ТИПОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

903-01-280.90

Рекомендации для проектирования котельных с применением контактных теплообменников подогревателей дутьевого воздуха(КТМО-ПДВ)

АЛЬБОМ I

Пояснительная записка

24586-01
ЦЕНА 2-85

gost.e-ecolog.ru

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ ТИПОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ГОССТРОЯ СССР

Москва. А-445. Смольная ул., 22

Сдано в печать IX - 1991 года

Заказ № 7922 Тираж 800 экз.

ТИПОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

903-01-280.90

Рекомендации для проектирования котельных с применением контактных теплообменников-подогревателей дутьевого воздуха (КТМО-ПДВ)

АЛЬБОМ I

Пояснительная записка

Разработан
проектным институтом
"Латтипропром"

Утвержден и введен в действие ГПКНИИ "СантехНИИпроект" Госстроя СССР протоколом от 17.07.1990 г. № 5

Главный инженер института — В.Аржинов

Главный инженер проекта — Н.Кириллова

© АПП ЦИТП, 1991

24586-01 2

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
I. Введение	5
2. Описание конструкции и принципа работы КТМО-ЦДВ	7
3. Описание типового ряда КТМО-ЦДВ:	I2
3.I. Номенклатура типового ряда КТМО-ЦДВ и рекомендации по комплектованию аппаратами котлоагрегатов	I2
3.2. Конструктивные решения типового ряда КТМО-ЦДВ	I4
3.2.I. Корпус аппарата	I4
3.2.2. Орошающее устройство	I8
3.2.3. Сепарационное устройство	I9
4. Рекомендации по установке КТМО-ЦДВ в котельных:	
4.I. Общие принципы проектирования	2I
4.I.I. Пример расчета выхода и возможного использования тепловых ВЭР котельной	24
4.2. Методика теплобалансового расчета аппаратов КТМО-ЦДВ	36
4.2.I. Исходные данные	36
4.2.2. Теплобалансовый расчет I ступени камеры орошения	37
4.2.3. Теплобалансовый расчет II ступени камеры орошения	39
4.3. Гидравлический расчет аппаратов КТМО-ЦДВ	4I

Стр.

4.3.1. Исходные данные для расчета..... 41
4.3.2. Последовательность гидравлического расчета камеры орошения..... 41
4.4. Аэродинамический расчет аппаратов КТМО-ПДВ 41
4.4.1. Общие рекомендации по расчету воздушных трактов котельных при установке аппаратов КТМО-ПДВ..... 41
4.4.2. Методика аэродинамического расчета аппаратов КТМО-ПДВ..... 44
4.5. Рекомендации по проектированию контура орошающей воды..... 45
4.5.1. Условия циркуляции орошающей воды.... 45
4.5.2. Выбор бака орошающей воды..... 46
5. Рекомендации по определению экономической и экологической эффективности установки аппаратов КТМО-ПДВ..... 51
5.1. Общие принципы определения экономической эффективности..... 51
5.2. Определение капитальных вложений и годовых эксплуатационных расходов..... 51
5.3. Методика расчета экологической эффективности применения КТМО-ПДВ..... 53
6. Пример выполнения теплобалансового расчета аппарата КТМО-70 ПДВ..... 59
7. Пример расчета гидравлического сопротивления камеры орошения КТМО-70 ПДВ..... 64
8. Пример расчета аэродинамического сопротивления аппарата КТМО-70 ПДВ..... 65

Стр.

9. Пример расчета экологической эффективности установки аппарата КТМО-10 ПДВ..... 66

10. Автоматизация работы КТМО-ПДВ совместно с КТАН УГ..... 69

10.1. Контроль и измерение сред местными приборами 69

10.2. Контроль со щита КИП..... 70

10.3. Контроль и регистрация со щита КИП..... 70

10.4. Защита от обмерзания аппарата КТМО-ПДВ. 71

10.5. Сигнализация на щите КИП..... 71

11. Литература..... 73

I. ВВЕДЕНИЕ

Типовые материалы для проектирования разработаны на основании Перечня работ по типовому проектированию на 1990 г. Госстроя СССР, раздел 7, п.ТБ7.3.21 и в соответствии с заданием на разработку, утвержденным 15.02.1990 г. зам.начальника Главного управления проектирования Госстроя СССР.

Назначением работы является обеспечение проектных организаций материалом, необходимым для разработки установок нагрева и увлажнения дутьевого воздуха паровых и водогрейных котлов теплопроизводительностью от 2 до 100 Гкал/ч, работающих на природном газе и оборудованных контактными утилизаторами теплоты дымовых газов, устанавливаемых в отопительных и производственных котельных при расчетной температуре наружного воздуха до минус 30°С.

В настоящее время подогрев дутьевого воздуха котлоагрегатов до заданной температуры осуществляется за счет использования первичного теплоносителя, что, в конечном итоге, влияет на тепловой баланс котельной и приводит к уменьшению отпуска первичной теплоты потребителям.

Институтом "Латгипропром" разработан новый тип аппаратов-подогревателей дутьевого воздуха КТМО-ПДВ(контактный тепломассообменник-подогреватель дутьевого воздуха), позволяющий использовать в качестве теплоносителя как первичную, так и вторичную теплоту (тепловые ВЭР).

Аппараты рассчитаны и предназначены для нагрева дутьевого воздуха котлоагрегатов от 0 до + 30°С и его увлажнения.

				903-01-280.90		
ГИП	Кириллова					
Нач.отд.	Лукин			Рекомендации для проектирования котельных с применением контактных тепломассообменников-подогревателей воздуха (КТМО-ПДВ)	Стадия	Лист	Листов
Н.контр.	Шнитко					I	73
Гл.спец.	Лукин				ЛАТГИПРОПРОМ		
Вед.инж.	Михайлов						
Инж.	Логунов						

Целью применения контактного подогревателя является использование низкопотенциальных тепловых ВЭР, а также подавление образования окислов азота за счет внесения в зону горения водяных паров, насыщающих дутьевой воздух в процессе контактного нагрева. Источником теплоты может служить как теплота, получаемая от утилизации теплоты дымовых газов котлоагрегатов, так и тепловые ВЭР какого-либо технологического процесса, что позволяет решать более эффективно проблему их использования.

В случае применения аппарата совместно с КТАНом-утилизатором процесс нагрева дутьевого воздуха оказывается замкнутым по теплоте. При этом отсутствуют дополнительные затраты топлива на нагрев и внесение водяных паров в зону горения, так как скрытая теплота парообразования, затрачиваемая на увлажнение воздуха, возвращается в цикл за счет конденсации содержащихся в дымовых газах водяных паров на насадке контактного утилизатора.

Применение аппаратов КТМО-ПДВ позволяет повысить эффективность использования низкопотенциальной теплоты и экономить (по отношению к установленной мощности котлоагрегата) до 3,5% первичной теплоты.

До освоения серийного выпуска КТМО-ПДВ всех типоразмеров они могут быть изготовлены как нестандартизированное оборудование по рабочей документации, выполненной институтом "Латгипропром" Латвийской ССР и переданной в ЦИТП, серия 5.903-17, выпуски 0...5 " Контактные тепломассообменники-подогреватели дутьевого воздуха КТМО-ПДВ к котлам".

Расчеты по выбору КТАН-УТ приведены в типовых материалах для проектирования 903-01-258.87, ал.I "Рекомендации для проектирования котельных и промышленных ТЭЦ с применением КТАНов-утилизаторов".

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

Копировал

24586-01 7 Формат А4

2. ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ПРИНЦИПА РАБОТЫ КТМО-ЦДВ

Контактный тепломассообменник-подогреватель дутьевого воздуха применяется для нагрева и увлажнения воздушных потоков.

КТМО-ЦДВ относится к теплообменным аппаратам смесительного типа с непосредственным взаимодействием воздушного потока с распыляемой форсунками греющей водой.

Аппарат состоит из корпуса I, двух камер орошения 2, промежуточного сепаратора 3, конечного сепаратора 4, воздушных клапанов 5 (см.рис.2.I).

Конструктивно установка выполняется одним блоком.

Вход воздушного потока осуществляется через устанавливаемые воздушные клапаны 5, которыми производится регулировка количества смешивающихся наружного и теплого (из верхней зоны) воздуха из котельной.

В разработанной конструкции могут применяться клапаны типа ПГВУ.

Регулирование смешения потоков необходимо при отрицательных температурах наружного воздуха с целью обеспечения температуры воздушного потока на входе в аппарат не ниже $0^{\circ}C$ для предотвращения снегообразования и обмерзания стенок воздуховода. Затем воздушный поток проходит через I ступень оросительной камеры 2, представляющей собой один ряд форсунок с направлением распыла воды против направления воздушного потока. Распыл воды осуществляется через тангенциальные широкофакельные форсунки типа ШФ.

Требуемый расход орошающей воды определяется коэффициентом орошения.

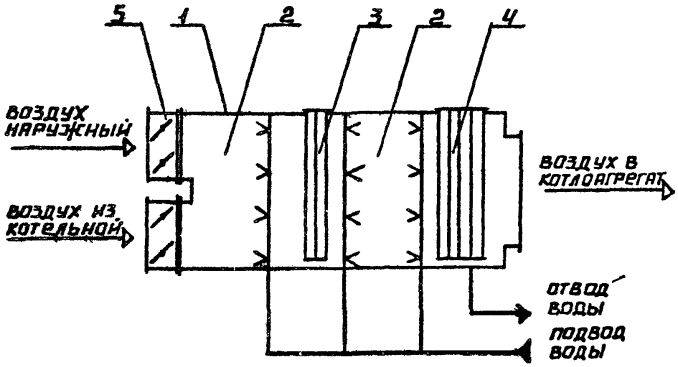

РИС. 2.1. ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА КТМО - ПОДОГРЕВАТЕЛЯ ДУТЬЕВОГО ВОЗДУХА

1 - КОРПУС
2 - КАМЕРА ОРОШЕНИЯ
3 - СЕПАРАТОР ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ
4 - СЕПАРАТОР КОНЕЧНЫЙ
5 - КЛАПАНЫ ВОЗДУШНЫЕ

ИНВ. № ПОДЛ. | ПОДПИСЬ И ДАТА | ВЗАМ. ИНВ. №

КОПИРОВАЛ ФОРМАТ А4 24586-01 9

После I ступени орошения воздушный поток поступает в промежуточный сепаратор, где происходит сепарация капельной влаги и предотвращение уноса частиц "отработанного" и охлажденного теплоносителя во II ступень и его смешение с теплоносителем более высокого температурного потенциала.

Сепаратор применяется жалюзийного типа, вертикальной компоновки.

После промежуточного сепаратора 3 воздушный поток поступает во II ступень оросительной камеры 2, в которой находится 2 ряда форсунок.

Причем форсунки располагаются навстречу друг другу:
первый ряд форсунок направлен по направлению потока воздуха,
второй ряд – против потока воздуха. Форсунки применяются также типа ШФ.

Водяные коллекторы камер орошения рядов форсунок располагаются внутри аппарата.

Пройдя II ступень оросительной камеры, воздушный поток поступает в конечный сепаратор 4, где происходит окончательное отделение капель влаги из воздушного потока. Конструкция, принцип улавливания идентичны промежуточному сепаратору 3, за исключением длины, которая в 2 раза больше, чем у промежуточного сепаратора.

Отвод отсепарированной воды из аппарата осуществляется через сливную трубу, установленную в нижней точке днища корпуса.

Смесь воздуха, пройдя термовлажностную обработку, затем по воздуховодам поступает на горелочные устройства котлоагрегата.

Каркас корпуса изготавливается из профильного металлического проката, который затем обшивается листовой сталью. В случаях размещения аппарата (по условиям компоновки) на открытом воздухе необходимо применять антикоррозийное и теплоизоляционное покрытие.

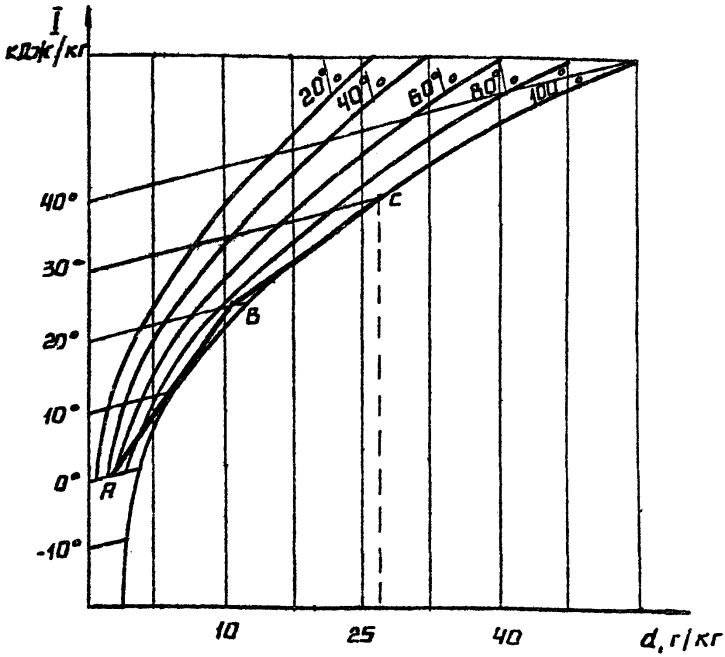

РИС. 2.2. ПРОЦЕСС НАГРЕВА ВОЗДУХА В КТМО

АВ - ПРОЦЕСС НАГРЕВА ВОЗДУХА В 1 СТУПЕНИ
ВС - ПРОЦЕСС НАГРЕВА ВОЗДУХА ВО 2 СТУПЕНИ

Для антикоррозийного покрытия корпуса и внутренней поверхности рекомендуется использовать эмаль КО-811 (3 слоя) ГОСТ 23122-78, эмаль КО-198 (3 слоя) ТУ 6-02-841-74, эмаль КО-814 (3 слоя) ГОСТ 11066-74 или их заменители.

