степенях агрессивности воздействия воздушной среды: колонн 400х400 мм, ригелей и балок шириной не менее 200 мм;

г) на ребрах сборных элементов фаски с размером сторон не менее I5 мм.

4.II. Следует предусматривать антикоррозионную защиту железобетонных конструкций, находящихся в зоне воздуховходных окон (кроме случаев, когда вентиляторные градирни эксплуатируются только в летнее время).

4.I2. Толщина защитного слоя бетона для рабочей арматуры (при отсутствии специальных защитных мероприятий) должна приниматься с учетом требований, приведенных в таблице I7

Таблица I7

Наименование элементов конструкций	Толщина защитного слоя бетона для рабочей арматуры в мм, не менее	
	в конструкциях	
	сборных	монолитных
I	2	3
I. Плиты и стенки толщиной:		

16595

Продолжение таблицы I7

I	2	3
≤I00 мм	20	25
>I00 мм	25	30
2. Балки и ребра высотой:		
<250 мм	25	30
≥250 мм	30	35
3. Колонны с большей стороны сечения:		
<250 мм	25	30
≥250 мм	30	35
4. Днище водосборных бассейнов и фундаменты:		
при наличии бетонной подготовки	35	35
при отсутствии бетонной подготовки	35	70

Толщина защитного слоя бетона для торцов продольных и поперечных стержней арматурных каркасов сеток и анкеров следует принимать по главе СНиП II-2I-75 "Бетонные и железобетонные конструкции".

4.I3. В зависимости от интенсивности воздействия внешней среды на железобетонные конструкции, их следует подразделять на две зоны:

I-я зона - надземная часть вентиляторных градирен и водосборные бассейны, за исключением днищ и фундаментов;

2-я зона - днища водосборных бассейнов и фундаменты.

Примечание. В градирнях, в которых по условиям эксплуатации требуется периодическое опорожнение водосборных бассейнов в зимнее время - днища следует относить к I-й зоне.

4.I4. Бетон для сборных и монолитных конструкций и для замоноличивания стыков элементов сборных конструкций должен отвечать требованиям ГОСТ 4795-68 "Бетон гидротехнический. Технические требования" и требованиям, приведенным табл.I8.

Таблица I8

Степень агрессивности воздействия воздушной среды на бетон (см.табл. I6)	Зона конструкций (см. п.4.I3)	Проектные марки бетона в возрасте 28 дней по				Водоцементное отношение (В/Ц)
		морозостойкости	водонепроницаемости	прочности на сжатие в конструкциях		
				сборных	монолитных	
		не ниже				не более
I	I-я	Мрз 400	В8	400 x)	300	0,4
	2-я	Мрз 200	В8	400 x)	300	0,4
II	I-я	Мрз 300	В8	400 x)	300	0,4
	2-я	Мрз I50	В8	300	300	0,45
III	I-я	Мрз 200	В8	400 x)	300	0,4
	2-я	Мрз I00	В8	300	200	0,45
IУ	I-я	Мрз I00	В8	300	200	0,45
	2-я	Мрз 50	В8	200	200	0,5

x) При введении в бетонную смесь газообразующих, пластифицирующих и воздухововлекающих добавок, проектная марка бетона.

Бетон, предназначенный для замоноличивания стыков элементов сборных конструкций, во всех случаях должен иметь проектную марку по прочности на сжатие не ниже 300.

4.I5. Предварительно напряженные железобетонные конструкции следует проектировать не ниже 2-й категории трещиностойкости.

4.I6. В предварительно напряженных конструкциях следует применять стержневую напрягаемую арматуру.

4.I7. В железобетонных конструкциях, не подвергаемых предварительному напряжению, ширина раскрытия трещин не должна превышать величин, приведенных в табл.I9.

Таблица I9

Условия работы конструкций	Предельно допустимая ширина кратковременного и длительного раскрытия трещин $a_{т.кр}$ и $a_{т.дл}$ для ненапрягаемой арматуры элементов конструкций в мм				
	Степень агрессивности воздействия воздушной среды на бетон в зимнее время (см.табл.I7)				
	I и II		III		IУ
	I-я зона конструкций	2-я зона конструкций	I-я зона конструкций	2-я зона конструкций	
Элементы с полностью растянутым сечением	$a_{т.кр}$=0,I $a_{т.дл}$=0,05	$a_{т.кр}$=0,I5 $a_{т.дл}$=0,I	$a_{т.кр}$=0,I5 $a_{т.дл}$=0,I	$a_{т.кр}$=0,2 $a_{т.дл}$=0,I	$a_{т.кр}$=0,2 $a_{т.дл}$=0,I
Элементы с частично сжатым сечением	$a_{т.кр}$=0,I5 $a_{т.дл}$=0,I	$a_{т.кр}$=0,2 $a_{т.дл}$=0,I5	$a_{т.кр}$=0,2 $a_{т.дл}$=0,I5	$a_{т.кр}$=0,3 $a_{т.дл}$=0,2	$a_{т.кр}$=0,3 $a_{т.дл}$=0,2

4.I8. При расчете элементов железобетонных конструкций по образованию и раскрытию трещин не следует учитывать особые нагрузки и воздействия.

4.I9. Бетонная смесь должна удовлетворять требованиям, приведенным в табл.20.

Таблица 20

Вид железобетонных конструкций	Подвижность (осадка конуса) в см, не более	Жесткость по техническому вискозиметру в с, не менее	Расход цемента в кг/м3, не более	Расход воды в л/м3 не более
	Перед укладкой бетонной смеси			
Сборные	I	40 (при укладке бетонной смеси с пригрузом)	450	I80
	2	25		
Монолитные	8	I0		

Примечание. Применение жестких бетонных смесей рекомендуется лишь при условии обеспечения возможности качественного их уплотнения в конструкциях и изделиях.

4.20. Материалы для приготовления бетона должны отвечать требованиям ГОСТ 4797-69[X] "Бетон гидротехнический. Технические требования к материалам для его приготовления", предъявляемым к материалам для бетонов конструкций зоны переменного горизонта воды, и дополнительным требованиям, изложенным в п.п.4.2I–4.26.

4.2I. Для бетона конструкций I-й зоны следует применять сульфатостойкий портландцемент по ГОСТ I0I78-76 "Портландцемент, шлакопортландцемент" марки не ниже 400, содержащий 8–I0% активных минеральных добавок.

Примечание. При III и IУ степенях агрессивности воздействия воздушной среды на бетон допускается также применение следующих цементов по ГОСТ I0I78-76:

при III степени – портландцемент с содержанием C_3A не более 8%;

при IУ степени – портландцемент с содержанием C_3A не более 8%,

пластифицированный и гидрофобный портландцементы.

Применение в цементе инертных минеральных добавок не допускается.

Нормальная густота цементного теста должна быть не выше 26%.

4.22. Для бетона конструкций 2-й зоны при II, III и IУ степенях агрессивности допускается применение цементов марки не ниже 300 удовлетворяющих требованиям ГОСТ 10178-76.

4.23. Для замоноличивания стыков следует применять бетоны на цементах, предусмотренных для изготовления конструкций, в соответствии с требованиями п.п.4.21 и 4.22.

Применение для этих бетонов расширяющихся и безусадочных цементов недопустимо.

4.24. При выборе вида цемента следует учитывать, наряду с требованиями, изложенными в п.п.4.21-4.23, агрессивность воды-среды в соответствии с главой СНиП II-28-73 "Защита строительных конструкций от коррозии".

4.25. Заполнители бетона должны быть чистыми, обладать постоянством зернового состава. Не допускается применение нефракционированных и загрязненных заполнителей, а также гравийно-песчаных смесей.

4.26. Мелкий заполнитель (песок кварцевый) должен иметь модуль крупности не ниже 2,5, а количество содержащихся в нем пылевидных, илистых и глинистых частиц, определяемое отмучиванием, допускается не более 1%.

Примечание. При соответствующем технико-экономическом обосновании может быть допущено применение мелкого заполнителя с модулем крупности не ниже 1,7.

4.27. Крупный заполнитель (щебень, гравий) в зависимости от наибольшего размера зерен, должен состоять из 2-3 фракций и, кроме того, отвечать требованиям, приведенным в табл.21.

Соотношение наибольшей крупности зерен устанавливается подбором. Рекомендуемые соотношения фракций приведены в табл.22.

Таблица 2I

Показатели	Требования к крупному заполнителю для бетона зон конструкций (см.п.3.8)	
	I-й	2-й
Крупный заполнитель должен быть из невыветрившихся изверженных пород[x] (например: гранит, сиенит, диорит) с временным сопротивлением сжатию образца в водонасыщенном состоянии в кгс/см2, не менее	I200	800
Прочность (дробимость в цилиндре) гравия и щебня	Др8	Др8
Содержание в гравии и щебне зерен слабых пород в % по весу, не более	5	I0
Содержание игловатых и лещадных зерен гравия и щебня в % по весу, не более	5	I0
Водопоглощение материала зерен щебня и гравия в % по весу, не более	0,5	2
Объемная масса породы (зерен) в г/см3, не менее	2,6	2,4
Содержание в гравии и щебне пылеватых, илистых и глинистых частиц, определяемое отмучиванием, в % по весу, не более	0,5	I

x) Для 2-й зоны конструкций при II, III и IУ степенях агрессивности допускается крупный заполнитель из метаморфических пород.

Таблица 22

Наибольшая крупность зерен в мм	Рекомендуемые соотношения фракций крупного заполнителя бетона в %			
	размеры фракций в мм			
	5-10	10-20	20-40	40-70
20	25-50	50-75	-	-
40	25-30	20-30	40-55	-
70	20-25	15-20	-	50-65

Для бетона, применяемого для замоноличивания стыков сборных элементов, размер зерен крупного заполнителя должен быть не более 10 мм.

4.28. В состав бетона рекомендуется вводить газообразующие, воздухововлекающие или пластифицирующие добавки (кремнийорганическая жидкость ГКЖ-94, смола нейтрализованная воздухововлекающая, сульфитно-спиртовая барда и т.п.) для повышения его морозостойкости и удобоукладываемости.

4.29. Применение химических добавок в качестве ускорителей твердения бетона (в виде солей-электролитов) не допускается.

4.30. Вода для приготовления бетонной смеси, для промывки заполнителей, а также для поливки твердеющего бетона должна отвечать требованиям ГОСТ 4797-69[X].

4.31. При приготовлении, транспортировании и укладке бетонной смеси и назначении режима твердения бетона монолитных конструкций следует соблюдать требования "Указаний по возведению монолитных железобетонных промышленных труб и башенных градирен" (СН 374-67).

4.32. При выдерживании уложенного бетона в начальный период его твердения необходимо поддерживать благоприятный температурно-влажностный режим в соответствии с требованиями "Руководства по производству бетонных работ" НИИЖБ (М.Стройиздат, 1975 г.).

4.33. Элементы сборных конструкций в целях обеспечения высокой плотности бетона следует формовать на виброплощадках. При недостаточном виброуплотнении рекомендуется применять гравитационный или пневматический пригруз при давлении не менее 40 гс/см2.

4.34. Для изготовления элементов сборных конструкций градирен следует применять металлические жесткие формы.

4.35. Отформованные элементы сборных конструкций должны твердеть в естественных условиях при положительной температуре с обильным увлажнением или пропариваться.

