

# Теплотехнический расчет башенной градирни. Характеристики охлаждающей способности.

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Настоящий теплотехнический расчет предназначен для определения теплотехнических характеристик работы градирни №3 ТЭЦ после технического перевооружения, требуемой высоты теплообменного устройства (оросителя) и построения охлаждающей характеристики градирни в зависимости от климатических параметров и нагрузок.

Настоящий теплотехнический расчет выполнен в соответствии с методикой, изложенной в Пособии по проектированию градирен к СНиП 2.04.02.84, совместно с расчетом силы тяги градирни (аэродинамическим расчетом) и на основании исходных данных

## 2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

### 2.1 Конструктивное исполнение градирни

Конструктивное исполнение градирни и основные размеры приведены в таблице 1.

Таблица 1

№ п/п	Наименование	Тип
1.	Тип градирни	Башенная, гиперболическая, железобетонная
2.	Площадь орошения	1520 м <sup>2</sup>
3.	Высота башни	55 м
4.	Диаметр основания башни	48 м
5.	Диаметр устья башни	26 м
6.	Высота воздухоходного окна	3,5 м
7.	Система водораспределения	напорная
8.	Тип сопел	эвольвентные

### 2.2 Требования по техническим параметрам работы градирни

Требования по техническим параметрам работы градирни после техперевооружения приведены в таблице 2.

Таблица 2

№ п/п	Параметры градирни	Значение
1	Расчетные климатические параметры работы градирни	1
1.1	температура атмосферного воздуха по сухому термометру, °С	27,6
1.2	относительная влажность воздуха, %	51
1.3	Температура атмосферного воздуха по влажному термометру	20,1
2.	Расчетная гидравлическая нагрузка градирни, м <sup>3</sup> /ч	10500
3.	Расчетный температурный перепад на градирне, °С	10,0

Взам. инв. №	
Подпись и дата	
Инв. № подл.	

Изм	Коп уч	Лист	№ док	Подпись	Дата
-----	--------	------	-------	---------	------

№ п/п	Параметры градирни	Значение
4.	Расчетная тепловая нагрузка на градирне, Гкал/ч	105
5.	Режим работы оборудования	постоянный
6.	Температура охлажденной воды на выходе из градирни, при расчетных параметрах работы градирни и атмосферного воздуха, °С	Не более +33,0

### 3. МЕТОДИКА ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОГО РАСЧЕТА БАШЕННОЙ ГРАДИРНИ

Тепловой расчет башенной градирни выполняется в соответствии с методикой, изложенной в Пособии по проектированию градирен к СНиП 2.04.02.84, совместно с расчетом силы тяги градирни (аэродинамическим расчетом).

Расчет градирен производится при заданных трех значениях скорости воздуха в полном сечении оросительного устройства. Для каждого значения скорости воздуха определяют состояние воздуха и температуру воды по следующим расчетным формулам:

Величина плотности орошения:

$$q = \frac{Q}{F} \text{ (м}^3 \text{ / м}^2 \text{ ч)}$$

Относительный расход воздуха:

$$\lambda = \frac{V_{\text{вд}} \gamma_{\text{в.с.}}}{q \gamma_{\text{ж}}}$$

Температура горячей воды  $t_1 = t_2 + \Delta t$  (°С)

Теплосодержание воздуха, выходящего из оросительного устройства, определяется по формуле:

$$i_2 = i_1 + \frac{\Delta t}{\epsilon \lambda} \text{ (ккал / кг)}$$

Температура выходящего воздуха определяется по формуле:

$$\theta_2 = \theta_1 + (t_{\text{сп}} - \theta_1) \frac{i_2'' - i_1''}{i_m'' - i_1''} \text{ (}^\circ\text{C)}$$

Поправка, учитывающая погрешность при замене кривой  $i'' = F(t)$  прямой линией, определяется формулой:

$$\delta i'' = \frac{i_1'' + i_2'' + 2i_m''}{4},$$

где  $i_m''$  - теплосодержание насыщенного воздуха при  $t_{\text{сп}} = \frac{t_1 + t_2}{2}$

Величина объемного коэффициента массообмена:

$$\beta_{\text{вч}} = A V_{\text{вд}}^{0,6} q^{0,4} \text{ (кг / м}^3 \text{ ч)},$$

где А-коэффициент характеризующий интенсивность массоотдачи по результатам лабораторных или натурных испытаний градирен с рассматриваемыми типами оросителей, 1/м, m – показатель степени, характеризующий зависимость объемного коэффициента массоотдачи от изменения массовой скорости воздуха.