В качестве теплоизоляционных конструкций рекомендуется использовать плиты и маты минераловатные ГОСТ 21880-82 с покровным слоем из тонколистового железа 0,4÷0,8 мм или металлопласта.

Для осмотра и обслуживания аппарата предусмотрены герметичные люки (лазы) с иллюминаторами.

3. ОПИСАНИЕ ТИПОВОГО РЯДА КТМО-ПДВ

3.I. Номенклатура типового ряда КТМО-ПДВ и рекомендации по комплектации аппаратами котлоагрегатов

Типовой ряд аппаратов КТМО-ПДВ разработан на основании анализа расходов дутьевого воздуха для котельных агрегатов марок ДЕ и КВ-ГМ при номинальной производительности. Вид топлива - природный газ. (Использование аппаратов при сжигании мазута требует специальной проработки в связи с предполагаемой возможностью возникновения коррозии на хвостовых поверхностях котлоагрегатов и их газоходов).

Для котлоагрегатов теплопроизводительностью от 2 до I00 Гкал/ч разработано 5 типоразмеров КТМО-ПДВ. Основные технические характеристики аппаратов приведены в табл.3.2, 3.3.

Расшифровка условного обозначения на примере КТМО-5ПДВ:

- КТМО - контактный тепломассообменник;
- 5 - номинальная производительность по дутьевому воздуху, тыс.м3/час;
- ПДВ - подогреватель дутьевого воздуха.

Для каждого типоразмера КТМО-ПДВ в таблицах приведены тепловые, аэродинамические и конструктивные характеристики. Номинальные производительности аппаратов являются рекомендуемыми для соответствующих типов котлоагрегатов.

В таблице 3.I приводятся марки котлоагрегатов, перед которыми рекомендуется устанавливать КТМО-ПДВ соответствующей производительности.

Количество и типоразмер устанавливаемых аппаратов также может регламентироваться фактической теплопроизводительностью котлоагрегатов и соответствующим поверочным расчётом по определению необходимого количества дутьевого воздуха. В таких случаях значение теп-

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

Типоряд КТМО по производительности дутьевого воздуха

Таблица 3.1

Характеристика	КТМО-5ПДВ	КТМО-10ПДВ	КТМО-20ПДВ	КТМО-35ПДВ	КТМО-70ПДВ
1	2	3	4	5	6
Производительность по дутьевому воздуху, $м^3/ч$	5000	10000	20000	35000	70000
Температура воздуха после КТМО, °С	+30	+30	+30	+30	+30
Влагосодержание воздуха после КТМО, кг/кг	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027
Типы котлоагрегатов, работающих с КТМО	ДЕ-4-14ГМ ДЕ-6,5-14ГМ КВГМ-4,65-150	ДЕ-10-14ГМ КВГМ-256-150	ДЕ-16-14ГМ ДЕ-25-14ГМ КВГМ-11,63-150	КВГМ-23,26-150 КВГМ-35-150	КВГМ-58,2-150 КВГМ-116,3-150

ловых и аэродинамических характеристик аппарата уточняется соответствующими расчётами.

Применение аппаратов для других типов котлоагрегатов, не приведенных в таблице, возможно после проведения соответствующих расчётов по определению расходов дутьевого воздуха.

3.2. Конструктивные решения типового ряда КТМО-ПДВ

Габаритные размеры аппаратов, конструктивные характеристики представлены в табл.3.2, 3.3.

3.2.I. Корпус аппарата

Конструктивно аппарат выполняется единым блоком и поставляется заказчику в готовом виде.

Корпус аппарата выполняется из профильного металлического проката, который затем обшивается листовой сталью.

Фронтальное сечение аппарата определено заданной массовой скоростью воздуха, номинальное значение которой для эффективного тепломассообмена между воздухом и водой составляет 3 кг/м2хС.

Размеры фронтальных сечений приведены в табл.3.4.

Фронтальное сечение аппарата

Таблица 3.4

Типоразмер аппарата / Габариты сечения	КТМО-5ПДВ	КТМО-I0ПДВ	КТМО-20ПДВ	КТМО-35ПДВ	КТМО-70ПДВ
Ширина	860	860	I720	2400	2400
Высота	650	I300	I300	I620	3240

Могут применяться типовые клапаны типа ШГВУ прямоугольного сечения, которые служат для регулирования соотношения воздушных потоков.

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

ТИПОРЯД КТМО-ПДВ ПО ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ДУТЬЕВОГО ВОЗДУХА

ТАБЛИЦА 3.2

№ п.п.	МАРКА АППАРАТА	ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ПО ДУТЬЕВОМУ ВОЗДУХУ	ТЕПЛОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ				ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА			ТЕМПЕРАТУРА ГРЕЮЩЕЙ ВОДЫ ПЕРЕД ФОРСУНКАМИ		РАСХОД ОРОШАЮЩЕЙ ВОДЫ		ЧИСЛО ФОРСУНОК		ФРОНТАЛЬНОЕ СЕЧЕНИЕ	ГАБАРИТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ			АЭРОДИНАМИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ	ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ	МАССА
			I ступень		II ступень		НА ВХОДЕ В КТМО-ПДВ	ПОСЛЕ I-Й СТУПЕНИ	ПОСЛЕ II-Й СТУПЕНИ	I СТ.	II СТ.	I ступень	II ступень	I ступень	II ступень		ДЛИНА	ШИРИНА	ВЫСОТА			
	ОБОЗНАЧЕНИЕ	V_0	Q_I	Q_I	Q_{II}	Q_{II}	t'_r	t''_r	t'''_r	$t'_{вм}$	$t''_{вм}$	$G_{вI}$	$G_{вII}$	n_I	n_{II}	F	L	A	H	ΔP_a	$\Delta P_г$	M
	РАЗМЕРНОСТЬ	м³/ч	ккал/ч	кВт	ккал/ч	кВт	°С	°С	°С	°С	°С	кг/ч	кг/ч	–	–	м²	м	м	м	Па	кПа	кг
1.	КТМО-5ПДВ	5000	79012	92	65790	76	0	20	30	50	50	3160	4128	12	16	0,56	2,6	1,046	0,819	200	150	355
2.	КТМО-10ПДВ	10000	158025	184	131580	153	0	20	30	50	50	6321	8256	24	32	1,11	2,608	1,043	1,49	200	150	606
3.	КТМО-20ПДВ	20000	316050	368	283160	308	0	20	30	50	50	12384	16512	48	64	2,22	2,700	1,983	1,49	200	150	1081
4.	КТМО-35ПДВ	35000	553087	644	460530	536	0	20	30	50	50	22123	28896	70	96	3,89	2,608	2,611	1,85	200	200	1452
5.	КТМО-70ПДВ	70000	1106175	1288	921064	1072	0	20	30	50	50	44247	57792	140	192	7,78	2,4	2,593	3,465	200	200	2699

Технические характеристики орошающих устройств типоряда КТМО-ПДВ

таблица 3.3

№ п.п.	Марка аппарата	I ступень									II ступень								
		Количество рядов	Количество стояков в ряду	Количество форсунок в ряду	Количество форсунок всего	Пропускная способность форсунки	Давление перед форсунками	Количество воды на орошение	Температура воздуха выхода	Температура воды перед форсунками	Количество рядов	Количество стояков в ряду	Количество форсунок в стояке	Количество форсунок всего	Пропускная способность форсунок	Давление перед форсунками	Количество воды на орошение	Температура воздуха выхода	Температура воды перед форсунками
	Обозначение	Z_I	Z_{cI}	$Z_{\phi I}$	n_I	Q_I	P_r	$G_{\Delta T}$	t''_r	$t_{в.н}$	Z_{II}	Z_{cII}	$Z_{\phi II}$	n_{II}	Q_{II}	P_r	$G_{вII}$	t''_r	$t_{в.н.}$
	Размерность	—	—	—	—	кг/ч	кПа	кг/ч	°С	°С	—	—	—	—	кг/ч	кПа	кг/ч	°С	°С
1	КТМО-5ПДВ	1	2	6	12	258	150	3160	20	50	2	2	4	16	258	150	4128	30	50
2	КТМО-10ПДВ	1	2	12	24	258	150	6321	20	50	2	2	8	32	258	150	8256	30	50
3	КТМО-20ПДВ	1	4	12	48	258	150	12384	20	50	2	4	8	64	258	150	16512	30	50
4	КТМО-35ПДВ	1	5	14	70	315	220	22123	20	50	2	4	12	96	300	200	28896	30	50
5	КТМО-70ПДВ	1	5	28	140	315	220	44247	20	50	2	4	24	192	300	200	57792	30	50

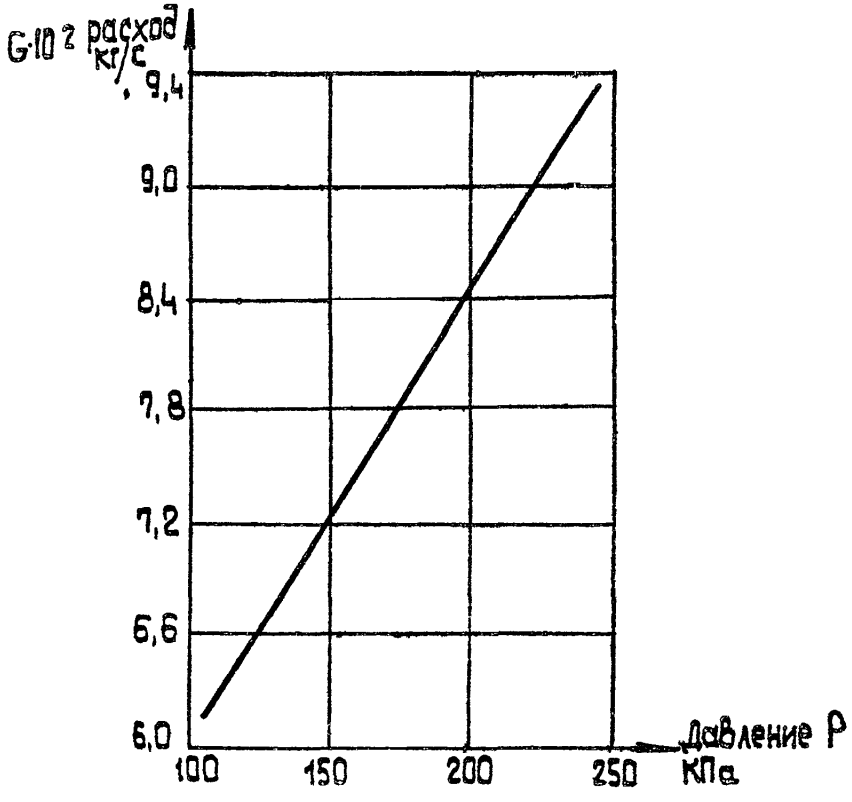

Рис 3.1. Расходная характеристика форсунки ШФ 7/3,5

Соединение аппарата с воздуховодами - фланцевое.

На корпусе аппарата предусмотрены фланцы для подвода и отвода теплоносителя (воды).

Корпус оснащен дверями с иллюминаторами для обслуживания, осмотра и контроля работы аппарата.

В зависимости от места расположения аппарата необходимо предусматривать опоры, на которые устанавливается аппарат.

3.2.2. Орошающее устройство

В аппарате применен 2-ступенчатый нагрев воздуха в орошающих камерах.

Первая ступень представляет собой один ряд форсунок с распылением (диспергированием) воды против потока воздуха. Плотность расположения форсунок I-й ступени - I8 шт./м2.ряд. Для диспергирования жидкости применены центробежные - тангенциальные широкофакельные форсунки типа ШФ 7/3,5 с диаметром входного канала 7 мм и диаметром выходного сопла 3,5 мм, что снижает возможность засорения форсунок. Угол раскрытия водяного факела - до I40°. Форсунка устойчиво работает при давлении воды от 20 кПа (0,2 кгс/см2) и выше.

Расходные характеристики форсунок ШФ 7/3,5 приведены на рис.3.I.

Расход орошающей воды определяется по формуле:

$$W = B \times G \text{ , кг/с,}$$

где: B - коэффициент орошения (по данным теплового расчёта);

G - количество нагреваемого воздуха, кг/с.

Вторая ступень орошения представляет собой два ряда форсунок с диспергированием воды навстречу друг другу, первый ряд форсунок по потоку воздуха, второй ряд против потока воздуха. Плотность расположения форсунок - I3 шт./м2.ряд. Для диспергирования жидкости применены, как и в первой ступени, центробежные тангенциальные широко-

факельные форсунки типа ИФ 7/3,5.

Расход орошающей воды определяется аналогично вышеизложенному.

Присоединение коллекторов ступеней по воде осуществляется параллельно. Между собой ступени разделены промежуточным сепаратором.

3.2.3. Сепарационное устройство

Для отделения капельной влаги из воздушного потока предусмотрены каплеуловители. В качестве каплеуловителей применены вертикальные жалюзийные сепараторы, представляющие собой изогнутые жалюзийные каналы с углом раскрытия 120°.

При изменении направления движения воздушного потока с помощью конфигурации пластин капли под воздействием инерционной силы стремятся двигаться в прежнем направлении и осаждаются на поверхности пластины, где сливаются и плёнкой стекают в поддон аппарата.

В аппарате можно выделить два вида сепараторов по функциональным признакам:

- промежуточный, целью которого является предотвращение уноса охлажденного теплоносителя и смешение его с теплоносителем более высокого температурного потенциала;
- конечный, целью которого является более тщательная сепарация капельной влаги перед подачей воздушного потока в зону горения.

Конструкция и размеры сепараторов капельной влаги аппаратов разработаны с учётом рекомендаций /5/. Общий вид сепараторов см.рис. 3.2.

Расчёты показывают, что эффективность конструкций подобного типа достигает 100% при диаметре капель $d_к$ = 50 мкм.