4.36. Режим пропаривания сборных железобетонных элементов должен приниматься следующий:

а) отформованные изделия до тепловлажностной обработки следует выдержать не менее 5 часов в отапливаемом помещении при положительной температуре воздуха (не ниже $+5^{\circ}$С); при введении в состав бетона газообразующих, воздухововлекающих или пластифицирующих добавок, а также при применении пластифицированных и гидрофобных цементов время предварительного выдерживания должно быть не менее 8 часов;

б) температуру в пропарочной камере следует повышать плавно до $+50^{\circ}$С с увеличением не более чем на 10°С в час для изделий, изготовляемых из малоподвижной (с осадкой конуса до 2 см) бетонной смеси, и не более чем на 15° в час для изделий, изготовляемых из умеренно жесткой (с осадкой конуса менее 1 см) бетонной смеси;

в) при температуре $+50^{\circ}$С изделия надлежит выдержать 2–3 часа, затем плавно повышать температуру в пропарочной камере ($10–15^{\circ}$ в час) до температуры изотермического прогрева, т.е. до $+70^{\circ}$С;

г) продолжительность изотермического прогрева изделий в зависимости от вида цемента и подвижности бетонной смеси рекомендуется устанавливать опытным путем из расчета достижения бетоном к концу пропаривания не менее 70% проектной марки по прочности на сжатие;

д) пропаривание следует производить в безнапорных камерах в среде насыщенного влагой воздуха при относительной влажности 100%; сухой пар с давлением более 0,5 ати следует пропускать через воду при высоте слоя воды не менее 20 см;

е) скорость снижения температуры после окончания изотермического прогрева до температуры, при которой производится разгрузка камеры, не должна превышать 10-12° в час; разгрузку камеры следует производить при перепаде температур воздуха в камере и в цехе не более 20°С:

ж) после выгрузки изделий из камеры их складывают и выдерживают летом в естественных условиях, а зимой в помещении при температуре воздуха не ниже +10° не менее 10 суток; при этом необходимо постоянно поддерживать изделия во влажном состоянии;

и) в процессе пропаривания надлежит осуществлять строгий контроль за температурой и относительной влажностью воздуха в камере.

4.37. Распалубку элементов сборных конструкций следует производить только после их тепловлажностной обработки, а при твердении в естественных условиях не ранее достижения бетоном 70% проектной марки по прочности на сжатие.

4.38. Прочность бетона изделий, отпускаемых заводом-изготовителем, должна быть не менее 100% проектной марки по прочности на сжатие.

4.39. Прочность бетона изделий, подвергающихся пропариванию, следует контролировать испытанием пропаренных совместно с изделиями контрольных бетонных кубов (не менее 9 шт.).

Первое испытание контрольных кубов в количестве 3 штук следует производить через 3-4 часа после окончания цикла тепловлажностной обработки, последнее испытание после 28-ми суточного хранения их совместно с изделиями.

4.40. Контроль качества бетона и соответствия его требованиям табл.4, а также сборных изделий должен быть систематическим и осуществляться в соответствии с требованиями ГОСТ 4800-59 "Бетон гидротехнический. Методы испытаний бетона"; ГОСТ 4799-69 "Бетон гидротехнический. Методы испытаний бетонной смеси", ГОСТ 8829-77 "Конструкции и изделия железобетонные сборные. Методы испытаний и оценки прочности, жесткости и трещиностойкости", ГОСТ 10922-75 "Арматурные изделия и закладные детали сварные для железобетонных конструкций. Технические требования и методы испытаний" и "Указаниями по возведению монолитных железобетонных промышленных труб и башенных градирен" (СН 374-67).

При этом, наряду со систематической проверкой прочности бетона на сжатие, подвижности и жесткости бетонной смеси, величин водоцементного отношения, следует также проверять фактический состав бетонной смеси, определяемый путем мокрого рассева ее.

4.41. При приемке готовых изделий целесообразно пользоваться приборами, позволяющими проверять качество железобетона без разрушения (электронно-акустические и геммадефектоскопия).

Однородность уплотнения бетона допускается проверять по показателям его прочности в наружных слоях конструкций, например, при помощи шариковых, дисковых и других приборов.

Конструкции асбестоцементные

4.42. Листы асбестоцементные, применяемые для обшивки железобетонных и стальных каркасов градирен, следует защищать надежными антикоррозионными покрытиями, например, пропитывать на всю глубину петролатумом или каменноугольным песком, за исключением случаев, когда градирни эксплуатируются только в летнее время.

Примечание: В районах с мягкими зимами, где многолетняя практика эксплуатации градирен подтвердила долговечность асбестоцементных листов обшивки градирен без антикоррозионной защиты, последнюю допускается не применять.

Конструкции деревянные

4.43. Деревянные конструкции следует изготовлять из хвойных пород древесины I÷3 сорта по ГОСТ 8486-66 "Пиломатериалы хвойных пород".

4.44. Элементы деревянных конструкций из хвойных пород следует пропитывать на глубину не менее 4 мм минеральным невымываемым антисептиком (селькуром или ХМ-5 по ГОСТ 13327-73) в цилиндрах под давлением; допускается антисептирование выполнять методом горячехолодных ванн.

Деревянные заготовки следует пропитывать до установки стальных крепежных изделий.

4.45. Изготовление и монтаж деревянных конструкций следует производить в соответствии с требованиями главы СНиП III-19-76 "Деревянные конструкции", ОСТ 34-52-318-76 "Детали градирен деревянные".

Влажность древесины должна быть не более 25%.

4.46. Стальные крепежные изделия следует защищать от коррозии оцинкованием при толщине покрытия 150 мкм.

4.47. Монтаж конструкций следует производить из полностью готовых антисептированных изделий без прирезки, приторцовки и сверления отверстий. При вынужденных прирезках и т.п. вновь обработанные поверхности должны быть заново антисептированы.

Забивку оцинкованных гвоздей рекомендуется производить молотками из мягкого металла (медь, баббит).

4.48. Допускается применение для оросителей, водоуловителей и обшивок градирен, древесины лиственных пород (березы, ольхи, осины и др.) модифицированной фенолоспиртами или другими синтетическими полимерами. Модификация должна обеспечивать показатели прочности и долговечности не ниже присущих антисептированной сосновой древесине 2-го сорта.

4.49. Предназначенная для модификации древесина должна быть высушена до влажности 8±2% по ГОСТ 19773-74 и обработана на деревообрабатывающих станках до черновых заготовок необходимых размеров с припуском на механическую обработку.

4.50. Пропитка модифицированной древесины должна производиться с введением в состав растворов антипиренов, с целью превращения ее в трудно-возгораемый материал.

4.51. Пропитка древесины растворами фенолоспиртов может осуществляться всеми известными, в области консервирования древесины, способами, за исключением способа пропитки в горячих и горяче-холодных ваннах.

4.52. Сушка пропитанной модифицированной древесины и отвердение смол в древесине может осуществляться двумя способами: конвективным и в теплоносителях.

Сушка и отвердение пропитанной древесины конвективным способом предусматривает использование обычных паровоздушных сушильных камер периодического действия с принудительной вентиляцией. Сушка древесины пропитанной растворами синтетических смол, должна проводиться по нормальным или мягким режимам, предусмотренным ГОСТ 19773-74.

Конструкции металлические

4.53. Стальные конструкции каркаса вентиляторных и башенных градирен следует проектировать, как правило, вынесенными из зоны непосредственного их увлажнения охлаждаемой водой и доступными для периодических осмотров и повторного нанесения антикоррозионных покрытий без демонтажа технологического оборудования.

Примечание: При применении стальных висячих конструкций оросителя, доступ к которым без демонтажа оборудования невозможен, следует проектировать их из стали повышенной и высокой прочности с особо надежным антикоррозионным покрытием, а также из нержавеющей стали типа ХН3, с тем, чтобы долговечность подвесных конструкций была не ниже долговечности оросителя.

4.54. Несущие элементы стальных каркасов градирен следует проектировать из открытых профилей (прокатных или гнутых).

4.55. Внутренняя поверхность элементов из электросварных труб или гнутосварных профилей должна быть герметизирована. Монтажные соединения основных элементов каркасов градирен (ригели, фермы, колонны, балки, связи) следует выполнять, как правило, сварными или на высокопрочных болтах.

Монтажные соединения второстепенных элементов каркаса (ригели фахверка, лестницы, площадки обслуживания) - на болтах нормальной точности.

4.56_ В каркасах градирен рекомендуется широко использовать широкополочные двутавры и тавры.

4.57. Марки сталей для конструкций принимать по табл. 50 главы СНиП II-В.3-72 с учетом дополнений к нему в зависимости от расчетной температуры. При этом следует относить:

а) к группам I и II - конструкций, подвергающиеся непосредственному воздействию динамических нагрузок (ригели, фермы и балки под вентилятор) предпочтительные марки сталей для этих конструкций 10Г2С1, ВСт3сп5, ВСт3Гпс5, ВСт3пс6;

б) к группе III - сварные конструкции каркаса (стойки рам, площадки, поддерживающие ороситель и водораспределительную систему); предпочтительные марки сталей для этих конструкций ВСт3пс6, 10Г2С1;

в) к группам IУ, У, УI – сварные конструкции фахверка, площадок для обслуживания оборудования, связей, ограждений, патрубков градирен, предпочтительные марки сталей для этих конструкций ВСт3кп2, ВСт3пс6, ВСт3Гпс5;

4,58. Для обеспечения долговечности градирен металлоконструкции следует систематически (I-2 раза в год) осматривать и, в случае необходимости, окрашивать вновь. При применении обшивки из алюминиевых сплавов следует предусматривать мероприятия (установка паранитовых прокладок, применение оцинкованных болтов, установка их по сырому грунту ЭП-0010 и окраска головок болтов шпатлевкой ЭП-0010) исключающие возникновение гальванических пар.

4.59. Для предотвращения межщелевой коррозии поверхность листов в местах сопряжения необходимо прокрашивать.

4.60. В целях обеспечения противопожарной безопасности сварочные работы следует выполнять до монтажа возгораемых элементов конструкций и технологического оборудования.

Антикоррозионная защита стальных конструкций градирен

4.6I. Защита стальных конструкций градирен от коррозии должна осуществляться в строгом соответствии с требованиями СНиП П-28-73, ч.П, гл.28 "Защита строительных конструкций от коррозии" (дополнение) и СНиП Ш-I8-75 "Правила производства и приемки работ".

4.62. Элементы стальных конструкций внутри градирни, эксплуатирующиеся в кислой, нормальной и щелочной среде, т.е. в воде с pH от 3 до I0, а также во влажной среде, т.е. в парах воды, необходимо защищать от коррозии покрытиями, предусмотренными СНиП П-28-73 для среднеагрессивных сред.

4.63. Наружные стальные конструкции, подверженные воздействию солнечной радиации, влажной среды и содержащихся в воздухе агрессивных газов различной концентрации, в зависимости от группы газов должны быть защищены покрытиями, стойкими в средне- или сильноагрессивной среде.

4.64. Учитывая степень агрессивного воздействия среды на внутренние и наружные стальные конструкции, их поверхность перед нанесением защитных покрытий следует очистить от загрязнений, окалины и ржавчины пескоструйным или дробеструйным методом (вторая степень очистки поверхности по ГОСТ 9.025-74).