Принимаемый ороситель (тепломассообменное устройство) при техперевооружении градирни №3 ИК-110М. Технические характеристики оросителя приведены в таблице 3.

**Таблица 3**

Тип оросителя	$h$	$A$	$m$	$\zeta_{\text{с.ор}}$	$K_{\text{ор}} \cdot 10^3$
ИК-110М	1,35	1,744	0,45	7,8	0,167

Изм. инв. №	
Подпись и дата	
Изм. № подл.	

Изм.	Коп. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата
------	----------	------	--------	---------	------

$$\Delta i_{cp} = \frac{c_{ж} \gamma_{ж} q \Delta t}{\epsilon k_{\beta} \beta_{xv} h_{op}} \text{ (ккал/кг)}$$

$$\Delta i_{cp} = \frac{\Delta i_1 - \Delta i}{2,31g \frac{\Delta i_1 - \delta i''}{\Delta i_2 - \delta i''}} \text{ (ккал/кг)}, \text{ где}$$

$$\Delta i_1 = i_1'' - i_2 \text{ (ккал/кг);}$$

$$\Delta i_2 = i_2'' - i_1 \text{ (ккал/кг).}$$

Сопротивления градирни и тяги воздуха для каждого значения скорости воздуха в оросителе определяется по формулам:

Сила тяги в градирне определяется по формуле:

$$Z = (H_{\sigma} + 0,5h_{op})(\gamma_1 - \gamma_2) \text{ (мм.вод.ст.)}$$

Величина сопротивления градирни

$$Z' = \frac{k_{\zeta} \zeta_{общ} v_{op}^2}{2g} \left( \frac{\gamma_1 + \gamma_2}{2} \right) \text{ (мм.вод.ст.)}$$

Решение уравнений сопротивления и тяги, определение скорости воздуха и температуры охлажденной воды в башенной градирне производится графически. На графике строятся кривые сопротивления градирни, тяги воздуха и кривая температуры охлажденной воды в зависимости от скорости воздуха в оросителе. Скорость воздуха в оросителе и температура охлажденной воды в градирне определяется графически: точка пересечения кривых сопротивления и тяги воздуха сносится на кривую температуры охлажденной воды.

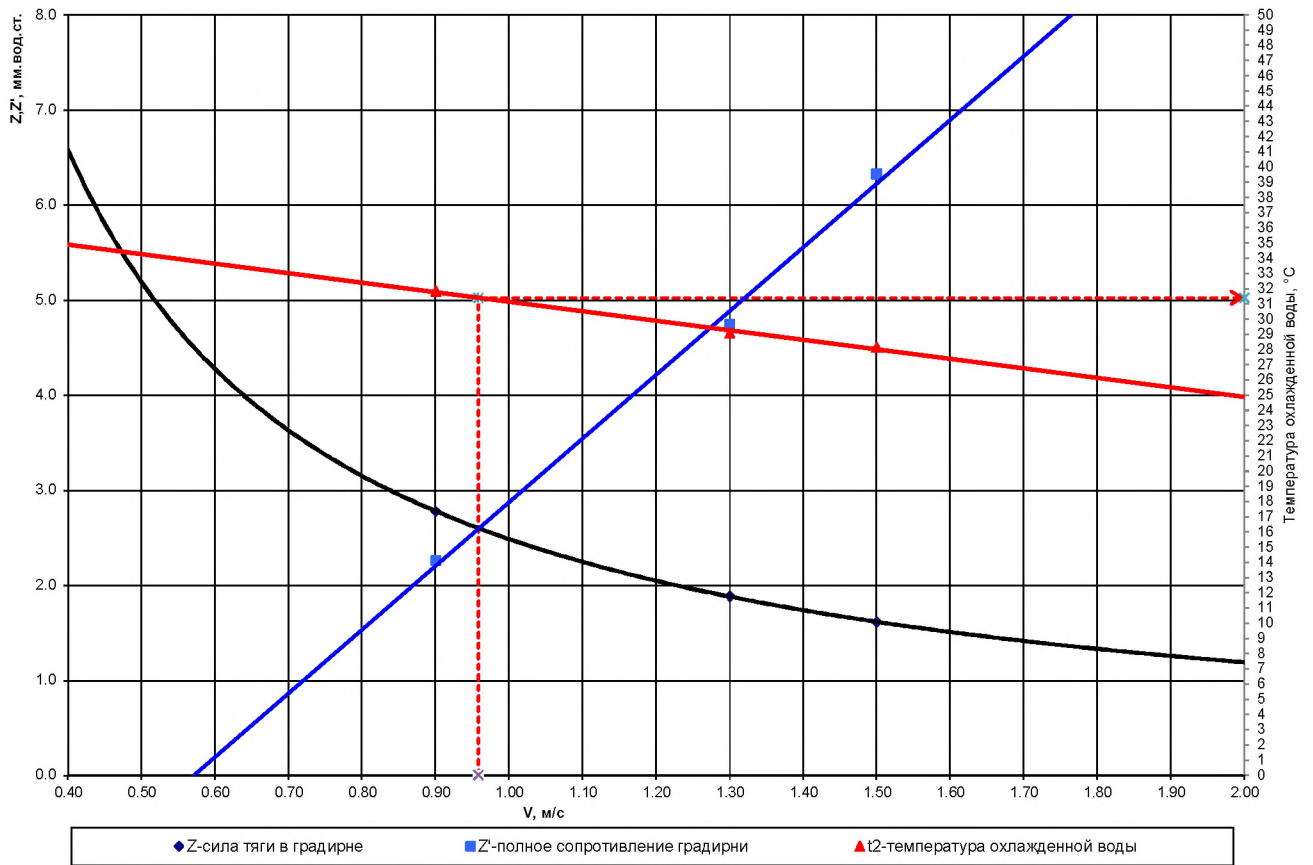
#### 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОГО РАСЧЕТА