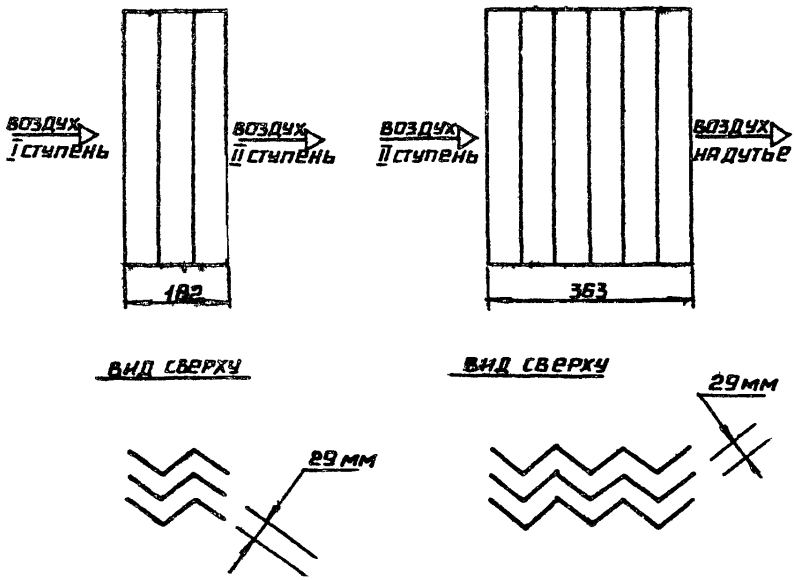

РИС.3.2. ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА КОНСТРУКЦИИ СЕПАРАТОРОВ

ИНВ.№ ПОДЛ. | ПОДПИСЬ И ДАТА | ВЗАМ. ИНВ.№

4. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УСТАНОВКЕ КТМО-ПДВ В КОТЕЛЬНЫХ

4.1. Общие принципы проектирования

При установке аппаратов в котельной необходимо:

1. Определить возможный источник низкопотенциальной теплоты (тепловых ВЭР или первичной теплоты). Для этого необходимо выполнить теплобалансовый расчет тепловой схемы и определить конкретные потоки теплоносителей с учетом тепловых ВЭР первичной теплоты. В случае применения в качестве источника теплоты аппаратов типа КТАН-УГ, необходимо руководствоваться рекомендациями /5/ и техническими решениями, разработанными Латтипропромом (например, ТП 903-1-0255.87-903-1-0257.87).

На рис.4.1, 4.2 приводится рекомендуемая принципиальная тепловая схема включения аппарата, в п.4.1.1 пример и графическая интерпретация результатов расчета системы "КТМО-котельная-КТАН-УГ-дымовая труба" на примере котельной с 3 водогрейными котлами КВ-ГМ-7,56-150 с вакуумной деаэрацией для закрытой системы теплоснабжения по ТП 903-1-209.84.

2. Окончательно уточнить теплопроизводительность КТМО-ПДВ путем выполнения теплобалансового теплового расчета.

Рекомендуемый к установке типоразмер аппарата в зависимости от марки котлоагрегата приводится в табл.3.1.

В случае, если устанавливается котлоагрегат другого типа, не указанный в приводимой таблице, необходимо проводить теплобалансовый расчет с целью определения фактических расходов дутьевого воздуха, теплоносителя и выбора типоразмера аппарата согласно методике расчета, приводимой в разделе 4.2.

3. При установке КТМО-ПДВ необходимо выполнить аэродинамический расчет воздушного тракта котельной.

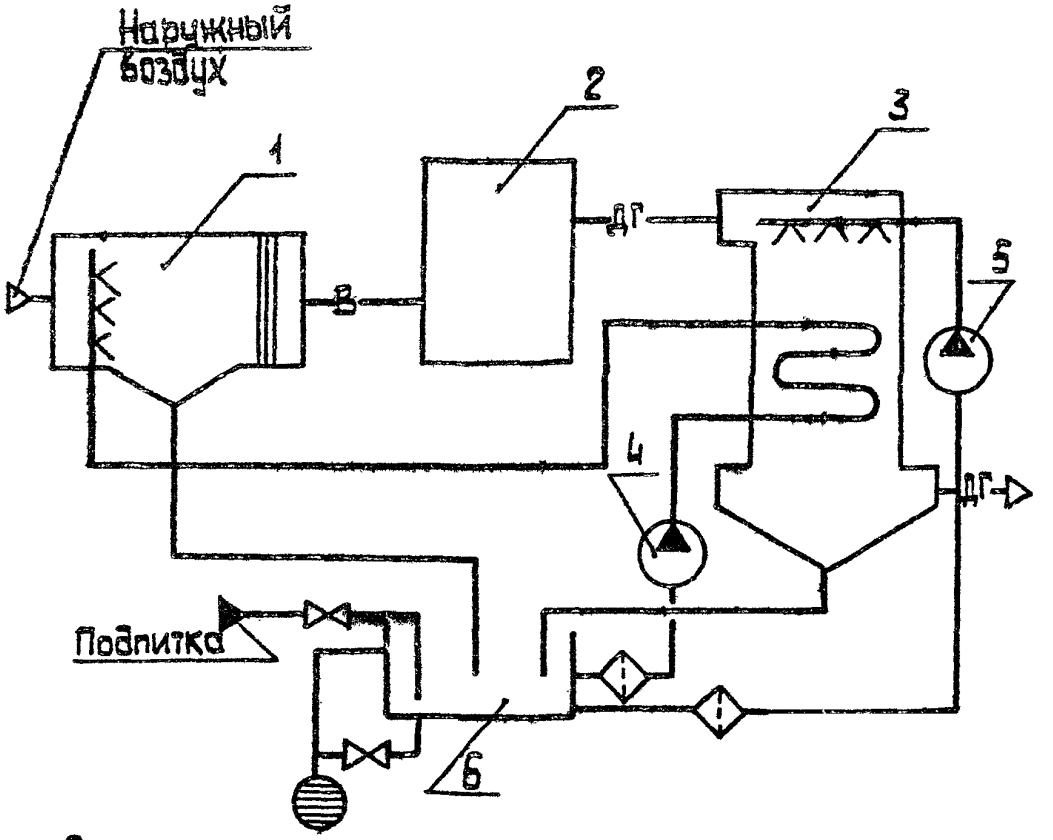

Рис. 4.1. Тепловая схема включения аппарата КТМО-ПДВ совместно с КТАН-УГ. Вариант 1.

1 – КТМО-ПДВ
2 – котлоагрегат
3 – КТАН-утилизатор
4 – насос орошающий КТМО-ПДВ
5 – насос орошающий КТАН-УГ
6,7 – бак орошающей воды
В – воздух дутьевой
ДГ – дымовые газы

Альбом 1

Инв.№ подл. | Подп. и дата | Взам.инв.№

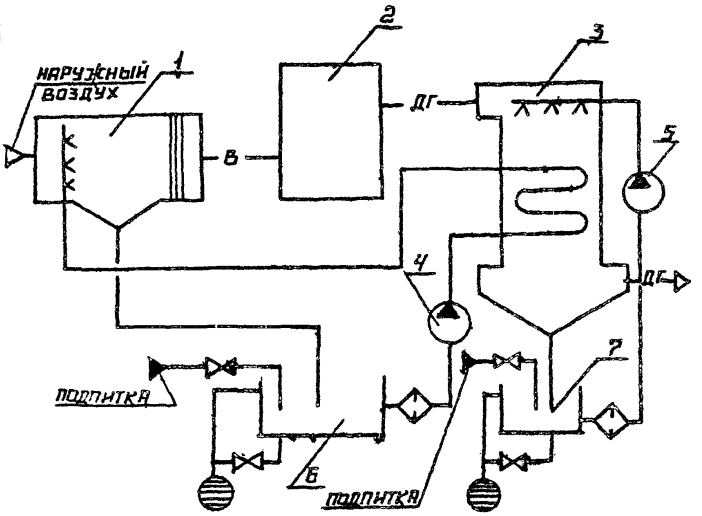

Рис. Ч. 2. Тепловая схема включения аппарата КТМО-ПДВ совместно с КТАН-УГ. Вариант 2.

Обозначение см. рис Ч.1.

Общие принципы по установке аппаратов с учётом их аэродинамических характеристик приводятся в разделе 4.4. Аэродинамические характеристики аппаратов приведены в табл.3.2.

4. Установка КТМО-ПДВ допускается как в помещении котельной, так и на открытом воздухе вне котельной.

В случае установки аппаратов на открытом воздухе необходимо предусматривать дренаж как самих аппаратов, так и подключенных к ним трубопроводов воды.

Возможен также вариант установки аппаратов на кровле здания котельной.

Институтом разработаны технические решения таких установок за водогрейными котлами серии КВ-ГМ и паровыми серии ДЕ (ТП 903-I--0255.87 - 903-I-0257.87).

Примеры компоновок аппаратов приведены в альбоме 2.

КТМО-ПДВ обеспечивает расчётную производительность при нормальной работе контура орошающей воды. Для предупреждения залива аппарата и воздуховодов необходимо правильно выбирать диаметр сливной трубы.

Диаметры сливных трубопроводов и ёмкости баков определены по методикам рекомендаций /5/.

Рекомендуемые ёмкости баков для второго варианта включения аппаратов приведены в табл.4.6.

Рекомендуемые диаметры сливных трубопроводов приведены в табл. 4.5.

4.I.I. Пример расчёта выхода возможного использования тепловых ВЭР котельной

Расчёт проводится для выявления и анализа выхода тепловых ВЭР на примере их использования для подогрева дутьевого воздуха.

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

Скопировал 24586-01 25 Формат А4

Альбом 1

Порядок расчета изложен на примере водогрейной котельной с тремя котлами КВ-ГМ-7,56-150*.

I) Исходные данные

Котельная с тремя водогрейными котлами КВ-ГМ-7,56-150 по ТП 903-1-209.84.

Дымовая труба L = 45 м, $Д_0$ = 1,2 м по ТП 907-2-202.

Тепловые нагрузки:

- номинальная теплопроизводительность котельной

$Q_к$ = 22,7 МВт;

- тепловая нагрузка системы ОВ (с учетом собственных нужд котельной)

$Q_{ОВ}$ = 18,1 МВт;

- нагрузка системы горячего водоснабжения:

летняя — $Q^{л}_{ГВ}$ = 2,9 МВт.

зимняя — $Q^{в}_{ГВ}$ = 4,5 МВт.

Климатические данные приняты для гор.Москвы

$t^{от}_{р}$ = - 26°С.

Топливо - природный газ $Q^{р}_{н}$ = 36083 кДж/нм3.

Коэффициент избытка воздуха:

- в топке котлоагрегата α = 1,05;

- газохода α = 1,15.

2) Расчет нагрузок котельной

Карта тепловых нагрузок котельной

Карта тепловых нагрузок котельной разрабатывается для определения теплопроизводительности котельной и температуры уходящих газов за котлоагрегатами в зависимости от температуры наружного воздуха. Искомые величины являются входными данными для программы расчета

* В настоящее время котлы не выпускаются. Вместо серии КВ-ГМ-7,56-150 освоен выпуск котлов КВ-Г-7,56-150 (инф.Монастырщенского машиностроительного завода от 23.12.89 г. № 12-24/1768).

ЭВМ по определению возможной теплопроизводительности аппаратов-утилизаторов теплоты дымовых газов (КТАН-УТ) с учетом условий работы дымовой трубы котельной (работа дымовых труб котельных при установке аппаратов КТАН-УТ более подробно изложена в рекомендациях /5/).

В связи с обработкой большого массива данных рекомендуется использование в расчетах ЭВМ по программе,держателем которой является институт "Латгипропром".

Результаты расчета и алгоритм приведены в табл.4.I и п.2.2.

Программа расчета теплообмена в дымовой трубе

Расчет произведен для водогрейной котельной с тремя котлами КВ-ГМ-7,56-I50.

Исходные данные и результаты расчета представлены в альбоме 2, ТМ лист 5,6,7.

Анализ результатов расчета

Как видно из результатов расчета (см.альбом 2) и графика (рис. 4.4) максимальный выход тепловых ВЭР котельной будет иметь место при температуре наружного воздуха $t = t_{расч.}$ и ниже.

При условии, что потребителем низкопотенциальной теплоты является КТМО-ПДВ, соотношение между полезным съемом теплоты и ее выходом достигает 33%. С увеличением температуры наружного воздуха выход тепловых ВЭР снижается и при температуре воздуха примерно минус 2°С выход и потребление теплоты выравниваются. То есть в отопительный период в интервале температур от минус 26 до минус 2°С имеется резерв теплоты, который может быть использован для покрытия тепловых нагрузок стороннего потребителя.