Операция по очистке поверхности должна проводиться на заводе-изготовителе.

4.65. Антикоррозионная защита стальных конструкций, эксплуатирующихся внутри градирни, должна осуществляться на заводе-изготовителе по следующим вариантам:

а) грунтовка ЭП-057 (ТУ 6-10-1117-75) - 1 слой толщиной 20+3 мкм, эмаль ЭП-5116 (ТУ 6-10-1369-78) - 2 слоя общей толщиной 300+20 мкм;

б) грунтовка ХС-068 (ТУ 6-10-820-75) - 2 слоя общей толщиной 50+5 мкм, эмаль ХВ-1100 (ГОСТ 6993-70) - 4 слоя общей толщиной 80+10 мкм;

в) грунт-шпатлевка ЭП-00-10 (ГОСТ 10277-76) - 3 слоя общей толщиной 150 мкм;

г) металлизация распылением алюминия марки АД1, АМц (ГОСТ 7871-75) и др. (толщина слоя алюминия 150-200 мкм), затем грунтовка ХС-068-2 слоя и эмаль ХВ-1100 - 2 слоя.

При использовании любого из четырех предложенных вариантов последний, покрывной, слой покрытия следует наносить на монтажной площадке.

4.66. Антикоррозионная защита наружных стальных конструкций должна осуществляться на заводе-изготовителе по следующим вариантам:

а) грунтовка ЭП-057 - I слой, эмаль ЭП-5II6 - 2 слоя;

б) грунтовка ХС-068 - 2 слоя, эмаль ХВ-II00 - 4 слоя;

в) грунт-шпатлевка ЭП-00-I0 - 2 слоя, эмаль ЭП-773 (ТУ 6-I0-II52-76) - 2 слоя, общая толщина покрытия I20±I0мкм

г) металлизация распылением алюминия, затем грунтовка ХС-068 2 слоя и эмаль ХВ-II00 - 2 слоя.

При использовании любого из четырех предложенных вариантов последний, покрывной, слой покрытия следует наносить на монтажной площадке.

4.67. Сварные соединения должны быть опескоструены и окрашены антикоррозионными лакокрасочными материалами по п.п.4.65 и 4.66.

4.68. Алюминиевая обшивка изнутри градирни должна быть защищена от водяных брызг деревянными щитами.

Внутренняя поверхность алюминиевых листов, смачиваемых водой, должна быть покрыта анодной пленкой с последующим нанесением I слоя грунтовки АК-069 или АК-070 (ОСТ 6-I0-40I-76) и I слоя эмали (ХВ-I6, ХВ-I24 и др.).

4.69. Наружная поверхность алюминиевых листов должна быть покрыта анодной пленкой, а места сопряжения алюминиевых листов во избежание щелевой коррозии следует защищать I слоем грунтовки АК-069 или АК-070 и I слоем эмали.

Для предотвращения контактной коррозии между алюминиевыми листами и стальным каркасом необходимо применять паронитовые прокладки (ГОСТ 48I-77).

4.70. Все крепежные детали должны быть оцинкованы и дополнительно окрашены в соответствии с п.п.4.65, 4.66.

РАЗДЕЛ В

БАШЕННЫЕ ГРАДИРНИ

5. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫБОРУ ТИПОРАЗМЕРОВ, РЕЖИМОВ РАБОТЫ И РАСПОЛОЖЕНИЮ

5.I. Указания настоящей части "Руководства" распространяются на проектирование и привязку башенных градирен для районов СССР.

5.2. Каждый типовой проект градирен имеет свои расчетные характеристики или графики охлаждения воды, являющиеся технологическим паспортом градирни, по которым производится выбор типоразмера градирни.

5.3. Технологические расчеты по построению этих графиков выполнены на ЭВМ по программам, разработанным в математической лаборатории ВНИИга им.Б.Е.Веденеева.

5.4. Технологические расчеты градирен выполнены в соответствии с "Техническими указаниями по расчету и проектированию башенных противоточных градирен для тепловых электростанций и промышленных предприятий" (ВСН I4-67, "Энергия", I973г.).

5.5. Существующие методы технологического расчета разработаны для условий работы градирен при штиле, что обусловлено почти полной неизученностью аэродинамики градирен в условиях ветрового воздействия. В силу этого технологический расчет градирен выполняется для условий штиля на эффективность их работы.

Поправочная кривая составляется по данным натурных исследований градирен.

5.6. Характеристики градирен выражают зависимость температуры охлажденной в градирнях воды от тепловой и гидравлических нагрузок, а также метеорологических условий.

5.7. Метеорологические условия для привязки башенных градирен должны содержать следующие данные:

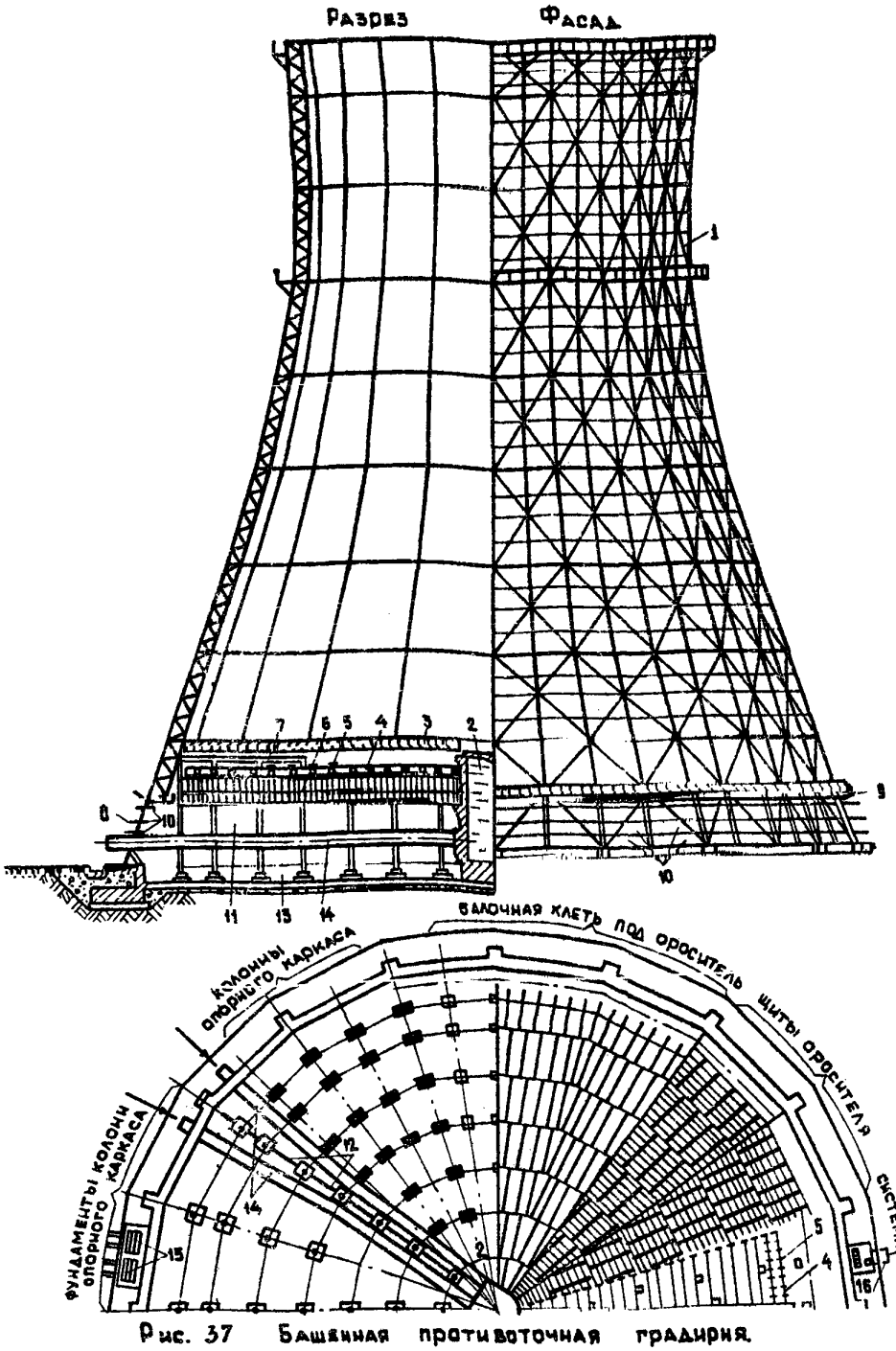


Рис. 37 Башенная противоточная градирня.

1. Вытяжная башня; 2- водораспределительный стояк; 3- водоуловитель; 4- водораспределительная система; 5- разбрызгивающие устройства; 6- оросительное устройство; 7- опорный каркас оросительного и водораспределительного устройства; 8- воздуховодные окна; 9- воздухонаправляющий козырек; 10- зимние поворотные щиты; 11- воздухораспределительное пространство; 12- ветровые перегородки; 13- водосборный бассейн; 14- подводящие водоводы; 15- отводящие водоводы; 16- канализационный колодец.

а) многолетние среднемесячные значения температура воздуха, относительной влажности, скорости ветра и барометрического давления;

б) средние температуры и влажности в I3 ч для наиболее жаркого месяца;

в) температура воздуха наиболее холодной пятидневки

г) роза ветров, преобладающее направление ветра в летний и зимний периоды;

д) расчетный ветровой район.

5.8. Теплотехнические данные должны содержать:

а) расчетный расход воды;

б) количества тепла, отнимаемого от охлаждаемых продуктов и аппаратов, для летнего и зимнего времени;

в) расчетную температуру охлажденной воды;

г) температурный перепад в системе;

д) требования технологического процесса к устойчивости охладительного эффекта;

е) режимы работы (постоянный или периодический).

Указания по определению температур охлажденной воды

5.9. Характеристика градирни состоит из двух графиков для определения температур охлажденной воды при плотности орошения $q_ж$ =6,0; 8,0 м3/ (м2.ч).

Каждый такой график, в свою очередь, состоит из основного графика и поправочного на температурный перепад. По основному графику находятся температуры охлажденной воды при указанных выше плотностях орошения при температурном перепаде Δt =I0,0 °С, температуре наружного воздуха в пределах от -I0,0 до +35,0°С и его относительной влажности в диапазоне 20–I00%.

При других температурных перепадах температура охлажденной воды находится также по основному графику с введе-

нем поправки на температурный перепад. Для плотностей орошения в пределах $q_ж$ =6,0÷8,0 м3/м2·ч температуры охлажденной воды находятся путем линейной интерполяции.

5.10. При определении температуры охлажденной воды для отрицательной температуры наружного воздуха необходимо иметь в виду, что температура охлажденной воды в зимнее время не должна снижаться ниже определенного уровня во избежание обледенения внутренних конструкций градирен. Для типовых градирен конструкции ЛОТЭПа минимальная температура охлажденной воды поддерживается на уровне 10,0–12,0°С. Поэтому на графиках кривые температуры охлажденной воды в зоне отрицательных температур наружного воздуха показаны пунктиром.

5.11. Характеристики типовых градирен могут быть уточнены в результате накопления данных по натурным исследованиям градирен.