Настоящий теплотехнический расчет выполняется для определения требуемой высоты теплообменного устройства (оросителя) для обеспечения требуемой температуры охлажденной воды на выходе из градирни не более +33°C, при расчетных параметрах работы градирни и атмосферного воздуха.

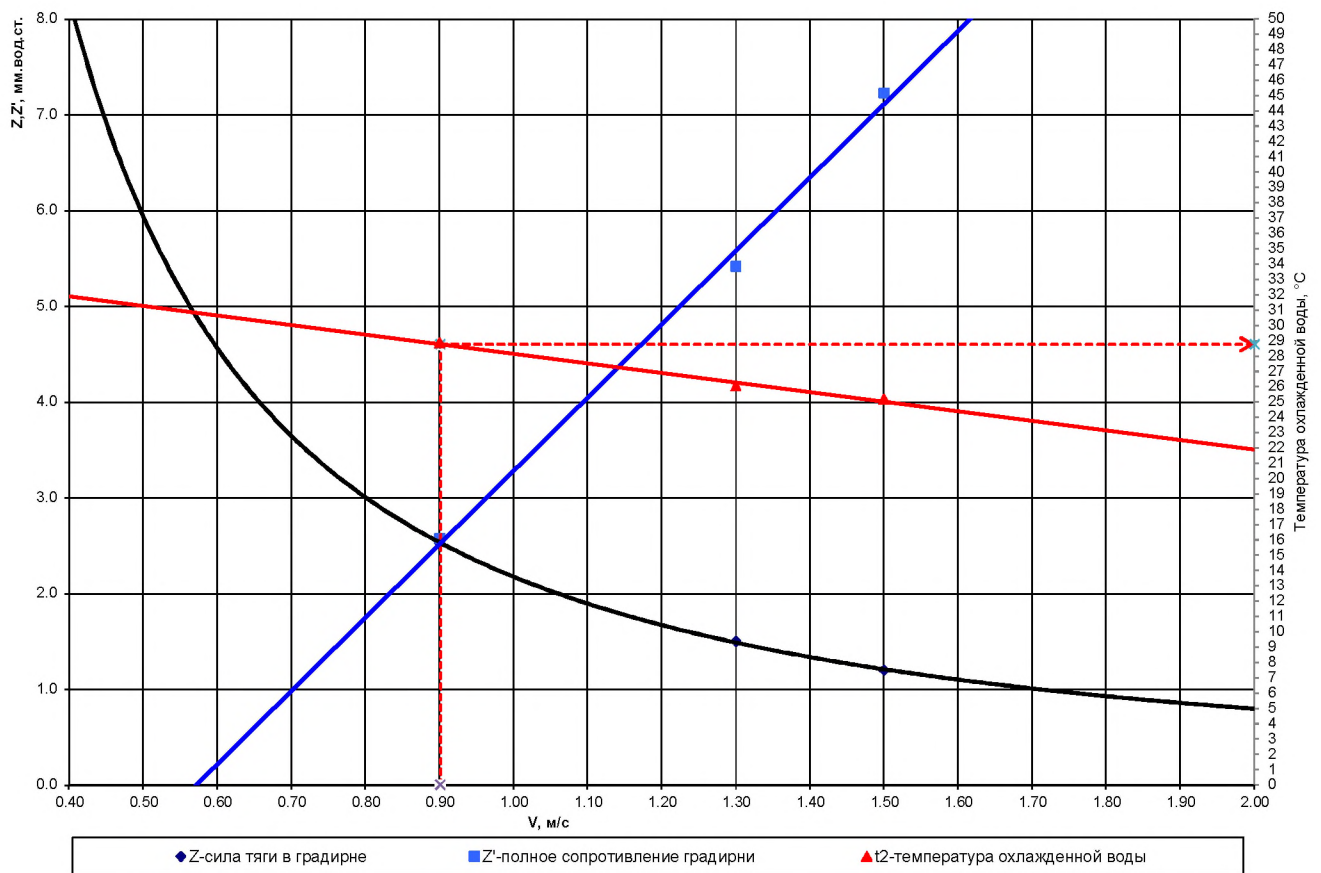
Исходя из габаритных размеров единичных блоков применяемого оросителя ИК-110М 450x910x600(высота x ширина x глубина) теплотехнический расчет производится для трех высот оросительного устройства – 0,9 метра, 1,35 метра, 1,8 метра.