При дальнейшем повышении температуры наружного воздуха тепло-

ИНВ. № ПОДЛ	ПОДПИСЬ И ДАТА	ВЗАМ ИНВ. №

АЛЬБОМ 1

РАСЧЕТ НАГРУЗОК КОТЕЛЬНОЙ

ТАБЛИЦА 4.1

НАРУЖНАЯ ТЕМПЕРАТУРА $t_н$, °С	-26	-20	-10	-8	-6	-4
НАГРУЗКА ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ $Q_{гв}$ МВТ	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
НАГРУЗКА СИСТЕМЫ ОВ $Q_{ов}$, МВТ	18,1	15,65	11,54	10,72	9,89	9,07
КОЭФФИЦИЕНТ СНИЖЕНИЯ НАГРУЗКИ $\varphi = \frac{18 - t_{нар}}{18 - t^{р}_{нар}}$	1,0	0,863	0,636	0,591	0,545	0,500
ТЕПЛОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ КОТЕЛЬНОЙ $Q_к = Q_{гв} + \varphi \times Q_{св}$	22,6	20,18	16,04	15,22	14,39	13,57
% НАГРУЗКИ КОТЕЛЬНОЙ (ПО ОТНОШЕНИЮ К НОРМАТИВНОЙ)	100	89,0	70,9	67,3	63,6	60,0

ПРИМЕЧАНИЕ: ТЕПЛОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ КОТЕЛЬНОЙ В ТОЧКЕ ПЕРЕЛОМА ПРИ $t = +2,4°$ $Q = 10,9$ МВТ

продолжение таблицы 4,1

Наружная температура $t_н$, °C	−2	0	+2	+4	+6	≥8
Нагрузка горячего водоснабжения $Q_{гв}$, МВТ	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	2,9
Нагрузка системы ОВ $Q_{ов}$, МВТ	8,25	7,42	6,6	5,77	4,93	—
Коэффициент снижения нагрузки $\varphi = \frac{18 - t_{нар}}{18 - t^{р}_{нар}}$	0,455	0,409	0,364	0,318	0,272	—
Теплопроизводительность системы $Q_к = Q_{гв} + \varphi \times Q_{ов}$	12,75	11,92	11,1	10,27	9,43	3,08
% нагрузки котельной (по отношению к номинальной)	56,4	52,7	49,1	45,4	41,7	13,5

Альбом 1

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

903-01-280.90

Лист 24

24586-01 29 формат А4

Копировал 38

Альбом 1

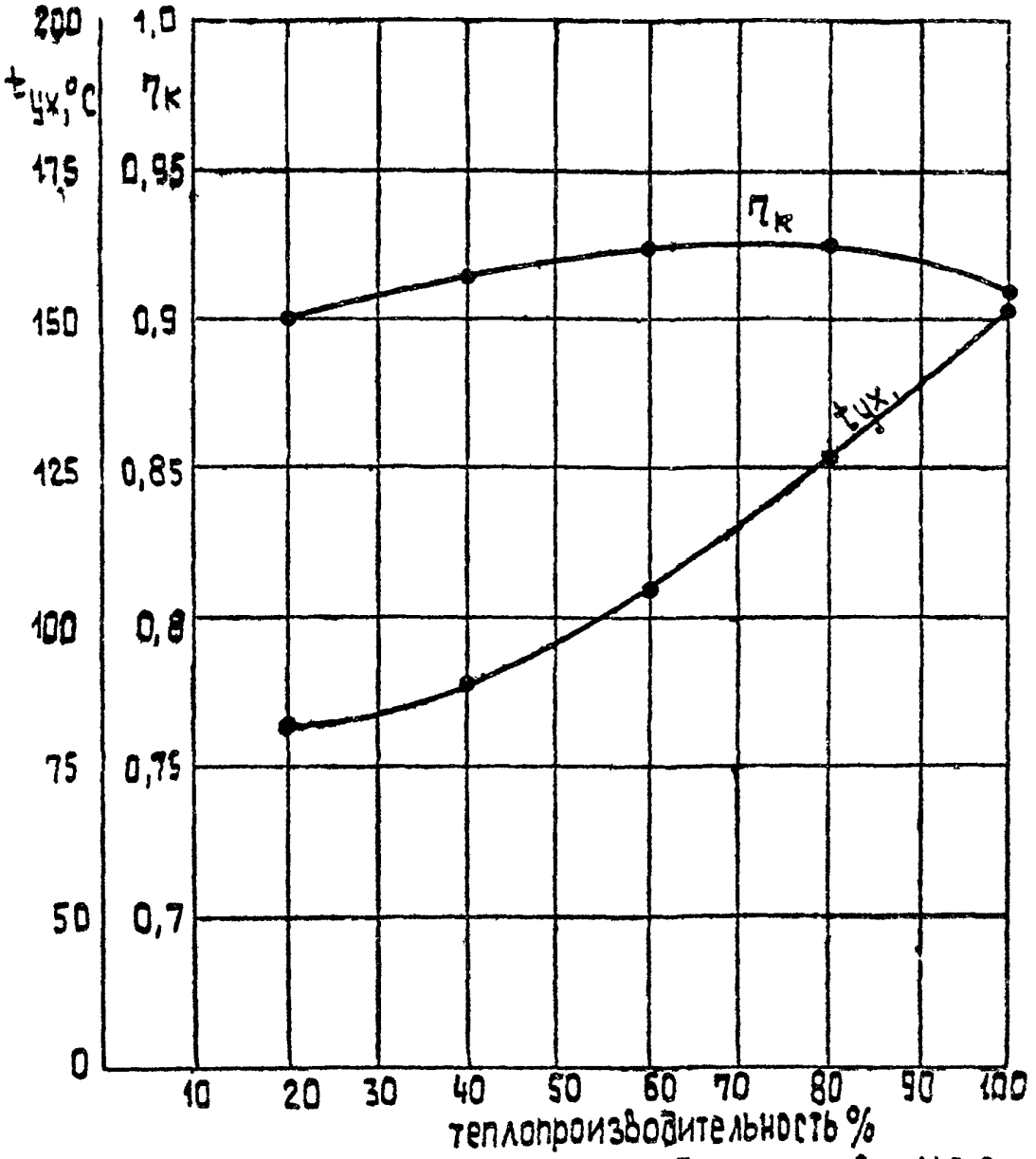

Рис. 4.3. Зависимость температуры уходящих газов и К.П.Д. котлоагрегата КВ-ГМ-7,56-150 теплопроизводительности

Инв.№ подл. | Подп. и дата | Взам.инв.№

Копировал 38 24586-01 30 формат А4

Загрузка котлоагрегатов котельной

Таблица 4.2

Наружная температура $t_н$ °C	−26			−20			−10			−8			−6			−4		
% нагрузки котельной	100			89			70,9			67,3			63,6			60,0		
Номер котлоагрегата	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Теплопроизводительность котлоагрегата Q, Мвт	7,53	7,53	7,53	6,72	6,72	6,72	5,35	5,35	5,35	5,09	5,09	5,09	4,79	4,79	4,79	4,52	4,52	4,52
* КПД котла, $\eta_к$	0,911			0,916			0,921			0,92			0,92			0,919		
* Температура уходящих газов $t_{ух}$, °C	153			140			114			112			106			104		

* принимаются согласно рис. 4.3

продолжение таблицы 4.2

Наружная температура $t_н$, °С	−2			0			+2			+4			+6			≥ 8		
% нагрузки котельной	56,4			52,7			49,1			45,4			41,7			13,5		
Номер котлоагрегата	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Теплопроизводительность котлоагрегата $Q_к$, Мвт	4,25	4,25	4,25	3,97	3,97	3,97	3,70	3,70	3,70	3,42	3,42	3,42	4,72	4,72	–	–	–	–
* КПД котла, $\eta_к$	0,918			0,917			0,918			0,92			0,98			0,912		
* Температура уходящих газов, $t_{ух}$, °С	100			97			95			110			105			90		

РАСЧЕТ ТЕПЛОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ АППАРАТОВ КТАН-УГ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАГРЕВА ДУТЬЕВОГО ВОЗДУХА

ТАБЛИЦА 4.3

ТЕМПЕРАТУРА НАРУЖНОГО ВОЗДУХА $t_н$; °С	−26	−20	−10	−8	−6	−4	−2
РАСХОД ДУТЬЕВОГО ВОЗДУХА $V_в^{\circ} = V_в^{\circ} \times B_т \times \alpha$, нм³/с	6,95	6,12	4,87	4,62	4,36	4,12	3,87
РАСХОД ДУТЬЕВОГО ВОЗДУХА ПРИВЕДЕННЫЙ $V_в^{\circ} = V_в^{\circ} \times \frac{273 + \frac{30 + t_{см}}{2}}{273}$ м³/с	7,33	6,45	5,13	4,88	4,61	4,35	4,09
ЭНТАЛЬПИЯ ВОЗДУХА ПРИ $\varphi = 100\%$ и $t_ч = +30$°С (НА ВЫХОДЕ КТМО) КДЖ/КГ	99,6						
*ЭНТАЛЬПИЯ ВОЗДУХА В КАМЕРЕ СМЕШЕНИЯ КТМО, КДЖ/КГ	8,79						
ПЛОТНОСТЬ ВЛАЖНОГО ВОЗДУХА ПРИ $\bar{t} = \frac{30 + t_{см}}{2}$, $\rho_в$ кг/м³	1,202						
ЗАТРАТЫ ТЕПЛОТЫ НА НАГРЕВ ВОЗДУХА ДО 30°С. $Q = V_в \cdot \bar{\rho}_в \cdot \Delta J \cdot 10^{-6} \cdot 1{,}163$, МВТ	0,69	0,667	0,561	0,533	0,504	0,475	0,446

Продолжение табл. 4.3

Температура наружного воздуха $t_н$; °С	0	+2	+4	+6	+8	+10	+15	+20
Расход дутьевого воздуха $V_в^* = V_в^* \times B_т \times \alpha$ нм³/с	3,62	3,38	3,12	2,87	0,94	0,94	0,94	0,94
Расход дутьёвого воздуха приведенный $V_в = V_{вх}^* \frac{273 + \frac{30 + t_{см}}{2}}{273}$ м³/с	3,82	3,57	3,32	3,06	1,0	1,01	1,01	1,02
Энтальпия воздуха при φ=100% и $t_у$=+30°С (на выходе КТМО) кДж/кг	99,6							
*Энтальпия воздуха в камере смешения КТМО кДж/кг	8,79	10,46	14,65	17,9	21,77	24,28	30,14	40,6
Плотность влажного воздуха $\bar{t} = \frac{30 + t_{см}}{2}$, $\rho_в$ кг/м³	1,202	1,197	1,193	1,188	1,183	1,179	1,167	1,155
Затраты теплоты на нагрев воздуха до 30°С $Q = V_в \rho_в \Delta J \cdot 10^{-6} \cdot 1,163$ мВт	0,417	0,381	0,336	0,296	0,092	0,089	0,083	0,089

*) – энтальпия определена при $t_{см}$=0°С и φ=70% для периода с отрицательными температурами и φ=54% – для периода с положительными температурами.

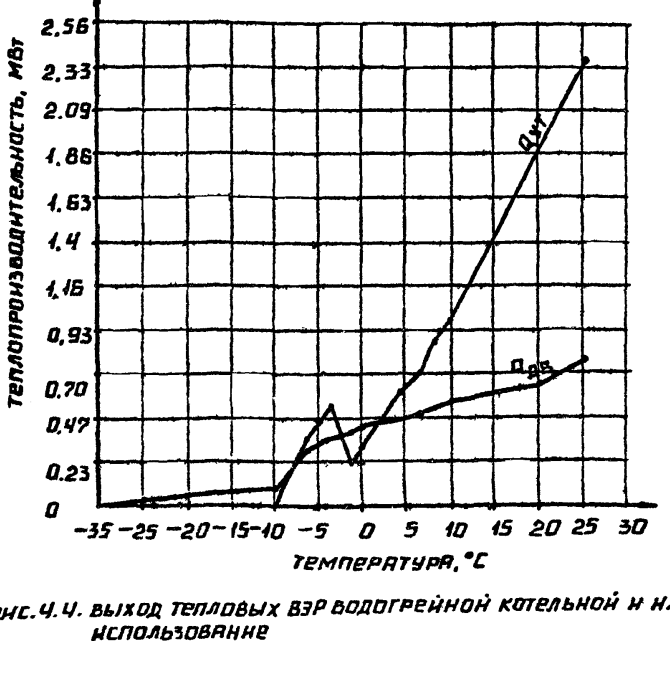

РИС. Ч.Ч. ВЫХОД ТЕПЛОВЫХ ВЭР ВОДОГРЕЙНОЙ КОТЕЛЬНОЙ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

$Q_{чт}$ - ВЫХОД ТЕПЛОВЫХ ВЭР

$Q_{дв}$ - ЗАТРАТЫ ТЕПЛОТЫ НА НАГРЕВ ДУТЬЕВОГО ВОЗДУХА

производительность котлоагрегатов снижается, что приводит к снижению температуры уходящих газов и, соответственно, к дальнейшему снижению выхода тепловых ВЭР котельной.

В диапазоне температуры от минус 2 до плюс $3^{o}C$ количество утилизируемой теплоты становится недостаточным для нагрева требуемого количества дутьевого воздуха, что связано с дальнейшим уменьшением теплопроизводительности котлоагрегатов . Прирост выхода утилизируемой теплоты при температуре воздуха более $3^{o}C$ связан с увеличением температуры уходящих газов за двумя работающими котлоагрегатами при условии отключения третьего (см.табл.4.2).

Как показали проведенные расчеты, провал выхода теплоты будет наблюдаться в любых вариантах отключения третьего котлоагрегата, то есть низшее значение $Q_{ВЭР}$ будет отклоняться по оси $t_{нар.}$ влево или вправо.

Для уменьшения провала выхода утилизированной теплоты можно рекомендовать более раннее отключение третьего котлоагрегата при наружной температуре воздуха более низкой, чем минус $2^{o}C$ и распределение тепловой нагрузки между первым и вторым котлоагрегатами.

С окончанием отопительного периода и переходом котельной на "летний" режим работы ($t_{нар.} \geqslant +8^{o}C$) количество утилизируемой теплоты будет резко падать до нуля, то есть эксплуатация оборудования типа КТАН-УГ становится невозможной по условиям конденсации влаги на стенках дымовой трубы.

Поэтому в "летний" период эксплуатации котельной, а также в период с наружными температуреми воздуха от минус 2 до плюс $3^{o}C$ необходимо или отключать аппарат или предусматривать подогрев дутьевого воздуха за счет первичного теплоносителя с установкой дополнительного теплообменного оборудования.

Расчёты подобного типа позволяют рассчитывать годовые балансы выхода и использования тепловых ВЭР различных котельных, а также определять возможные периоды потребления первичной теплоты.