5.12. Пример определения температуры охлажденной воды по графикам для градирен площадью орошения $f_{ор}$=3200 м2.
Дано: плотность орошения $q_ж$ =7,0 м3/ (м2.ч);
температурный перепад Δt =8,0°С;
температура воздуха ϑ_1 =24,0°С;
относительная влажность воздуха φ_1 =60%

Требуется определить температуру охлажденной воды:

а) по основному графику при $q_ж$=6,0 м3/ (м2.ч);
Δt=10,0°С, ϑ_1 =24,0°С и φ_1 =60% определяем t_2' =30,8°С.

Поправка на температурный перепад по поправочному графику составляет (при Δt =8,0°С и ϑ_1 =24,0°С) δt_2=-1,0°С и, следовательно,

$$t_2 = 30,8 - 1,0 = 29,8°С;$$

б) по основному графику при $q_ж$=8,0 м3/ (м2.ч),
Δt=10,0°С, ϑ_1 =24,0°С, φ_1 =60% определяем t_2' =32,7°С.

Поправка на температурный перепад по поправочному графику составляет (при $q_ж$=8,0°С, ϑ_1=24,0°С) δt_2=-1,0°С и, следовательно, t_2=32,7 - 1,0 = 31,7°С.

в) интерполируя, имеем окончательно температуру охлажденной воды при $q_ж$ =7,0 м3/ (м2.ч), Δt =6,0°С, ϑ_1 =24,0°С и φ_1 =60 %, t_2=29,75 ≈ 29,8°С.

Расчет безвозвратных потерь воды из башенных градирен

5.I3. Потери воды в градирне складываются:

- из потерь на испарение;

- на унос восходящим потоком воздуха через верх башни (вертикальный унос);

- на унос воды ветром через воздуховходные окна (горизонтальный унос).

5.I4. Потери на испарение с достаточной степенью точности определяются по следующей эмпирической формуле:

$$G_{исп} = (0,I+0,002 \cdot \vartheta_1) \cdot \Delta t ,$$

где $G_{исп}$ – количество испарившейся воды в % от расхода воды на градирню;

ϑ_1 – температура воздуха по сухому термометру, °С;

Δt – температурный перепад на градирню, °С

5.I5. Потери воды в градирнях на унос восходящим потоком воздуха через верх башни (вертикальный унос) составляет (в процентах от общего расхода воды на градирню):

- оборудованных водоулавливающими устройствами –0,05%;

- без водоулавливающих устройств – 0,5–0,8%

5.I6. Потери на унос воды ветром через воздуховходные окна (горизонтальный унос) не превышают 0,02–0,05% от расхода воды на градирню (при средней скорости ветра до 3 м/с).

Примечание. Большие значения потерь, указанных в разделах 5.I3–5.I6, надлежит принимать для башенных градирен малой производительности.

Расположение градирен на площадке

5.17. Размещение башенных градирен на площадках предприятий необходимо предусматривать из условия обеспечения беспрепятственного поступления к ним воздуха, а также наименьшей протяженности трубопроводов и каналов. При этом надлежит учитывать розу ветров и направление зимних ветров для исключения увлажнения и обмерзания зданий и сооружений.

5.18. Расстояния между охладителями воды, зданиями и сооружениями надлежит принимать по СНиП II-М.I-71[X], смотрите таб.I настоящего "Руководства".

Вытяжная башня

5.19. Конструкция вытяжной башни определяется, в основном, материалом, из которого сооружается башня.

5.20. Градирни с башнями из монолитного железобетона следует применять в районах с расчетной температурой холодной пятидневки минус 28°С и выше.

5.21. Градирни с металлическими каркасно-обшивными башнями применяются в районах с расчетной температурой холодной пятидневки до минус 40°С. При этом в районах с расчетной температурой пятидневки до минус 23°С, обшивка башни из асбестоцементных волнистых листов усиленного профиля, при более низкой температуре обшивка башни из деревянных щитов.

Алюминиевая обшивка башен может быть для градирен любой производительности независимо от расчетной температуры воздуха только при тщательном технико-экономическом обосновании.

5.22. При температуре холодной пятидневки ниже минус 40°С башня градирни должна быть запроектирована в северном исполнении (по индивидуальному проекту).

5.23. При ветровой нагрузке для У-УП районов вытяжная башня градирни должна быть выполнена по индивидуальному

проекту.

В данных ветровых районах рекомендуется строительство градирни только с каркасно-обшивными вытяжными башнями.

5.24. В районах с сейсмичностью 8 баллов и более градирни должны сооружаться по индивидуальным проектам.

5.25. При применении деревянной башни обшивки должны строго соблюдаться правила пожарной безопасности во время строительства и вынужденных остановках градирни.

5.26. Необходимость выполнения дневной маркировки и светового ограждения градирни согласовывается в каждом конкретном случае с местным территориальным управлением Министерства Гражданской Авиации.

Водораспределительная система

5.27. Водораспределительное устройство выполняется напорным из стальных магистральных и асбестоцементных рабочих труб. Замена на стальные рабочие труба должна быть в каждом конкретном случае обоснована технико-экономическими расчетами.

5.28. Водораспределительное устройство градирни запроектировано, исходя из плотности орошения 8 м3/(м2.ч). При большей плотности орошения водораспределительное устройство, а также водовыпуск должны быть перепроектированы.

Оросительное устройство

5.29. Оросительное устройство градирен пленочного типа выполнено из плоских асбестоцементных листов и из деревянных щитов взаимозаменяемо по охлаждающей способности.

5.30. Применение материала оросителя решается в каждом конкретном случае особо с учетом района строительства, снабжения материалами и т.д.

5.31. При применении деревянного оросителя должны строго соблюдаться правила пожарной безопасности во время

строительства и вынужденной остановки градирни.

5.32. В районах с сейсмичностью свыше 7 баллов каркас оросителя должен быть перепроектирован. В данных районах деревянный ороситель предпочтительнее.

Водоуловители

5.33. Водоуловители, предназначенные для резкого уменьшения выноса мелких капель воды через верх башни, применяются в градирнях площадью орошения 2600 м² и более. Однако, в отдельных случаях водоуловители могут применяться для градирен меньшей производительности (по индивидуальному проекту).

Водосборный бассейн

5.34. Водосборный бассейн предназначен для сбора и отвода охлажденной воды.

Бассейн может быть выполнен с разделительной перегородкой или без перегородки, в зависимости от режима работы градирни и др.условий.

5.35. В основании градирни грунты непросадочные. Уровень грунтовых вод ниже подошвы фундаментов башни.

5.36. При просадочных грунтах фундаменты башни, а в отдельных случаях и водосборный бассейн градирни должны быть посажены на свайное основание (по индивидуальному проекту).

5.37. При высоком уровне грунтовых вод водосборный бассейн должен быть выполнен с поддоном.

Пазуха между днищем бассейна и поддоном заполняется щебнем. Вода из поддона отводится в колодцы промливневой канализации.

5.38. Освещение площадки решается в комплексе всего объекта.

16595

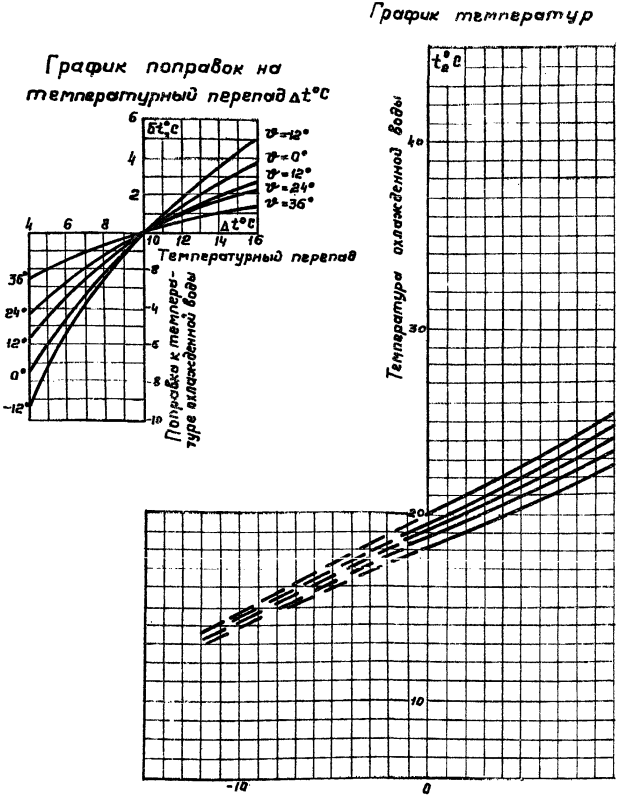
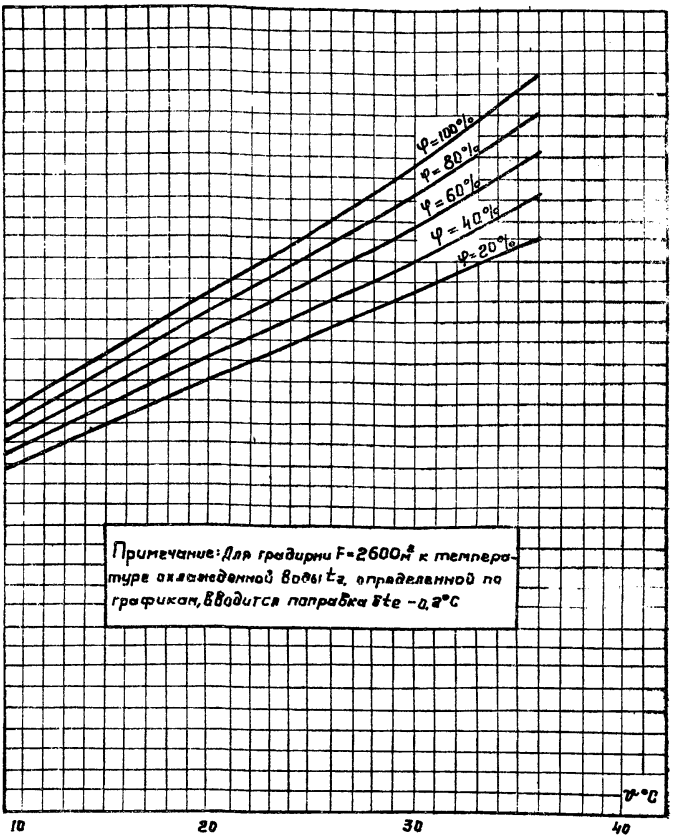