Результаты теплотехнического расчета башенной градирни, при разных высотах оросителя представлены на рис. 1,2,3 и в сводной таблице 4.

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							Лист
			Изм	Коп	уч	Лист	№ док	Подпись	



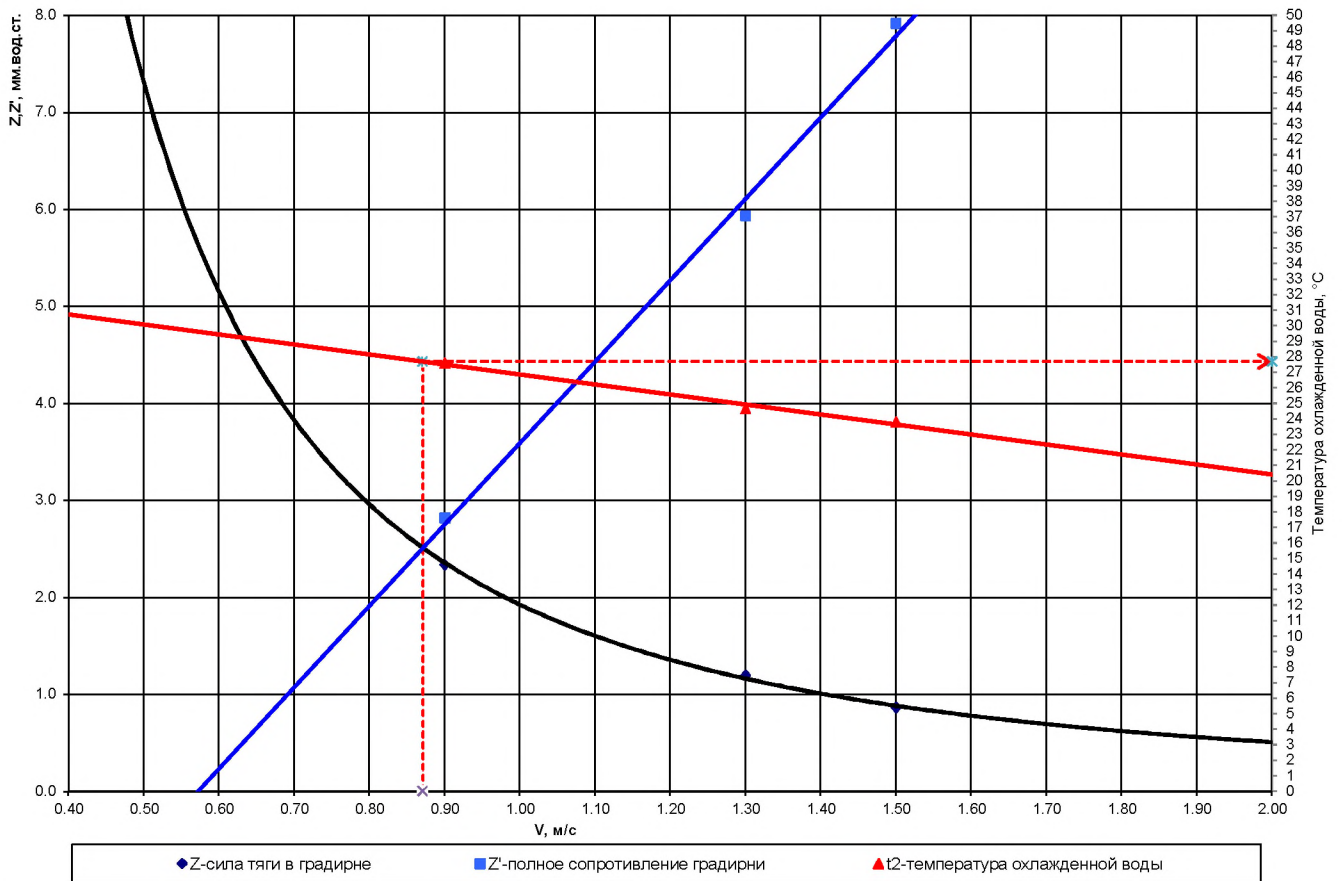
**Рис. 1. Результирующий график определения температуры охлажденной воды при высоте оросителя 0,9 метра ( $T_2=32,4^\circ\text{C}$ )**