Следует также отметить, что для котельных различного типа графики выхода тепловых ВЭР будут иметь различный характер, определяющим значением которого будут тепловые нагрузки котлоагрегатов в разрезе года. То есть вероятны случаи покрытия тепловых нагрузок сторонних потребителей или собственных нужд за счёт собственных тепловых ВЭР в течение всего года.

4.2. Методика теплобалансового расчёта аппаратов КТМО-ПДВ

Целью теплового расчёта КТМО-ПДВ является определение фактического расхода теплоносителей.

Выбор аппарата осуществляется по расходу дутьевого воздуха согласно табл.3.I.

В процессе расчёта добиваются совпадения принятой величины температуры обратной воды после камеры орошения $t_{ВК}$ с расчётной $t^{р}_{ВК}$.

Расчёт ведётся методом последовательных приближений на тепловую нагрузку проектируемого или уже установленного котлоагрегата.

4.2.I. Исходные данные

I. V_0 – расход воздуха, приведенный к расчётным условиям, м3/с.

2. t_{C_I}, t_{C_2}, t_{C_3} – температура воздуха в камере смешения, после I ступени и на выходе из аппарата соответственно по сухому термометру.

Температура t_{C_I} принимается равной 0°С (см.п.2) при условии, что температура наружного воздуха в расчётный период составляет минус 20°С. В случаях, если расчётная температура наружного воздуха ниже минус 20°С, то необходим балансовый расчёт теплопотерь здания

Инв № подл | Подпись и дата | Взам инв №

котельной для определения возможного количества теплого воздуха, подмешиваемого в холодный, с целью поддержания средневзвешенной температуры воздушного потока в камере смешения аппарата 0÷0,5°С и предупреждения снегообразования и обмерзания его короба. В случаях, когда температура в камере смешения будет ниже 0°С, аппарат необходимо отключить или организовывать дополнительный контур подогрева одного из двух воздушных потоков.

Температуры $t\,C_2$ и $t\,C_3$ принимаются соответственно равными 20 и 30 градусов.

3. φ_I – относительная влажность воздуха в камере смешения аппарата, %.

4. $\varphi_2\,\varphi_3$ – относительная влажность воздуха после прохождения оросительных камер аппарата, %. Принимается равной 95-100%.

5. $t_{в.н.}$ – температура греющего теплоносителя на входе в аппарат, °С. Принимается равной 50°С.

6. V_ρ – массовая скорость воздуха, кг/м2 х С. Принимается ≤ 3 кг/м2 х С.

4.2.2. Теплобалансовый расчет I ступени камеры орошения

I. По I-d диаграмме определяется температура воздуха по мокрому термометру, его энтальпия и влагосодержание ($t_{M\,I}$; I_I; d_I) в камере смешения.

2. Определяется коэффициент орошения:

$$B_I = \frac{I_I - I_2}{t_{ВК_I} - t_{ВН}} \qquad (4.I)$$

I_I – энтальпия воздуха при температуре $t\,C_I$ и относительной влажности φ_I, кДж/кг;

I_2 – энтальпия воздуха при температуре t_{C_2} и относительной влажности φ_2, кДж/кг;

$t_{ВК_I}$ – температура воды после I ступени камеры орошения (принимается с последующим уточнением), °С;

$t_{ВН}$ – температура воды на входе в систему орошения, °С.

3. По значению коэффициента орошения, диаметра отверстия форсунки и числа их рядов определяется коэффициент эффективности теплообмена согласно /I/.

В рассматриваемом варианте конструкции при условии одновременного подогрева и увлажнения воздуха расчетная формула имеет вид:

$$E=0,923xB_I^{0,06} \qquad (4.2)$$

при условиях:

$0,5 \leq B \leq 0,9$;

$I,5 \leq P \leq 3$ кг/м2 х С.

4. Расчетная температура воды после I ступени камеры орошения

$$t^{P}_{ВК_I} = t_{м_2} - (I-E) \times (t_{м_I} - t_{ВН}) \qquad (4.3)$$

$t_{м_I}$ – температура воздуха по мокрому термометру в камере смешения при температуре t_{C_I} и относительной влажности φ_I, °С;

$t_{м2}$ – температура воздуха по мокрому термометру после I ступени камеры орошения при температуре t_{C_2} и относительной влажности φ_2, °С.

5. Проверяется условие выполнения равенства.

$$(t^{P}_{ВК_I} - t_{ВК_I}) \leq 0,5°С.$$

6. Теплопроизводительность I ступени камеры орошения

$$Q_I = \gamma_I \times \rho_I \times (I_2 - I_I), \text{ Вт} \qquad (4.4)$$

γ_I - приведенный расход дутьевого воздуха, м3/с;

ρ_I - плотность воздуха при средней температуре потока $t^I_{ср}$, кг/м3.

7. Расход теплоносителя (воды)

$$W_I = B_I \times \gamma_I \times \rho_I, \text{ кг/с} \qquad (4.5)$$

B_I - коэффициент орошения I ступени.

4.2.3. Теплобалансовый расчет II ступени камеры орошения

I. По I-d диаграмме определяются температуры воздуха по мокрому термометру, его энтальпии и влагосодержание на выходе из аппарата.

2. Коэффициент орошения

$$B_2 = \frac{J_3 - J_2}{t_{ВН} - t_{ВК_2}} \qquad (4.6)$$

J_3 - энтальпия воздуха на выходе из аппарата при температуре t_3 и относительной влажности φ_3, кДж/кг;

$t_{ВК_2}$ - температура теплоносителя после II ступени камеры орошения.

3. По значению коэффициента орошения, диаметру отверстия форсунки и числу их рядов определяется коэффициент эффективности теплообмена.

В рассматриваемом варианте конструкции при условии одновременного подогрева и увлажнения воздуха расчетная формула имеет вид:

$$E = 0{,}931 \times B^{0{,}13} \qquad (4.7)$$

4. Расчетная температура воды после II ступени камеры орошения

$$t^P_{ВК_2} = t_{М_3} - (1 - E) \times (t_{М_2} - t_{ВН}) \qquad (4.8)$$

$t_{м_3}$ – температура воздуха по мокрому термометру на выходе из аппарата при температуре t_{c_3} и относительной влажности φ_3.

5. Проверяется условие выполнения равенства

$$(t^{р}_{ВК_2} - t_{ВК_2}) \leqslant 0{,}5^{o}C.$$

6. Теплопроизводительность II ступени камеры орошения

$$Q_2 = v_2 \times \rho_2 \times (J_3 - J_2), \text{ Вт} \qquad (4.9)$$

v_2 – приведенный расход дутьевого воздуха, м3/с;

ρ_2 – плотность воздуха при средней температуре потока $t^{2}_{ср}$, кг/м3.

7. Расход теплоносителя

$$W_2 = B_2 \times v_2 \times \rho_2, \text{ кг/с} \qquad (4.10)$$

B_2 – коэффициент орошения II ступени.

8. Суммарный расход теплоносителя

$$W = W_I + W_2, \text{ кг/с} \qquad (4.11)$$

9. Средневзвешенная температура теплоносителя в обратном трубопроводе

$$\bar{t}_{взв.} = \frac{t^{р}_{ВК_I} \times W_I + t^{р}_{ВК_2} \times W_2}{W_I + W_2}, {}^{o}C \qquad (4.12)$$

10. Унос влаги воздушным потоком за счёт изменения его влагосодержания

$$W_{ун} = \bar{v}_В \times \bar{\rho}_В (d_3 - d_I) \text{ кг/с} \qquad (4.13)$$

$\bar{v}_В$ – приведенный расход воздуха при $\bar{t}_В = \frac{t_{cI} + t_{c3}}{2}$, м3/с (4.14)

$\bar{\rho}_В$ – плотность воздушного потока при $t = \bar{t}_В$, кг/м3;

$d_I; d_3$ – влагосодержание воздушного потока соответственно на входе и выходе из аппарата, кг/кг.

II. По данным расчётов принимается к установке аппарат из типоряда табл.3.2; 3.3.

4.3. Гидравлический расчёт аппаратов КТМО-ПДВ

Гидравлический расчёт аппарата заключается в определении требуемого напора теплоносителя перед форсунками камеры орошения с целью обеспечения пропуска его необходимого количества при условии качественного распыла.

4.3.I. Исходные данные для расчёта

Расход теплоносителя W_I, W_2 (из теплового расчёта).

Число форсунок в ступенях аппарата n_I, n_{II} (из конструктивных разработок).

Конструктивная характеристика применяемых форсунок $W = f(P)$, тип, диаметр выпускного отверстия d_o.

4.3.2. Последовательность гидравлического расчёта камеры орошения

Пропускная способность форсунки

$$q = \frac{W}{n}, \text{ кг/с} \qquad (4.I5)$$

Давление воды перед форсункой определяется по рис.3.I.

4.4. Аэродинамический расчёт аппаратов КТМО-ПДВ

4.4.I. Общие рекомендации по расчёту воздушных трактов котельных при установке аппаратов КТМО-ПДВ

При проектировании котельных с аппаратами КТМО-ПДВ или при их установке в существующих котельных необходимо выполнить аэродинамические расчёты воздушных трактов котлоагрегатов для правильного выбора дутьевых вентиляторов.

Аэродинамические расчёты выполняются по общепринятой методике, изложенной в /4/.

Возможны два варианта установки аппаратов в воздушный тракт котлоагрегатов:

- установка аппарата по ходу воздуха после вентилятора;
- установка аппарата по ходу воздуха перед вентилятором.

В обоих случаях аэродинамическое сопротивление воздушного тракта возрастает по сравнению с традиционно проектируемыми вариантами компоновки воздуховодов. Примеры характеристик воздушного тракта и вентиляторов для вышеизложенных случаев включения КТМО-ПДВ в воздушный тракт приводятся на рис.4.5.

На рис.4.5 приведены характеристики при установке КТМО-ПДВ перед вентилятором. Возможны два случая работы вентилятора в тракте с дополнительным аэродинамическим сопротивлением за счёт КТМО-ПДВ. В первом случае (кривая "б") вентилятор имеет достаточный запас по напору для преодоления возросшего сопротивления (расчётная точка "2" не выходит за пределы характеристики). Во втором случае (кривая "в") возросшее сопротивление превышает имеющийся у вентилятора запас по напору (расчётная точка "3" выходит за пределы характеристики). В этом случае имеющийся вентилятор не может развить необходимый напор, поэтому рекомендуется или заменять двигатель вентилятора на более высокооборотный, или переходить к другому типоразмеру вентилятора.

В варианте установки КТМО-ПДВ после вентилятора также будет наблюдаться рост аэродинамического сопротивления воздушного тракта при некотором снижении объёмного расхода воздуха. Снижение объёмной производительности вентилятора по сравнению с первым вариантом создаёт некоторый запас по напору по сравнению со вторым вариантом, но он незначителен, так как объёмный расход воздуха через вентилятор изменяется примерно на 10%. То есть в этом случае также необходимо учитывать вероятность замены типоразмера вентилятора или электродвигателя, как и в первом варианте установки КТМО-ПДВ.

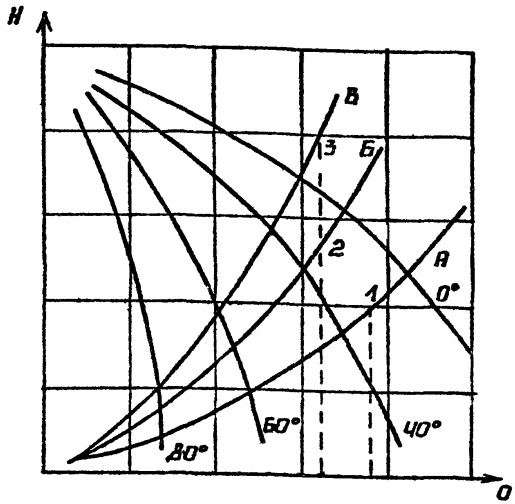

Рис.4.5. Аэродинамические характеристики вентилятора

А - характеристика воздушного тракта без установки КТМО.

Б,В - характеристика воздушного тракта с установкой КТМО после вентилятора

Опыт проектирования Латгипропрома по установке аппаратов такого типа в проектируемых котельных показывает, что в большинстве случаев комплектные вентиляторы котлоагрегатов обеспечивают требуемый напор. Однако для принятия правильного технического решения и определения оптимального варианта включения аппарата в воздушный тракт котлоагрегата необходимо производить поверочные расчёты с учётом протяженности воздуховодов и их геометрии.

Ниже (п.4.4.2; 4.4.3) приводятся методика и пример аэродинамического расчёта аппаратов.

4.4.2. Методика аэродинамического расчёта аппаратов КТМО-ПДВ.

В данном разделе приводятся методика и пример расчёта аппарата КТМО-ПДВ (КТМО-70ПДВ) при проходе через него номинального расхода воздуха.

Аэродинамическое сопротивление аппарата складывается из сопротивлений участков прохода воздуха через орошающие камеры и сепарационные устройства.

Результаты расчётов аэродинамических сопротивлений аппаратов КТМО-ПДВ приведены в табл.3.2.