Рис. 38 Графики температур охлажденной воды конструкции

16595

охлажденной воды при $q = 6,0\ м^3/(м^2 \cdot час)$ и $\Delta t = 10,0°C$



Температура воздуха по сухому термометру

для графирен площадью орошения F=1200;1600;2600м² ЛОТЭП'А

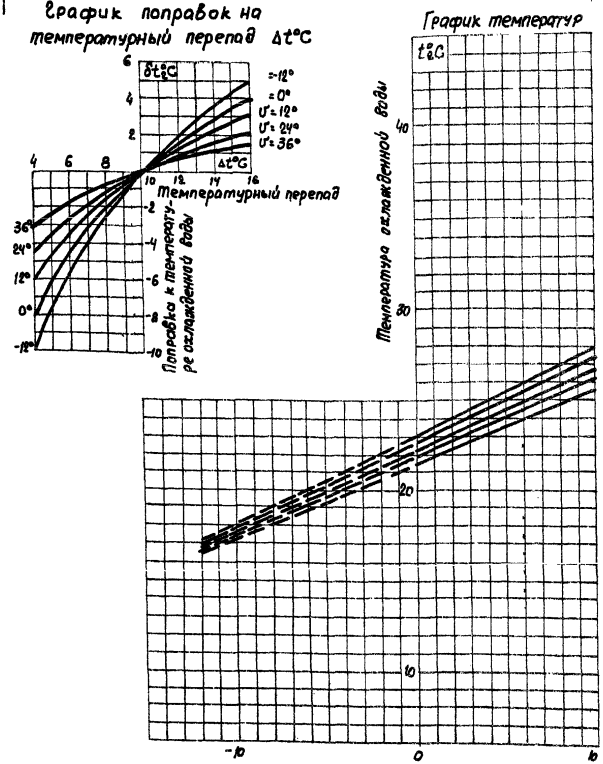
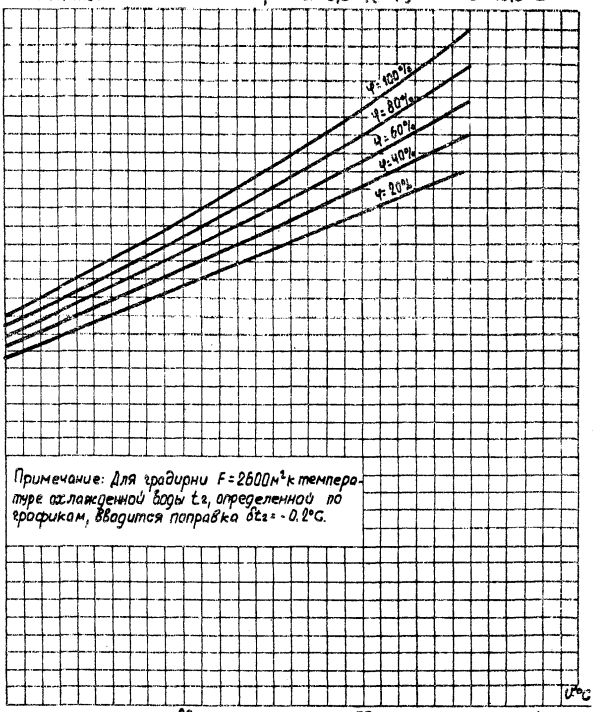


рис.39 Графики температур охлажденной воды конструкции

16595

охлажденной воды при $Q = 8,0 м^3/(м^2 ч)$. и $\Delta t = 10,0°C$



Примечание: Для градирни $F = 2600 м^2$ к температуре охлажденной воды t_2, определенной по графикам, вводится поправка $\delta t_2 = -0,2°C$.

Температура воздуха по сухому термометру

Для градирен площадью орошения $F = 1200; 1600; 2600 м^2$ ЛОТЭП'а

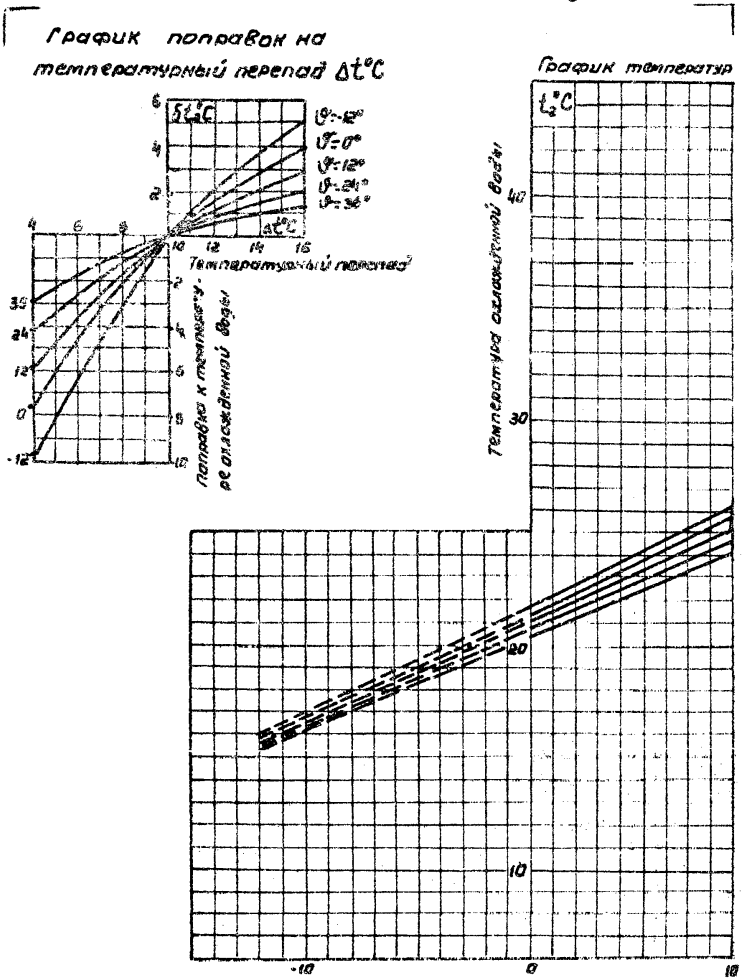
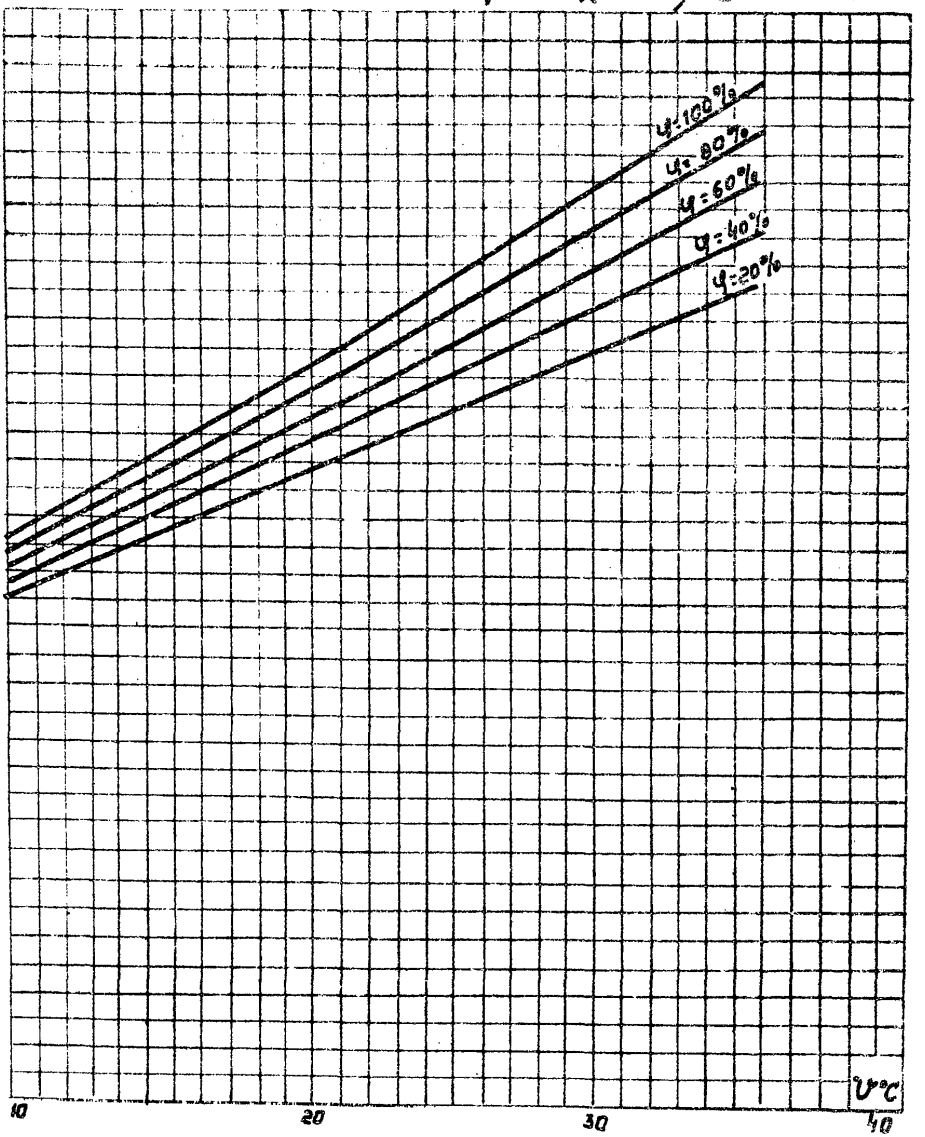