**Рис. 2. Результирующий график определения температуры охлажденной воды при высоте оросителя 1,35 метра ( $T_2=28,8^\circ\text{C}$ )**

Инва. № подл. | Подпись и дата | Взам. инв. №

Изм.	Коп. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата



**Рис. 3. Результирующий график определения температуры охлажденной воды при высоте оросителя 1,8 метра ( $T_2=27,7^{\circ}\text{C}$ )**

**Таблица 4.**

Сводная таблица результатов теплотехнического расчета башенной градирни при различной высоте оросителя

Параметр	Результаты теплотехнического расчета температуры охлажденной воды	Требования по температуре охлажденной воды по Техническому заданию	$\Delta$
Температура охлажденной воды на выходе из градирни, при расчетных параметрах работы градирни, атмосферного воздуха и высоте оросителя ИК-110М - <b>0,9 м</b>	32,4°C	Не более 33°C	0,6
Температура охлажденной воды на выходе из градирни, при расчетных параметрах работы градирни, атмосферного воздуха и высоте оросителя ИК-110М - <b>1,35 м</b>	28,8°C	Не более 33°C	4,2
Температура охлажденной воды на выходе из градирни, при расчетных параметрах работы градирни, атмосферного воздуха и высоте оросителя ИК-110М - <b>1,8 м</b>	27,7°C	Не более 33°C	5,3

Изм. № подл.  
Подпись и дата  
Взам. инв. №

Изм. Коп. уч. Лист. № док. Подпись. Дата

**Вывод:**

По выполненным теплотехническим и аэродинамическим расчетам охлаждающей способности градирни, из рассмотренных вариантов высотного исполнения оросителя (тепло-массообменного устройства), требованиям по обеспечению температуры охлажденной воды на выходе из градирне не более +33°C соответствуют все рассмотренные варианты высоты оросителя ИК-110М 0,9м, 1,35м, 1,8м.

Наиболее рациональным вариантом исполнения высоты оросителя при техперевооружении градирни №3 по совокупности показателей: температура охлажденной воды, разница температур охлажденной воды и требования технического задания, степени влияния на эффективность работы паровых турбин ТЭЦ, влияния на ограничение мощности, капитальным затратам является вариант с применением оросителя ИК-110М высотой 1,35 метра.

**По результатам теплотехнического расчета при разработке проектной и рабочей документации по техперевооружению градирни №3 ТЭЦ рекомендуется принять ороситель ИК-110М высотой 1,35 метра.**

Изм.	Коп. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

## 5. ХАРАКТЕРИСТИКА ОХЛАЖДАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ГРАДИРНИ

Характеристика охлаждающей способности градирни при различных значениях плотности орошения ( $q$ ) и перепаде температур воды ( $\Delta t$ ) в зависимости от температуры и влажности наружного воздуха представлен на рис. 4. Поправки к температуре охлажденной воды при изменении расчетных условий по температурному перепаду на градирне и относительной влажности атмосферного воздуха представлены на рис.4.1, рис.4.2.