I. Сопротивление ступеней оросительных камер определяется как для одной трехрядной:

$$\Delta P_к = \xi_к \times \frac{W_В^2 \times \rho_В}{2}, \text{ Па} \qquad (4.I6)$$

$\xi_к$ – коэффициент местного сопротивления

$\xi_{К=35}$ (I),

$W_В$ – скорость воздуха, м/с;

$\rho_В$ – плотность воздуха, кг/м3;

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

2. Сопротивление промежуточного сепаратора капельной влаги

$$\Delta P_{C_I} = \xi_C \times \frac{W_B^2 \times \rho_B}{2}, \text{ Па} \qquad (4.17)$$

ξ_C – коэффициент местного сопротивления. Зависит от формы сепаратора

$$\xi_C = 8 \text{ /3/.}$$

3. Сопротивление конечного сепаратора капельной влаги

$$\Delta P_{C_2} = \xi_{C_2} \times \frac{W_B^2 \times \rho_B}{2}, \text{ Па} \qquad (4.18)$$

ξ_{C_2} – коэффициент местного сопротивления сепаратора. Для конечной ступени

$$\xi_{C_2} = 9{,}6 \text{ /3/.}$$

4. Общее сопротивление аппарата определяется как сумма сопротивлений отдельных участков

$$\Delta P = \Delta P_K + \Delta P_{C_I} + \Delta P_{C_2}, \text{ Па} \qquad (4.19)$$

Преобразовывая формулы 4.16; 4.17; 4.18, получим:

$$\Delta P = (\xi_K + \xi_{C_I} + \xi_{C_2}) \times \frac{W_B^2 \times \rho_B}{2}, \text{ Па} \qquad (4.20)$$

так как коэффициенты местного сопротивления постоянны, то окончательно получим:

$$\Delta P = \frac{52{,}6 \times W_B^2 \times \rho_B}{2}, \text{ Па} \qquad (4.21)$$

4.5. Рекомендации по проектированию контура орошающей воды

4.5.1. Условия циркуляции орошающей воды

На рис.4.2 показана схема работы контура орошающей воды. Насосом I орошающая вода из бака 2 подаётся в контур нагрева (насадку) КТАНа-утилизатора 3, где нагревается до заданной температуры и поступает

на форсунки орошающих камер 4 КТМО-ПДВ. После распыла и охлаждения вода собирается в нижней части аппарата, откуда через сливную трубу самотёком направляется в бак орошающей воды. Недостаток орошающей воды, образующийся за счёт уноса части водяных паров в топку котлоагрегата, компенсируется подпиточной водой, поступающей в бак через поплавковый клапан. Количество воды уноса, связанное с изменением влагосодержания воздуха, определяется по формуле:

$$G_{ун} = V_в \rho_в \quad (d_I - d_2), \text{ кг/с} \qquad (4.22)$$

$V_в$ – расход воздуха через аппарат в максимальном режиме, м3/с;

$\rho_в$ – плотность воздуха, кг/м3;

d_I – влагосодержание воздуха в камере смешения аппарата при температуре t_I и относительной влажности φ_I, кг/кг;

d_2 – влагосодержание воздуха на выходе из аппарата при температуре t_3 и относительной влажности φ_3, кг/кг.

В случаях, когда разность уровней воды в нижней части корпуса аппарата и верхней отметкой максимального уровня воды в баке значительна ($\geqslant 0{,}5$ м), то выбор диаметра сливной трубы не представляет большой сложности, так как имеется достаточный запас по напору воды.

На практике возможны случаи установки КТМО-ПДВ на одном уровне с баком орошающей воды.

Поэтому обеспечить необходимый запас воды в баке и необходимую разность уровней довольно трудно. При этом минимальный диаметр сливной трубы должен обеспечить нормальную циркуляцию орошающей воды при минимальной разности воды в баке и КТМО-ПДВ. В противном случае возможно заполнение аппарата водой и возникновение аварийной ситуации.

На рис.4.6 представлена расчётная схема для определения скорости воды в сливной трубе.

Расчёты проведены согласно рекомендациям /5/ с учётом рекоменду-

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

Копировал 24586-01 47 Формат А4

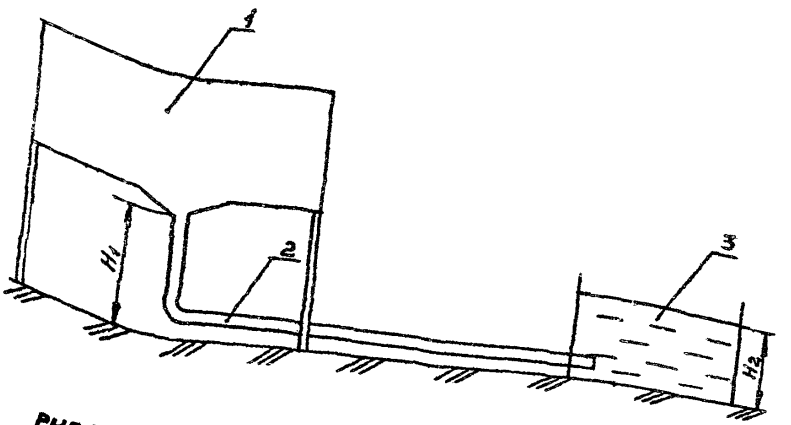

РИС.Ч.6. РАСЧЕТНАЯ СХЕМА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ ВОДЫ В СЛИВНОМ ТРУБОПРОВОДЕ.

1. КТМО-ПДВ
2. СЛИВНОЙ ТРУБОПРОВОД
3. БАК СБОРА ВОДЫ

емых значений коэффициентов местных сопротивлений при длине сливной трубы I0 и 20 м.

Расчётные значения скорости приведены в табл.4.4.

Рекомендуемые диаметры сливных трубопроводов приведены в табл. 4.5.

Рекомендуемые значения разности уровней – не менее 0,2 м.

4.5.2. Выбор бака орошающей воды

Основное значение бака – создание необходимого запаса воды для нормальной эксплуатации насоса системы орошения. Учитывается, что при пуске насоса ёмкость бака должна обеспечить достаточный запас воды до момента её возвращения обратно. Для расчёта объёма бака необходимо знать длину трубопроводов и их диаметр. При этом принимается, что участок от форсунок до сливной трубы орошающая вода проходит не более, чем за I0 секунд.

Время цикла, за которое орошающая вода возвращается в бак, складывается из времени прохождения нагнетательной трубы, насадки КТАН–УГ, напорного трубопровода до форсунок КТМО–ПДВ и обратного трубопровода (сливной трубы).

В таблице 4.6. даются типоразмеры баков в зависимости от расхода орошающей воды для тепловой схемы включения по варианту 2.

Выбор бака орошающей воды

Таблица 4.6

Типоразмер КТМО–ПДВ	Объём бака, м3 ОСТ 34-42-560-82
КТМО–5ПДВ.	I,0
КТМО–I0ПДВ.	2,5
КТМО–20ПДВ.	4,0
КТМО–35ПДВ.	6,3
КТМО–?0ПДВ.	I0,0

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

Значения критической скорости воды в сливном трубопроводе

Таблица 4.4

Диаметр сливной трубы, мм	ΔH = 0,1 м	ΔH = 0,2 м	ΔH = 0,3 м
	м/с	м/с	м/с
250	0,74 / 0,59	1,94 / 0,85	1,3 / 1,0
200	0,7 / 0,65	0,99 / 0,78	1,28 / 0,96
150	0,66 / 0,55	0,93 / 0,72	1,08 / 0,88
125	0,62 / 0,48	0,83 / 0,68	1,01 / 0,77
100	0,58 / 0,17	0,77 / 0,63	0,94 / 0,76
80	0,54 / 0,40	0,76 / 0,57	0,86 / 0,69
65	0,49 / 0,48	0,70 / 0,52	0,77 / 0,64

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ДИАМЕТРЫ СЛИВНОГО ТРУБОПРОВОДА

ТАБЛИЦА 4.5

НАИМЕНОВАНИЕ	ΔH = 0,1 м	ΔH = 0,2 м	ΔH = 0,3 м
	Dy, мм	Dy, мм	Dy, мм
КТМО– 5ПДВ	20 / 80	65 / 80	65 / 65
КТМО – 10ПДВ	100 / 100	100 / 100	80 / 100
КТМО– 20ПДВ	150 / 150	125 / 150	125 / 125
КТМО – 35ПДВ	200 / 200	150 / 200	150 / 150
КТМО – 70ПДВ	250 / 250	200 / 250	250 / 200

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

5. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИ УСТАНОВКЕ КТМО-ПДВ

5.I. Общие принципы определения экономической эффективности

В соответствии с действующей типовой методикой, основой для оценки экономической эффективности капитальных вложений является значение величины приведенных затрат по данной схеме использования теплоты:

$З = S_{год} + E_н \times K$;

З – приведенные затраты, руб.;

$S_{год}$ – годовые эксплуатационные расходы, руб.;

$E_н$ – коэффициент эффективности капиталовложений, принимаемый в расчётах, связанных с применением новой техники, равным 0,I5.

Экономически наиболее эффективным вариантом решения является вариант, характеризующийся минимумом приведенных затрат.

Целесообразность реализации одной из схем с установкой КТМО определяется на основе расчётов сравнительной эффективности капитальных вложений.

Технико-экономическая эффективность определяется как:

$Э = З_р - З_i$, руб./год;

Зр – затраты по реализуемому варианту;

$З_i$ – затраты по сравниваемому варианту.

5.2. Определение капитальных вложений и годовых эксплуатационных расходов

5.2.I. Определение капитальных вложений

Определение капитальных вложений производится путём составления сводки затрат на выбранное согласно расчётам оборудование и

объёмы работ по воздуховодам, трубопроводам, сетям, изоляции и другим работам, сопутствующим установке.

Стоимость оборудования, материалов и монтажа определяется по действующим ценникам и прейскурантам.

5.5.2. Определение годовых эксплуатационных расходов

В общем случае годовые эксплуатационные расходы определяются как сумма затрат на топливо, электроэнергию, амортизацию, текущий ремонт, заработную плату, прочие расходы

$$S_{год} = S_{т} + S_{эл.} + S_{ам} + S_{т.р.} + S_{зрп} + S_{пр}, \text{ руб.}$$

При использовании тепловых ВЭР затраты на топливо принимаются равными нулю.

Затраты на электроэнергию определяются по формуле:

$S_{эл} = Ц_{эл} \times Э_{год}$, руб.

$Э_{год}$ – дополнительный годовой расход электроэнергии вентилятором, насосным оборудованием, МВт.ч;

$Ц_{эл}$ – стоимость электроэнергии, руб./МВт.ч.

Затраты на амортизацию определяются как:

$$S_{ам} = 0{,}085 \times K_{об + монт} + 0{,}026 \times K_{стр}, \text{ руб.}$$

Затраты на текущий ремонт:

$S_{т.р.} = 0{,}2 \times S_{ам}$, руб.

Как правило, при установке оборудования такого типа дополнительный обслуживающий персонал не требуется, поэтому $S_{з.п.}$ принимается равным нулю.

Прочие затраты определяются в размере 25–35% от суммы затрат на амортизацию, текущий ремонт и заработную плату

$$S_{пр} = (0{,}25\text{÷}0{,}35) \times (S_{ам} + S_{т.р.} + S_{зрп}), \text{ руб.}$$

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

5.2.3. Определение хозрасчётного экономического эффекта

Хозрасчётный экономический эффект определяется как разность между приростом прибыли за счёт использования тепловых ВЭР и капитальными вложениями, необходимыми для реализации выбранной схемы теплоснабжения аппаратов:

$Э_{П} = \Delta П \times E_{н} \times \Delta К$, руб.;

$\Delta П$ – прирост прибыли за счёт использования тепловых ВЭР, руб.;

$E_{н}$ – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений, равный 0,15;

$\Delta К$ – капитальные вложения на реализацию схемы, руб.

Прирост прибыли достигается за счёт сокращения расхода топлива, определяется по формуле:

$\Delta П = \Delta В \times Ц_{т} - \Delta S$, руб.;

$\Delta В$ – экономия топлива за счёт использования тепловых ВЭР, т;

$Ц_{т}$ – цена сэкономленного топлива на предприятии, руб./т;

ΔS – годовые эксплуатационные расходы, связанные с мероприятиями, руб.

5.3. Методика расчёта экологической эффективности применения КТМО-ПДВ

Годовой экономический ущерб от выбросов окислов азота (NO_{x}) при сжигании газообразного топлива определяется как

$y = \gamma \times G \times f \times M^{П}_{NO_2}$, руб.

γ – константа принимается равной согласно /7/, 2,4 руб./усл.т;

G – показатель относительной опасности загрязнения атмосферного воздуха в зависимости от типа территории по табл.I /7/. Для территории промышленных предприятий (включая защитные зоны) и промузлов принимается равным 4;

f – поправка (безразмерная) на характер рассеивания примеси

в атмосфере.

Значение определяется следующим образом:

$$f = \frac{100}{100 + \varphi \times H}$$

φ – безразмерная поправка на подъём факела выбросов в атмосфере, которая вычисляется по формуле:

$$\varphi = 1 + \frac{\Delta T}{75}$$

где: $\Delta T = T_г - T_{н.в.}$ – среднегодовое значение разности температур (^oC) в устье источника и в окружающей среде на уровне устья;

H – высота источника выброса, м;

$M^{П}_{NO_2}$ – приведенная масса годового выброса окислов азота от котельной в атмосферу, усл.т.

Значение приведенной массы годового выброса NO_x от котельной в атмосферу определяется по формуле:

$M^{П}_{NO_2} = A_{NO_2} \times M_{NO_2}$, у.т./

M_{NO_2} – масса годового выброса окислов азота,

A_{NO_2} – показатель относительной агрессивности окислов азота

A_{NO_2} = 41,1 усл.т в год (табл.4 /7/).

Массовые выбросы окислов азота рассчитываются в соответствии /8,9/.

Для котлоагрегатов производительностью до 30 т/ч и теплопроизводительностью до 35 МВт рекомендуется пользоваться методическими указаниями /8/.

Количество окислов азота, выбрасываемых за год, рассчитывается как:

$$M_{NO_2} = 0{,}001 \times q^{ч}_{i} \times K_{NO_2} \times B_{год}, \text{ т}$$

$B_{год}$ – расход натурального топлива в течение года, тыс.нм3

$Q^{ч}_{i}$ – теплота сгорания натурального топлива МДж/нм3;

K_{NO_2} – параметр, характеризующий количество окислов азота, образующихся на I ГДж теплоты, кг/ГДж.