Рис. 40 Графики температур охлажденной воды конструкции

охлажденной воды при $q=8.0 м^3/(м^2 час)$ и $\Delta t=10.0°C$



Температура воздуха по сухому термометру

для градирни площадью орошения $F=2100 м^2$

ЛОТЭП'А

16595

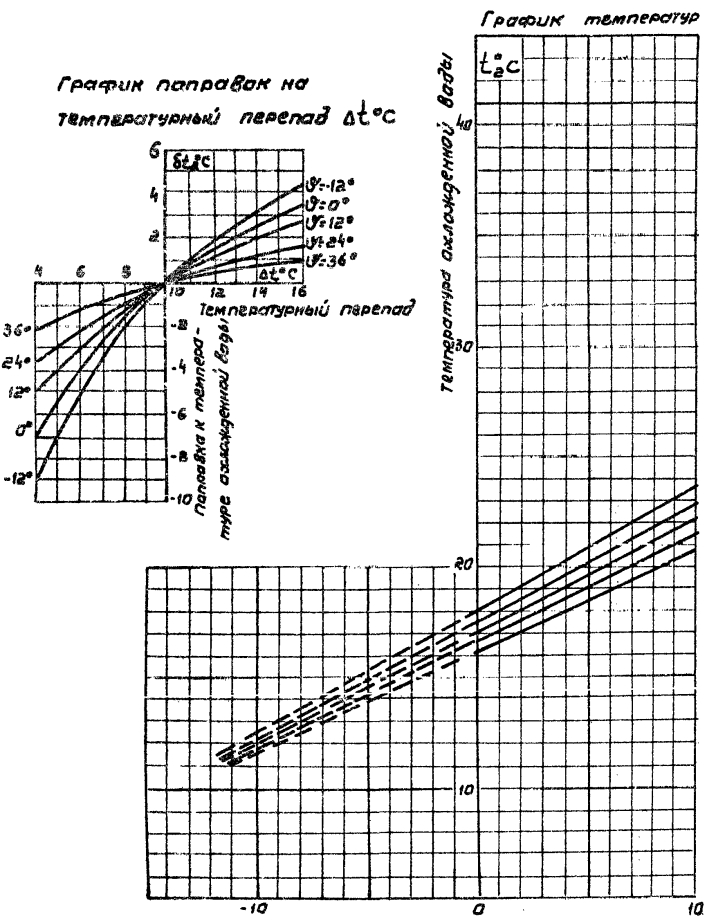
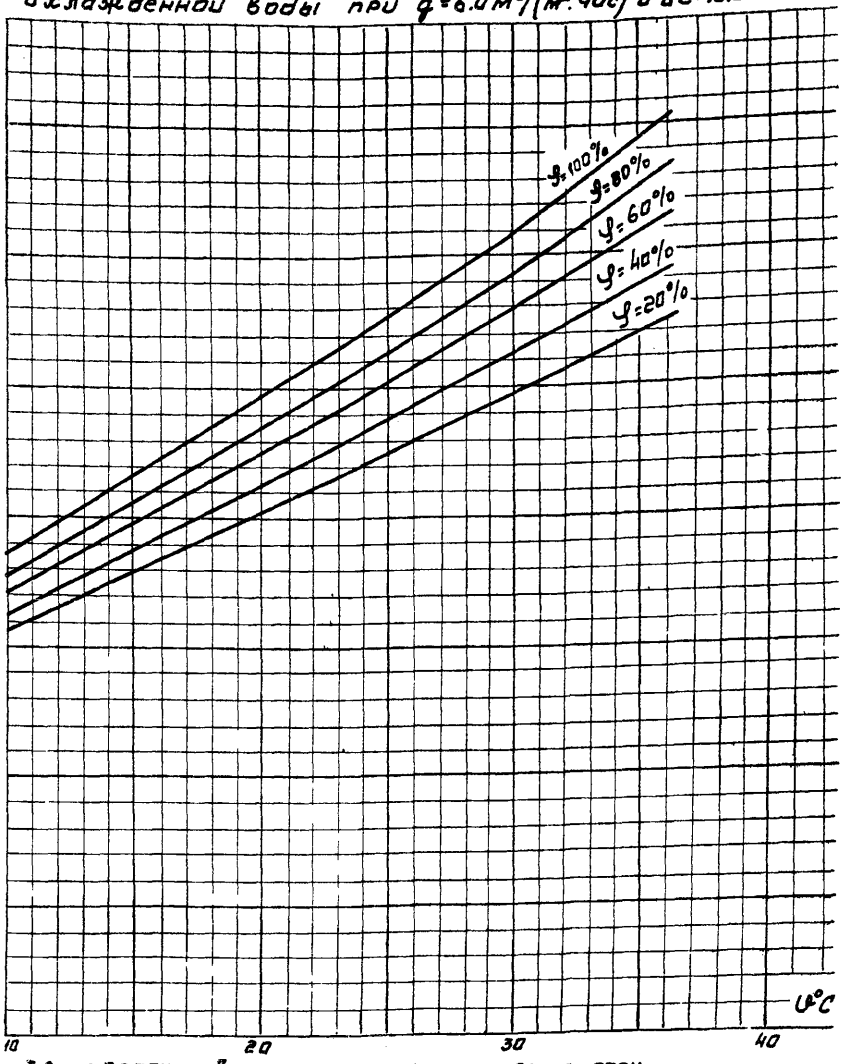


Рис. 11 Графики температур охлажденной

$F=3200м^2$

охлажденной воды при $q = 6.0\ м^3/(м^2 \cdot час)$ и $\Delta t = 10.0\ °C$



Температура воздуха по сухому термометру

Воды для градирни площадью орошения конструкции ЛОТЭП'Я

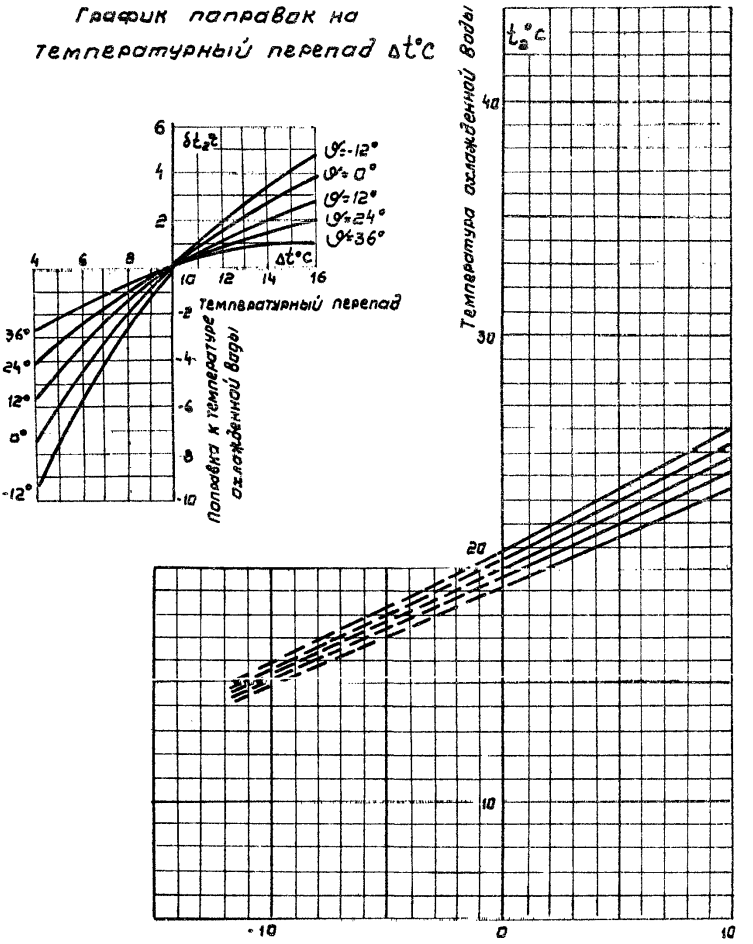
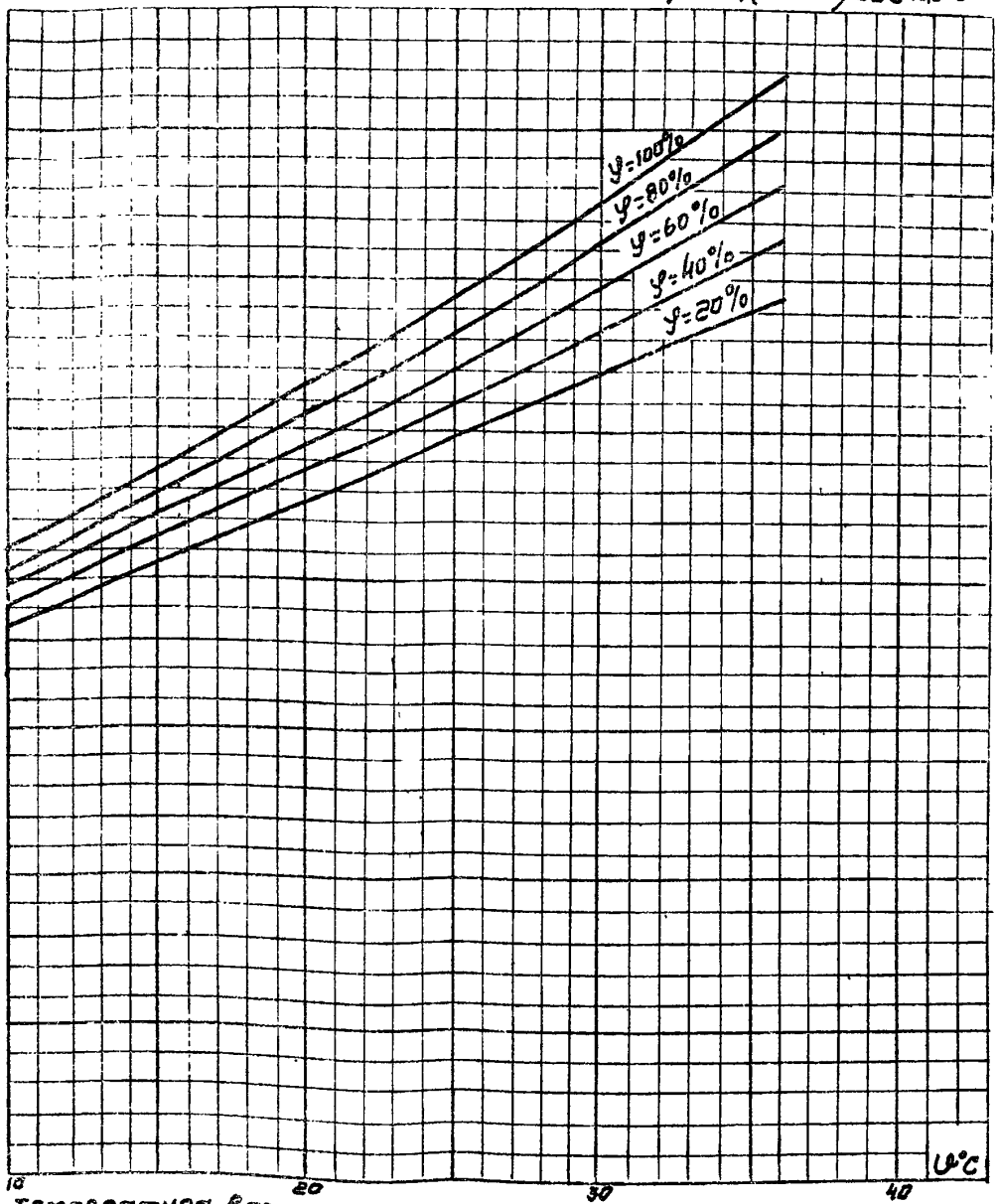


Рис.42 Графики температур охлажденной воды для $F = 3200\ м^2$

График температур охлажденной воды при $q = 8 м^3/(м^2 час)$ и $\Delta t = 10.0°C$