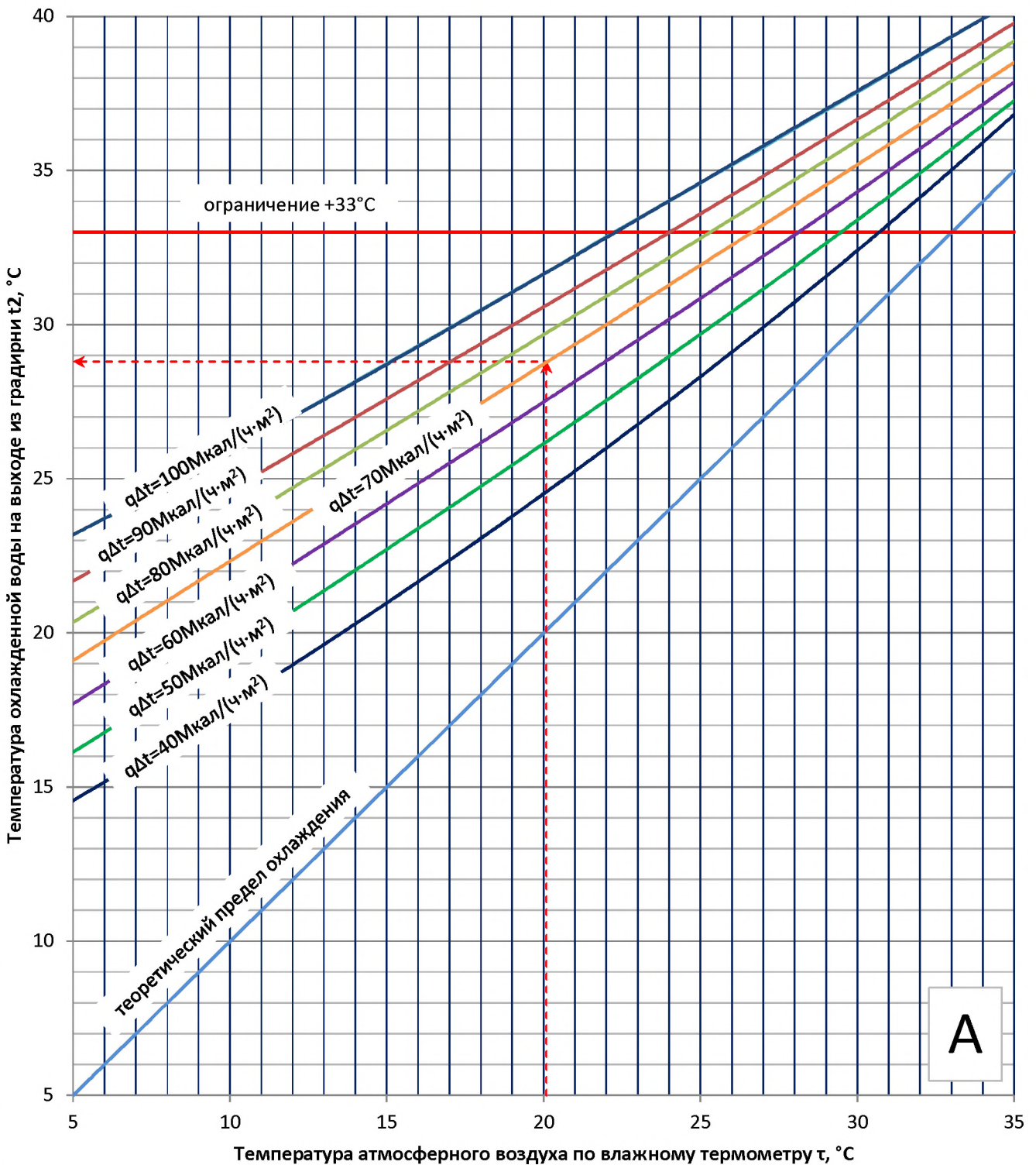


Рис 4. Расчётная охлаждающая характеристика башенной градирни №3 после техпереворужения при оросителе ИК-110М высотой 1,35 метра