Значение K_{NO_2} определяется по графикам рис.I,2 в зависимости от номинальной нагрузки котлоагрегатов. При нагрузке котлоагрегатов, отличающейся от номинальной, K_{NO_2} следует умножать на $(Q_ф/Q_н)^{0,25}$ или на $(Д_ф/Д_н)^{0,25}$, где:

$Q_н$, $Q_ф$ – соответственно номинальная и фактическая теплопроизводительность;

$Д_н$, $Д_ф$ – соответственно номинальная и фактическая паропроизводительность.

Для котлоагрегатов производительностью более 30 т/ч и теплопроизводительностью более 35 МВт рекомендуется пользоваться методическими указаниями /9/.

Количество окислов азота, выбрасываемых в атмосферу за год, рассчитывается как:

$$M_{NO_2} = 0,34 \times 10^{-7} \times K \times B_г \times Q^{р}_{н} \left(1 - \frac{q_4}{100}\right) \times \beta_1 \times \beta_{2,т.}$$

Коэффициент К для котлов паропроизводительностью более 70 т/ч определяется по формуле:

$$K = \frac{12 \times Д_ф}{200 + Д_н}, \text{ кг/т.}$$

Для котлов паропроизводительностью менее 70 т/ч:

$$K = \frac{Д_ф}{20}, \text{ кг/т.}$$

Для водогрейных котлов коэффициент:

$$K = \frac{2,5 \times Q_ф}{20 + Q_н}, \text{ кг/т.}$$

Копировал 24586-01 56 Формат А4

$Q_ф$, $Q_н$ – соответственно фактическая и номинальная производительность котлов, Гдж/ч, т/ч.

$Д_ф$, $Д_н$

$Q^D_н$ – низшая теплота сгорания натурального топлива, кДж/нм3;

$B_т$ – годовой расход топлива, тыс.нм3;

q_4 – потери теплоты от механической неполноты сгорания топлива, %.

Значения q_4 принимаются по эксплуатационным данным или по нормам /6/,

β_I – коэффициент учёта качества сжигаемого топлива.

Значение β_I зависит от коэффициента избытка воздуха в топочной камере и принимается равным при сжигании газообразного топлива согласно /7/.

Коэффициент избытка воздуха	Значение β_I
I,05	0,9
I,05 – I,03	0,8
I,03	0,7

β_2 – коэффициент учёта конструкции горелок.

Для вихревых горелок $\beta_2 = I$, для прямоточных $\beta_2 = 0,85$.

Снижение выбросов окислов азота определяется по формуле:

$$\Delta M_{NO_2} = \beta \times M_{NO_2}, \text{ т}$$

β – коэффициент, учитывающий степень снижения выбросов окислов азота за счёт установки КТМО. Принимается равным 0,2 – 0,4 согласно рис.5.I при расчётном водотопливном соотношении (по данным /I0/).

Ущерб народному хозяйству, наносимый выбросами окислов азота с учётом снижения, определяется:

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

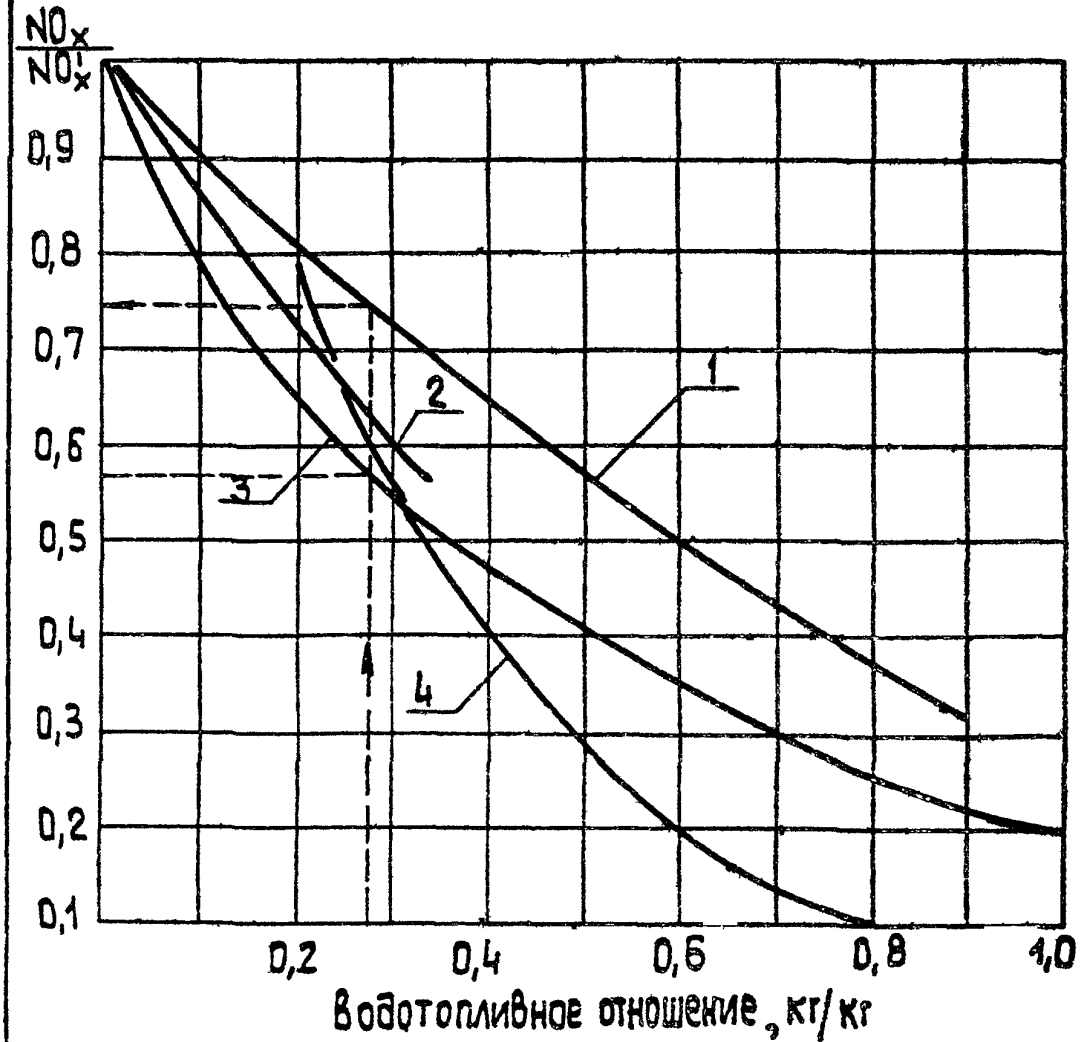

Рис. 5.1. Диаграмма снижения выбросов окислов азота

1 — Дибелиус
2 — Гаврилов
3 — Сингх
4 — Дибелиус (ГТУ)

Примечание: пунктирной линией отмечена зона вероятного снижения выхода окислов азота при расчетном соотношении вносимой влаги в зону горения.

$$У_I = \gamma \times G \times f \times \Delta^{П} M_{NO_2}, \text{ руб.}$$

Снижение ущерба (экологический эффект от установки КТМО) составит:

$$\Delta У = У - У_I, \text{ руб.}$$

В случае применения в качестве источников теплоты для КТМО-ПДВ КТАН-утилизаторов в расчётах необходимо также учитывать снижение выхода окислов азота на величину, соответствующую величине экономии газового топлива за счёт применения аппаратов КТАН-УГ.

6. ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ТЕПЛОБАЛАНСОВОГО РАСЧЁТА АППАРАТА КТМО-70ПДВ

I. Исходные данные

Характеристика сжигаемого топлива (природный газ):

- низшая теплота сгорания топлива $Q_н^р$ = 35535 кДж/нм3;
- теоретическое количество воздуха для сгорания I м3 газа V_0 = = 9,45 нм3/нм3.

Котлоагрегат:

- КВ-ГМ-50;
- коэффициент избытка воздуха в топке котлоагрегата α =I,05;
- расчётный к.п.д. котлоагрегата η = 0,92;
- температура воздуха в камере смешения t_{C_I} = 0°С;
- температура воздуха на выходе из I ступени камеры орошения t_{C_2} = 20°С;
- температура воздуха на выходе из аппарата t_{C_3}=30°С;
- относительная влажность воздуха в камере смешения φ_1 = 70%;
- относительная влажность воздуха на выходе из аппарата φ_2=100%
- температура греющего теплоносителя на входе в камеры орошения. $t_{вн}$=50°С.

6.I. Расчёт количества дутьевого воздуха

Номинальная теплопроизводительность котлоагрегата

$$Q_н = 58,2 \text{ МВт.}$$

Расход топлива:

$$Вт = \frac{Q_н \times I0^6}{\eta \times Q_н^р \times I000} = \frac{58,2 \times I0^6}{0,92 \times 35535 \times I000} = I,78 \text{ нм3/с.}$$

Расход дутьевого воздуха

$$V_в^о = B_т \times \alpha \times V_0 = I,78 \times I,05 \times 9,45 = I7,65 \text{ нм3/с.}$$

Принимается к установке КТМО-70ЦДВ.

6.2. Теплобалансовый расчёт I ступени камеры орошения

Энтальпия, влагосодержание и температура воздуха по мокрому термометру в камере орошения аппарата при $t_{C_I} = 0^{\circ}C$ и $\varphi_I = 70\%$ (I-d диаграмма)

$$I_I = 6,7 \text{ кДж/кг};$$
$$d_I = 2,65 \text{ г/кг};$$
$$t_{M_I} = 1,7^{\circ}C.$$

Энтальпия и температура воздуха по мокрому термометру на выходе из I ступени камеры орошения при $t_{C_2} = 20^{\circ}C$ и относительной влажности $\varphi_2 = 100\%$

$$I_2 = 57,77 \text{ кДж/кг},$$
$$t_{M_2} = 20^{\circ}C.$$

Температура воды после I ступени камеры орошения принимается равной

$$t_{BK_I} = 26^{\circ}C.$$

Коэффициент орошения

$$B_I = \frac{I_2 - I_I}{(t_{BH} - t_{BK_I}) \times 4,186} = \frac{57,77 - 6,7}{(50-26) \times 4,186} = 0,5.$$

Коэффициент эффективности полного теплообмена

$$E = 0,923 \times B_I^{0,06} = 0,923 \times 0,5^{0,06} = 0,885.$$

Расчётная температура воды после I ступени камеры орошения

$$t^{P}_{BK} = t_{M_2} - (I-E) \times (t_{M_I} - t_{BH}) = 20 - (I - 0,885) \times$$
$$\times (-1,6-50) = 26^{\circ}C.$$

Проверка выполнения условия

$$/ t^{P}_{BK} - t_{BK} / \leq 0,5^{\circ}C;$$
$$/ 26 - 26 / \leq 0,5^{\circ}C.$$

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

Приведенный расход воздуха через первую ступень камеры орошения

$$V_I = V_B^{\circ} \times \frac{273 + \bar{t}}{273}, \text{ м3/с}$$

$\bar{t}$ – средняя температура потока воздуха, °С;

$$V_I = 17{,}65 \times \frac{273 + \frac{0+20}{2}}{273} = 18{,}3 \text{ м3/с.}$$

Теплопроизводительность I ступени камеры орошения

$$Q_I = V_I \times \rho_I \times (I_2 - I_I) \times 10^{-3}, \text{ МВт}$$

ρ_I – плотность влажного воздуха при $\bar{t} = 10^{\circ}$С

$$Q_I = 18{,}3 \times 1{,}225 \times (57{,}77 - 6{,}7) \times 10^{-3} = 1{,}144 \text{ МВт.}$$

Требуемый расход воды для нагрева воздуха

$$W_I = B_I \times V_I \times \rho_I \times 10^{-3} = 0{,}5 \times 18{,}3 \times 1{,}225 \times 10^{-3} =$$
$$= 0{,}011 \text{ м3/с.}$$

6.3. Теплобалансовый расчёт II ступени камеры орошения

Энтальпия, влагосодержание и температура воздуха по мокрому термометру на выходе из аппарата при температуре $t_{C_3} = 30^{\circ}$С и относительной влажности $\varphi_3 = 100\%$.

$$J_3 = 99{,}6 \text{ кДж/кг,}$$
$$d_3 = 27 \text{ г/кг,}$$
$$t_{M_3} = 30^{\circ}\text{C.}$$

Температура воды после II ступени камеры орошения принимается равной $t_{BK_2} = 34^{\circ}$С.

Коэффициент орошения

$$B_2 = \frac{I_3 - I_2}{(t_{BH} - t_{BK_2})\, 4{,}186} = \frac{99{,}6 - 57{,}77}{(50-34) \times 4{,}186} = 0{,}63.$$

Коэффициент эффективности полного теплообмена

$$E = 0{,}931 \times B_2^{0{,}13} = 0{,}931 \times 0{,}63^{0{,}13} = 0{,}877.$$

Копировал 24586-01 62 Формат А4

Альбом I

Расчётная температура воды после II ступени камеры орошения

$$t^{p}_{ВК} = t_{м_2} - (I - E) \times (t_{м_2} - t_{ВН}) = 30 - (I - 0,877) \times (20-50) =$$

$$= 33,7^{o}C.$$

Проверка выполнения условия

$$/t^{p}_{ВК} - t_{ВК} / \leq 0,5^{o}C,$$

$$/33,7 - 34/ \leq 0,5^{o}C.$$

Приведенный расход воздуха через II ступень камеры орошения.