Температура воздуха по сухому термометру

Градирни площадью орошения

конструкции Латэп'я

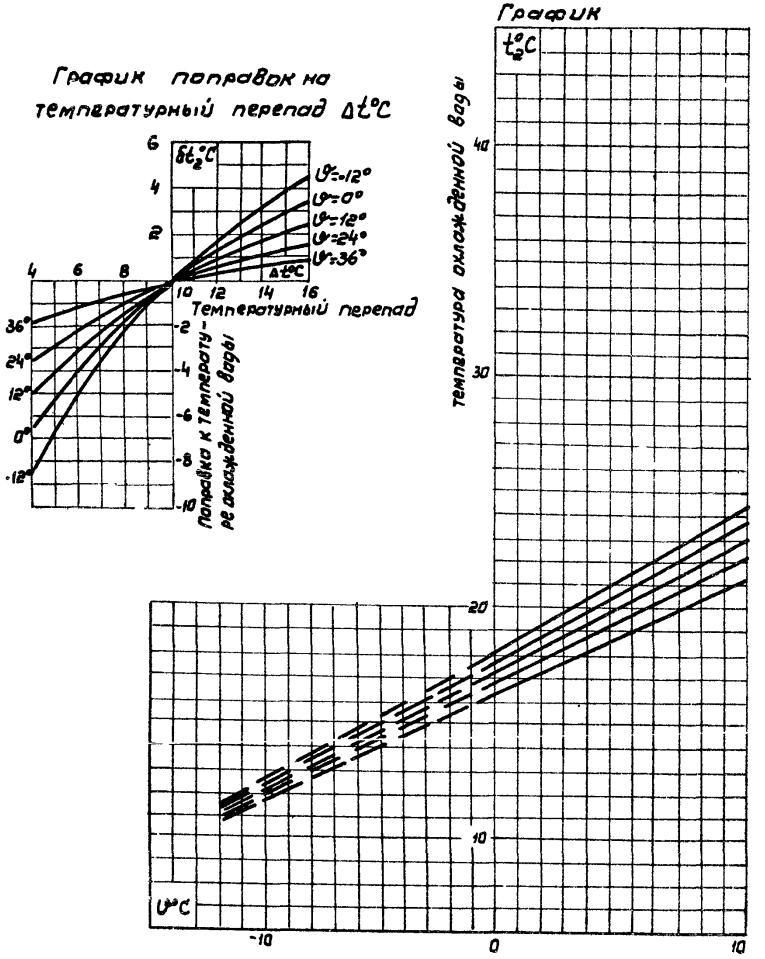
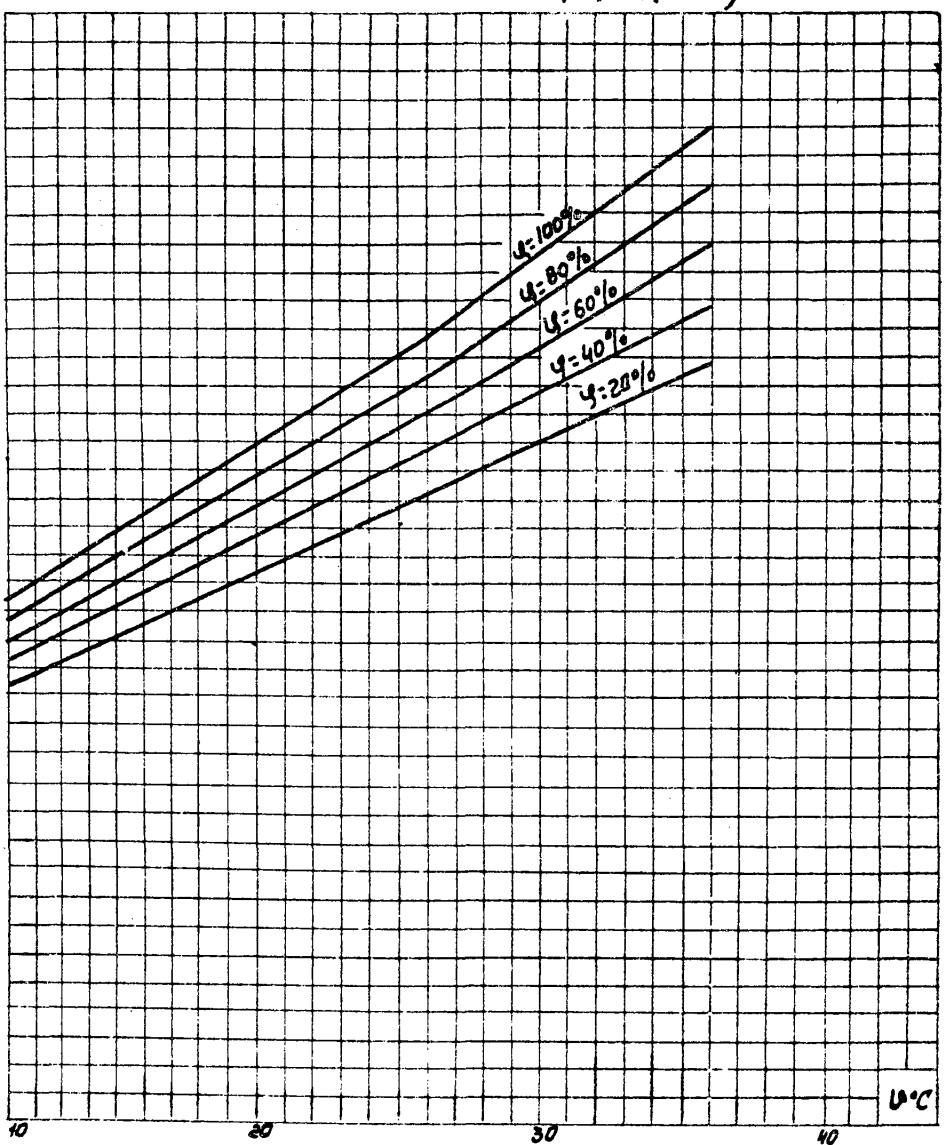


Рис.43 Графики температур охлажденной воды конструкции

температур охлажденной воды при $q=6,0 м^3/(м^2 час)$ и $\Delta t=10,0°C$



температура воздуха по сухому термометру

для градирни площадью орошения $F=4000 м^2$

ЛОТЭП'А

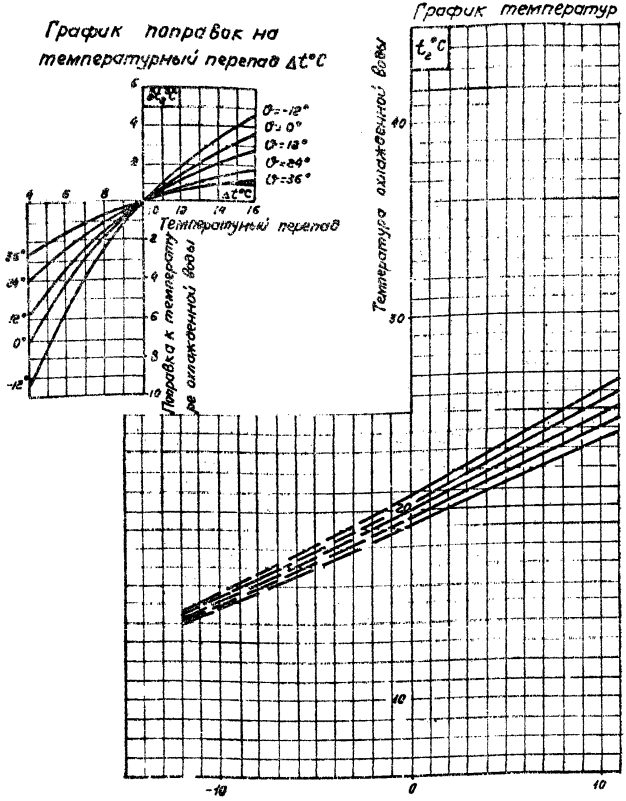
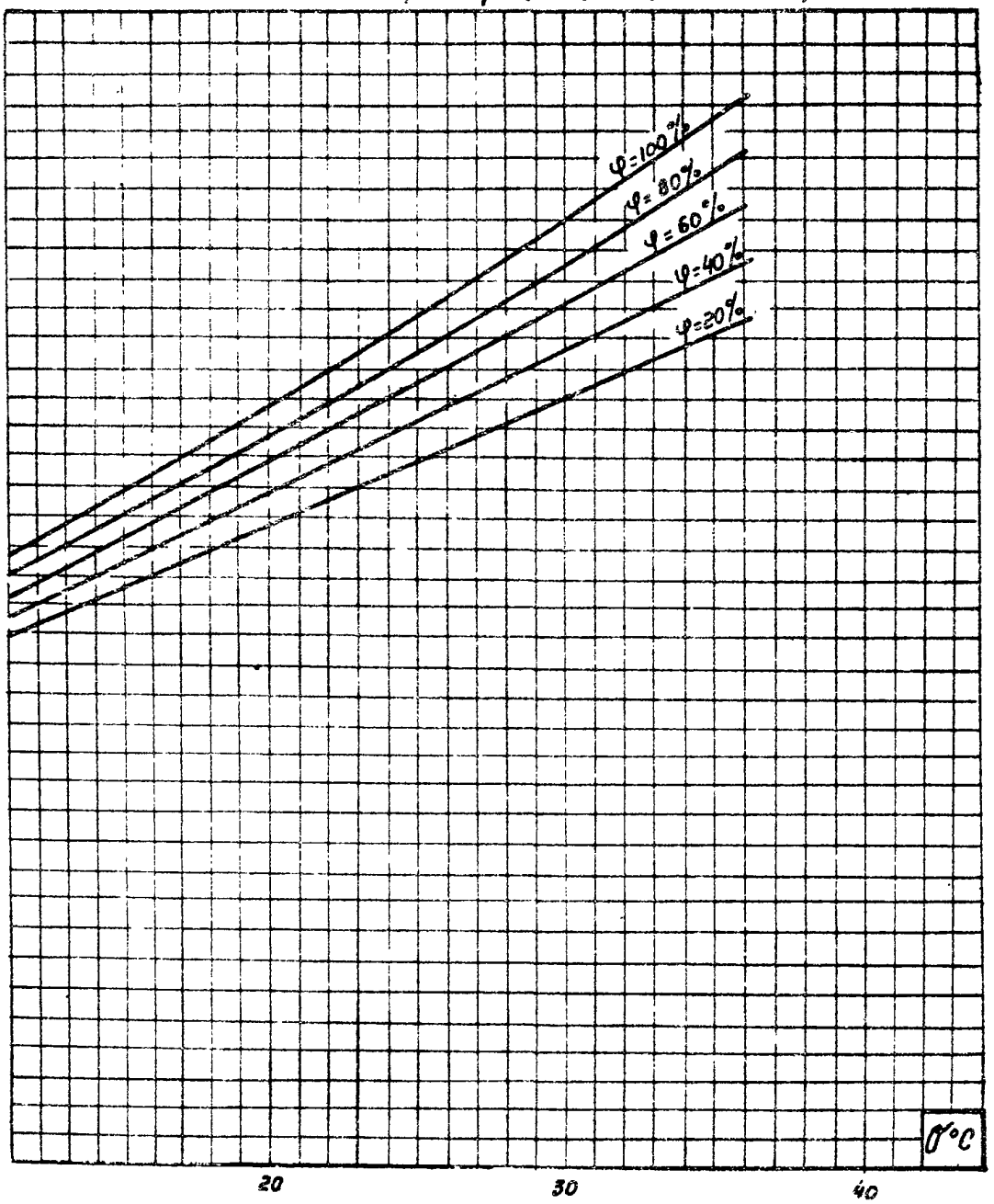