Изм. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №

Изм	Коп уч	Лист	№ док	Подпись	Дата

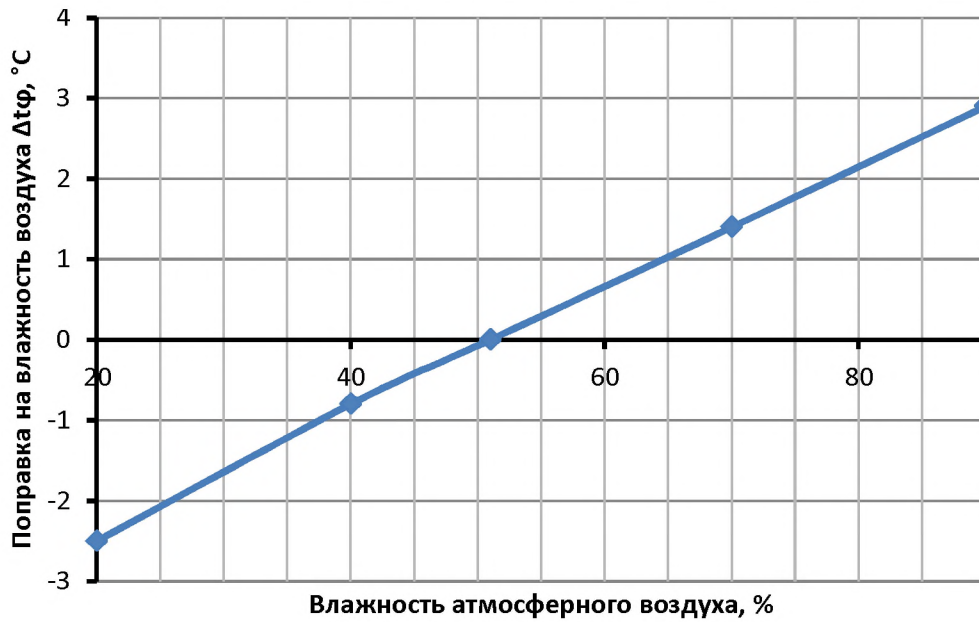


Рис 4.1. Расчетный график определения поправки к температуре охлажденной воды в зависимости от относительной влажности воздуха

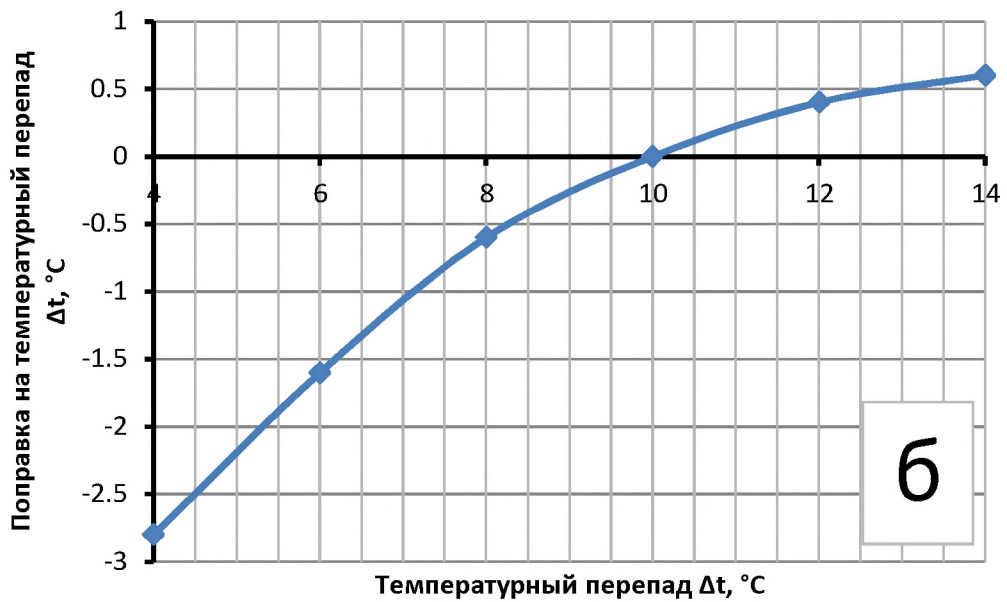


Рис 4.2. Расчетный график определения поправки к температуре охлажденной воды в зависимости от перепада температур

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №					Лист
Изм.	Коп. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		