Рис. 44 Графики температур охлажденной воды конструкции

охлажденной воды при $q=8,0 м^3/(м^2 час)$ и $\Delta t=10,0°C$



Температура воздуха по сухому термометру

для градирни площадью орошения $F=4000 м^2$

ЛОТЭП'а

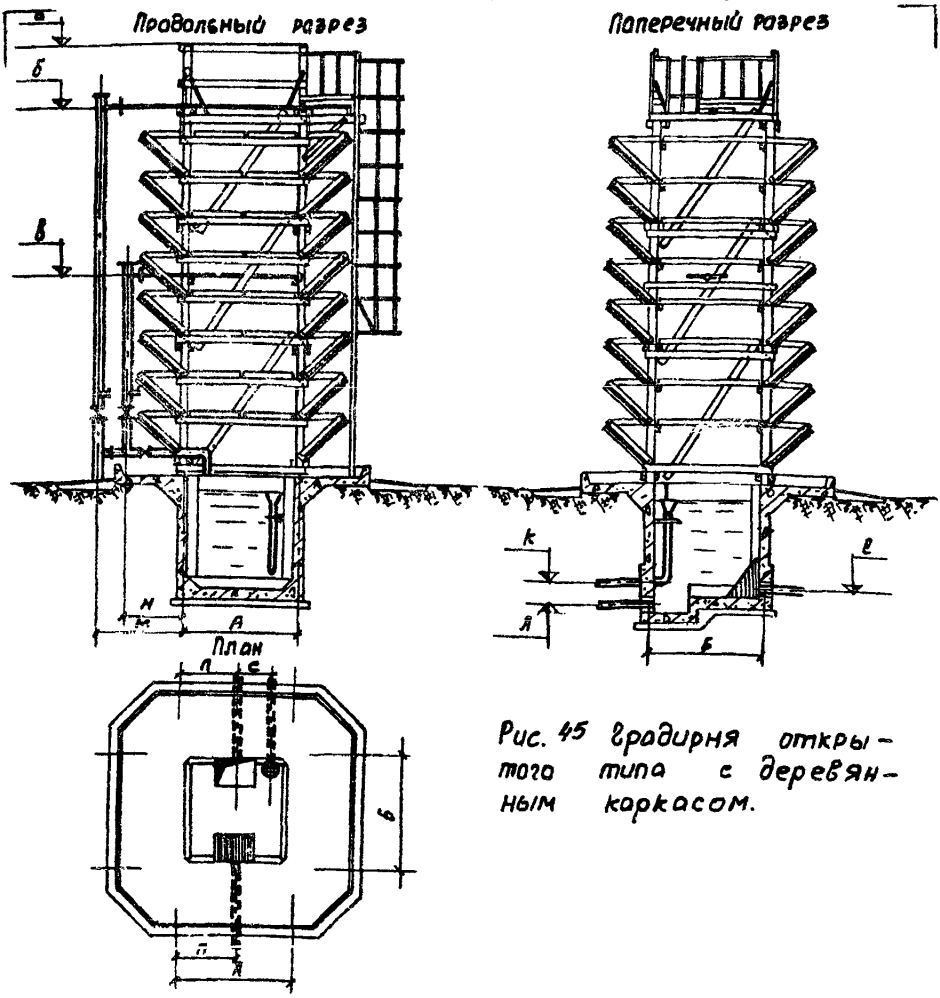


Рис. 45 Трибуна открытого типа с деревянным каркасом.

Обозначение	Площадь трибуны в плане, м²							
	4	8	12	16	32	48	64	80
А	2.000	4.000	6.000	4.000	8.000	12.000	16.000	20.000
Б	2.000	2.000	2.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
г	7.530	7.530	7.530	9.330	9.330	9.330	9.330	9.330
б	6.400	6.400	6.400	8.250	8.250	8.250	8.250	8.250
в	3.500	3.500	3.500	4.250	4.250	4.250	4.250	4.250
е	-1.866	-1.866	-1.827	-1.827	-1.800	-1.737	-1.737	-1.737
к	-1.700	-1.700	-1.700	-1.700	-1.700	-1.700	-1.700	-1.700
л	-2.216	-2.216	-2.216	-2.216	-2.216	-2.216	-2.216	-2.216
м	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500
н	1.100	1.100	1.100	1.100	1.100	1.100	1.100	1.100
п	1.000	1.000	1.000	2.000	2.000	6.000	8.000	10.000
с	0.700	0.700	0.700	0.700	0.700	0.700	0.700	0.700

РАЗДЕЛ Г
ОТКРЫТЫЕ ГРАДИРНИ

6. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫБОРУ ТИПОРАЗМЕРОВ, РЕЖИМОВ РАБОТЫ И РАСПОЛОЖЕНИЮ

6.I. Указания настоящей части "Руководства" распространяются на проектирование и привязку открытых градирен для районов СССР (за исключением районов вечной мерзлоты).

6.2. Характеристики типовых проектов приведены на рис.45 и в табл. 23.

6.3. Открытие градирни предназначены для применения в системах водоснабжения с расходом оборотной воды от I0 до 100 м3/ч для водопотребителей, относящихся ко II и III категориям по СНиП II-3I-74 п.I0.48.

6.4. Охладительный эффект работы открытых градирен обеспечивается при следующих оптимальных условиях:

- максимальная удельная тепловая нагрузка 50000 ккал/ч;
- плотность орошения 3-5 м3/ (м2.ч.);
- перепад температур воды, подаваемой на градирню и охлажденной, 5+I2^{o}C;
- минимальная разность значений температуры охлажденной воды и температуры воздуха по смоченному термометру $t_2 - \tau = 8+9^{o}C$.

6.5. Расчетные значения метеорологических параметров принимаются по СНиП II-А.6-72 "Строительная климатология и геофизика".

6.6. Значение расчетной скорости ветра принимается по СНиП II-А.6-72, соответствующее принятым расчетным значениям метеорологических факторов на высоте до I0 м.

6.7. Наибольшая ширина открытых градирен не должна превышать 4 м., общая высота градирен не должна превышать I6 м, число ярусов не более 20.

6.8. Водораспределительная система градирен должна быть запроектирована для летних и зимних условий эксплуатации.

Для градирен, работающих в зимних условиях, с целью уменьшения их обледенения должна быть предусмотрена водораспределительная система, располагаемая над нижней половиной градирни.

6.9. Размещение градирен на генплане промпредприятия следует производить так, чтобы свежий воздух беспрепятственно поступал к ним. Длинной стороной градирни располагаются перпендикулярно господствующим в летнее время ветрам.

6.10. Наименьшие допускаемые расстояния между градирнями открытого типа и различными сооружениями на промплощадке принимаются по СНиП П-М.1-71[x] применительно к брызгальным бассейнам с учетом примечаний к таблице I (см.п.I.9 настоящего "Руководства").

6.11. Градирни открытого типа устанавливаются только в один ряд. Разрыв между блоками градирен принимается не менее 5м по осям каркаса.

6.12. Потери на испарение и унос ветром, а также сброс воды из системы на продувку принимаются по СНиП II-31-74 (см. п.2.16 настоящего "Руководства").

6.13. На рисунке 46 приводятся расчетные графики работы открытых градирен.

Программа составлена для следующих условий:

- число ярусов решетника n =10;
- ширина активной зоны градирни Б≤4 м;
- угол наклона жалюзи 45^{0};
- скорость ветра v=1,5 м/с;
- температура атмосферного воздуха по влажному термометру τ =20^{0}С;

$$F = \frac{G_{*}}{q_{*}} \cdot d_{\tau} \cdot d_{v} \cdot d_{n}$$

где: F – требуемая площадь градирни, м2;

G_{*} – заданная производительность, м3/ч;

q_{*} – плотность орошения, м3/ (м2.ч);

d_{τ}, d_{v}, d_{n} – поправочные коэффициенты для конкретных условий.

Основные показатели открытой градирни

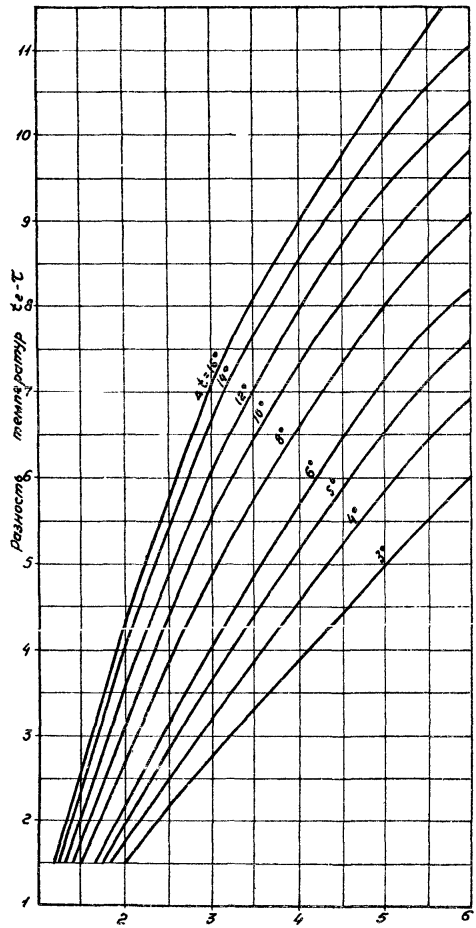
Таблица 23

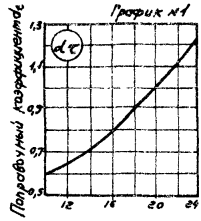
Номер проекта	Площадь градирни, м2	Расход материалов				Сметная стоимость, тыс.руб.			
		сталь, т		железобетон, м3	древесина, м3	общая	строительно-монтажных работ	оборудования	I м3 градирни
		строительная часть	технологическая часть						
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0
90I-6-57	4	0,86	0,3	7,0	0,5	2,I4	2,I4	-	28
	8	I,I3	0,4	I0,2	I,I	2,I9	2,9I	-	23
	I2	I,29	0,7	I3,4	I,6	3,79	3,79	-	22
	I6	I,4I	I,0	I3,9	2,9	4,60	4,60	-	I7
	32	I,9I	I,8	2I,9	5,7	7,I7	7,I7	-	I4
	48	2,54	2,8	29,9	8,6	9,85	9,67	0,I3	I4
	64	3,I2	3,5	39,2	II,5	I2,3I	I2,I3	0,I8	I4
	80	3,74	4,2	46,5	I4,3	I5,03	I4,77	0,26	I3

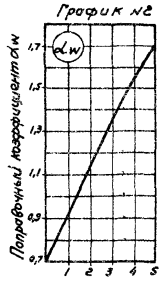
165505

16595

Графики для определения поправочных коэффициентов







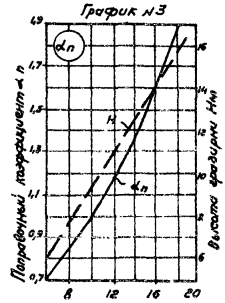


Рис. 46 Номограмма для расчета открытой капельной градирни

РАЗДЕЛ Д

7. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ГРАДИРЕН

7.I. Выбор наиболее эффективных проектных решений различных типов градирен производится согласно "Инструкции по определению экономической эффективности капитальных вложений в строительстве" СН 423-7I , "Инструкции по определению экономической эффективности использования в строительстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений" СН 509-78, приказа Союзводоканалпроекта № 239 от 24.IX.76 г. "Рекомендации по составлению смет эксплуатационных расходов внеплощадочных систем водоснабжения и канализации промышленных предприятий", а также "Методических указаний по технико-экономическим расчетам систем технического водоснабжения ТЭС, третья редакция", ВГПИ Теплоэлектропроект, 1972 г.

Адреса институтов - исполнителей

СОЮЗВОДОКАНАЛПРОЕКТ

117832, Москва, В-331
проспект Вернадского, 29

ПРОМСТРОЙПРОЕКТ

119048, Москва, Г-48
Комсомольский проспект, 42

ЦНИИПРОЕКТСТАЛЬКОНСТРУКЦИЯ

Москва, ГСП, В-312
Новые Черемушки, квартал 26, корпус 2

Л.О.ТЕПЛОЭЛЕКТРОПРОЕКТ

103336, Ленинград
Суворовский проспект, 2а

ВНИИ ВОДГЕО

119826, Москва, Г-48
Комсомольский проспект, 42

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ ТИПОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ГОССТРОЯ СССР

Москва, А-445, Смольная ул., 22

Сдано в печать VII 63 г.

Заказ № 9124 Тираж 300 экз.

gost.e-ecolog.ru