Расход воздуха при $t_{C_2} = 20^{o}C$

$$V_{20} = V^{o}_{B} \times \frac{273 + t_{C_2}}{273} = I7,65 \times \frac{273 + 20}{273} = I8,94.$$

Приведенный расход воздуха

$$V_2 = V_{20} \times \frac{273 + \bar{t}}{273 + t_{C_2}}, \text{ м3/с:}$$

$\bar{t}$ – средняя температура потока, ^{o}C;

$$V_2 = I8,94 \times \frac{273 + \frac{20+50}{2}}{273 + 20} = I9,26 \text{ м3/с.}$$

Теплопроизводительность II ступени камеры орошения

$$Q_2 = V_2 \times \rho_2 \times (I_3 - I_2) \times I0^{-3}, \text{ МВт}$$

ρ_2 – плотность воздушного потока при $\bar{t} = 25^{o}C$

$$Q_2 = I9,26 \times I,I55 \times (99,6 - 57,77) \times I0^{-3} = 0,93 \text{ МВт.}$$

Требуемый расход воды для нагрева воздуха

$$W_2 = B_2 \times V_2 \times \rho_2 \times I0^{-3} = 0,63 \times I9,26 \times I,I55 \times I0^{-3} =$$

$$= 0,0I4 \text{ м3/с.}$$

Суммарная теплопроизводительность ступеней аппарата

$$Q = Q_I + Q_2 = I,I44 + 0,930 = 2,07 \text{ МВт.}$$

Суммарный расход воды через аппарат

$$W = W_I + W_2 = 0,0II + 0,0I4 = 0,025 \text{ м3/с.}$$

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Средневзвешенная температура воды в сливном трубопроводе

$$\bar{t}_B = \frac{t_{ВК_I} \times W_I + t_{ВК_2} \times W_2}{W_1 + W_2} = \frac{26 \times 0{,}011 + 34 \times 0{,}014}{0{,}025} = 30{,}4^{\circ}C$$

Унос влаги воздушным потоком за счёт изменения влагосодержания воздуха

$$W_{ун} = \bar{V}_B \times \bar{\rho}_B \times (d_3 - d_I) \times 10^{-3},\ кг/с$$

$\bar{V}_B$ – приведенный расход воздуха через аппарат при $\bar{t} = 15^{\circ}C$, м3/с

$\bar{\rho}_B$ – плотность воздушного потока при $\bar{t} = 15^{\circ}C$, кг/м3

d – влагосодержание воздуха, г/кг.

$$W_{ун} = 17{,}65 \times \frac{273 + 15}{273} \times 1{,}202 \times (27 - 2{,}65) \times 10^{-3} = 0{,}545\ кг/с.$$

7. ПРИМЕР РАСЧЁТА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ КАМЕРЫ ОРОШЕНИЯ КТМО-70ПДВ

Исходные данные

Расход теплоносителя (из теплового расчёта) через:

- первую ступень аппарата W_I = 0,0II м3/с,
- вторую ступень аппарата W_2 = 0,0I4 м3/с.

Число форсунок:

- в первой ступени n_1 = I40 шт.,
- во второй ступени n_2 = I92 шт.

Форсунки центробежные тангенциальные латунные с диаметром выпускного отверстия d_0 = 3,5 мм.

Расчёт требуемого напора грещего теплоносителя.

Пропускная способность форсунки I ступени:

$$q_I = \frac{W_I \times 1000}{n_I} = \frac{0{,}0II \times 1000}{I40} = 0{,}079 \text{ кг/с.}$$

II ступени:

$$q_2 = \frac{W_2 \times 1000}{n_2} = \frac{0{,}0I4 \times 1000}{I92} = 0{,}073 \text{ кг/с.}$$

Требуемый напор перед форсунками камеры орошения по рис.3.I

первой ступени P_I = I75 кПа,

второй ступени P_2 = I60 кПа.

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

8. ПРИМЕР РАСЧЁТА АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ КТМО-70ЦДВ

Приведенный расход воздуха через аппарат

$$V_B = V_0 \times \frac{273 + \bar{t}}{273}, \text{ м3/с}$$

V_0 – расход дутьевого воздуха, нм3/с. Принимается равным V_0 = I7,65 нм3/с (из теплобалансового расчёта);

$\bar{t}$ – средняя температура воздуха, проходящего через аппарат, °С

$$V_B = 17{,}65 \times \frac{273 + \frac{0+30}{2}}{273} = 18{,}62 \text{ м3/с.}$$

Скорость воздушного потока в сечении аппарата

$$W = \frac{V_B}{F}, \text{ м/с}$$

F – площадь фронтального сечения аппарата (из конструктивных данных табл.3.4)

$$W = \frac{18{,}62}{7{,}78} = 2{,}39 \text{ м/с.}$$

Сопротивление аппарате определяем по формуле (4.21):

$$\Delta P = 52{,}6 \times \frac{2{,}39^2 \times 1{,}202}{2} = 181 \text{ Па.}$$

9. ПРИМЕР РАСЧЁТА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОТ УСТАНОВКИ КТМО-ПДВ

Исходные данные:

- котельная с 3 водогрейными котлами КВ-ГМ-7,56;
- среднегодовой к.п.д. котельной η К = 0,85;
- отпуск теплоты осуществляется коммунально-бытовым потребителям.

Продолжительность отопительного периода - 4920 часов.

Продолжительность отпуска теплоты потребителям ГВ - 3120 часов.

Топливо - природный газ с низшей теплотой сгорания

$Q^{р}_{н}$ = 33697 кДж/нм3.

Среднегодовая температура уходящих газов:

$t_{ух}$ = 110°С.

Среднегодовая температура воздуха:

$t^{г}_{ср}$ = 6,2°С.

Средняя температура воздуха за отопительный период

$t^{от}_{ср}$ = -0,6°С.

Дымовая труба Н=45 м, $Д_{с}$=1,2 м.

Расчёт экономического ущерба

1. Номинальная нагрузка котельной:

   $Q_{к}$ = 3 х 7,56 = 22,68 МВт, в том числе:

   $Q_{ов}$ = 18,1 МВт

   $Q^{л}_{гв}$ = 2,9 МВт

   $Q^{з}_{гв}$ = 4,5 МВт

2. Годовая выработка теплоты котельной:

   $Q_{т} = (Q_{ов} \times \varphi_{ср.от.} + Q^{з}_{гв}) \times \tau_{от} + Q^{л}_{гв} \times \tau_{д}$, МВт.ч, где:

φ – коэффициент снижения нагрузки (среднеотопительный) определяется как:

$$\varphi = \frac{t_{вн} - t_{ср.от}}{t_{вн} - t^{р}_{н}} = \frac{18 - (-0,6)}{18 - (-20)} = 0,489;$$

$$Q_{т} = (18,1 \times 0,489 + 4,5) \times 4920 + 2,9 \times 3120 = 75037 \text{ МВт.ч.}$$

3. Годовой расход топлива (природного газа):

$$B_{т} = \frac{Q_{т} \times 10^{3}}{Q^{р}_{н} \times \eta_{кот}}, \text{ тыс.м3}$$

$$B_{т} = \frac{75037 \times 3,6 \times 10^{3}}{33697 \times 0,85} = 9431 \text{ тыс.м3.}$$

4. Годовой выход окислов азота без учёта установки аппарата:

$$M_{NO_2} = 0,001 \times Q^{ч}_{i} \times K_{NO_2} \times B_{т}, \text{ т;}$$

$K_{NO_2} = 0,1$ (рис.1 /8/);

$Q^{ч}_{i} = 33,697$ МДж/м3;

$M_{NO_2} = 0,001 \times 33,697 \times 0,1 \times 9431 = 31,8$ т.

5. Снижение выхода NO_2 с учётом природоохранного мероприятия:

$$\Delta M_{NO_2} = \beta \times M_{NO_2}, \text{ т}$$

β – коэффициент снижения выхода NO_2 равен 0,2 – 0,4;

$$M_{NO_2} = (0,2 + 0,4) \times 31,8 = 6,4 + 12,7 \text{ т.}$$

6. Поправка на подъём факела в атмосферу:

$$\varphi = 1 + \frac{\Delta т}{75} = 1 + \frac{110 - 6}{75} = 1,39.$$

7. Поправка на характер рассеивания примеси в атмосферу:

$$f = \frac{100}{100 + \varphi \times H} = \frac{100}{100 + 1{,}39 \times 45} = 0{,}615.$$

8. Приведенная масса выбросов окислов азота в окружающую среду в течение года:

С учётом природоохранных мероприятий

$$M^{П1}_{NO_2} = A_{NO_2} \times (M_{NO_2} - \Delta M_{NO_2}) = 41{,}1 \times (31{,}8 - 6{,}4) =$$

$$= 1044 \text{ у.т.}$$

Без учёта природоохранных мероприятий

$$M^{П2}_{NO_2} = A_{NO_2} \times M_{NO_2} = 41{,}1 \times 31{,}8 = 1307 \text{ у.т.}$$

9. Ущерб, наносимый окружающей среде от выбросов NO_2:

С учётом природоохранных мероприятий

$$У_1 = \gamma \times G_{ср} \times f \times M^{П1}_{NO_2} \times 10^{-3}, \text{ тыс.руб.}$$

$G_{ср}$ - коэффициент опасности загрязнения, $G = 4$ (табл.I /7/);

$$У_1 = 2{,}4 \times 4 \times 0{,}615 \times 1044 \times 10^{-3} = 6{,}16 \text{ тыс.руб.}$$

Без учёта природоохранных мероприятий

$$У = 2{,}4 \times 4 \times 0{,}615 \times 1307 \times 10^{-3} = 7{,}72 \text{ тыс.руб.}$$

10. Экологический эффект от установки КТМО:

$$\Delta У = У - У_1, \text{ тыс.руб.}$$

- при коэффициенте снижения, $\beta = 0{,}2$:

$\Delta У = 7{,}72 - 6{,}16 = 1{,}56$ тыс.руб.;

- при коэффициенте снижения, $\beta = 0{,}4$

$\Delta У = 1{,}56 \times 2 = 3{,}12$ тыс.руб.

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

I0. АВТОМАТИЗАЦИЯ РАБОТЫ КТМО-ПДВ СОВМЕСТНО С КТАН-УГ

I0.I. Контроль и измерение сред местными приборами

В соответствии с требованиями СНиП-II-35-76 в установках для нагрева воды необходимо предусматривать показывающие приборы для измерения:

- температуры нагреваемой и греющей среды до и после каждого подогревателя (п.I5.4I);
- давления нагреваемой среды в общем трубопроводе до подогревателей и за каждым подогревателем (п.I5.4I).

В насосных установках следует предусматривать показывающие приборы для измерения давления воды во всасывающих патрубках (после запорной арматуры) и в напорных патрубках (до запорной арматуры) всех насосов (п.I5.40).

В соответствии с вышеуказанными требованиями местными приборами контролируется по каждому КТАНу (см.АТМ лист I, альбом 2):

- температура каждого потока воды на входе и выходе из аппарата;
- давление воды по каждому потоку на выходе из аппарата;
- давление воды по каждому потоку в общем подающем трубопроводе до аппаратов;
- температура орошающей воды на выходе из бака орошения;
- температура орошающей воды после каждого аппарата.

Приборы для измерения расхода нагреваемой воды по каждому потоку необходимо устанавливать в общем подающем трубопроводе в случае, если в котельной соответствующие приборы не установлены.

По каждому КТМО местными приборами контролируется температура воды после аппарата (АТМ л.I, альбом 2).

По каждому насосу контролируется:

- давление воды во всасывающем патрубке (после запорной арматуры);

- давление воды в напорном патрубке (до запорной арматуры).

Приборы устанавливаются в местах, удобных для доступа и осмотра, защищенных от механических повреждений.

10.2. Контроль со щита КИП

В схеме предусматривается дистанционный контроль (АТМ листы 1,3, альбом 2):

- температуры дымовых газов после каждого КТАНа;
- температуры мокрого термометра на каждом КТАНе;
- температуры дымовых газов на входе в дымовую трубу;
- температуры воздуха до и после КТМО.

Температура мокрого термометра в КТАНе замеряется с помощью стандартного термопреобразователя сопротивления (или преобразователя термоэлектрического), помещенного в специальный измерительный узел, разработанный как нестандартное оборудование.

Вопрос об установке приборов, автоматически замеряющих влагосодержание дымовых газов типа АПВ-201 и др., необходимо рассматривать в каждом конкретном случае, так как эти приборы требуют особых условий по установке и эксплуатации.

10.3. Контроль и регистрация со щита КИП

Для возможности определения эффективности работы КТАНов предусмотрено регистрировать разность температур воды на входе и выходе из каждого КТАНа по каждому нагреваемому потоку.

В схеме автоматизации также предусмотрено дистанционное управление со щита КИП клапаном подачи холодного воздуха и воздуха из помещения на вход КТМО и клапаном, перепускающим часть дымовых газов помимо КТАНов.

Альбом I

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Копировал 24586-01 71 Формат А4

I0.4. Защита от обмерзания аппарата КТМО-ПДВ (черт.АТМ лист 3, альбом 2)

На КТМО-ПДВ (контактный тепломассообменник - подогреватель дутьевого воздуха) подается воздух смешанного потока (наружного воздуха и воздуха из помещения), что необходимо при отрицательных температурах наружного воздуха с целью предотвращения снегообразования, обмерзания стенок воздуховодов и замерзания воды в КТМО.

Предлагается использовать регулятор температуры воздуха - смешанного потока (см.черт.АТМ листы 4,5,6, альбом 2) с одновременным воздействием на два регулирующих клапана: один клапан закрывается, другой открывается.

Таким образом сохраняется общий расход воздуха, а температура повышается при большей доле воздуха из помещения или понижается при увеличении доли наружного воздуха.

При недопустимом понижении температуры орошающей воды после КТМО (ниже I0°С) предусмотрен сигнал на отключение орошающих насосов с одновременной светозвуковой сигнализацией.

I0.5. Сигнализация на щите КИП

В схеме автоматизации предусмотрена сигнализация о нарушении нормальной работы оборудования:

- о падении уровня воды в баке орошения;
- о нарушении работы насосов;
- о снижении температуры дымовых газов перед дымовой трубой;
- о превышении температуры дымовых газов после КТАНов;
- о понижении температуры орошающей воды после КТМО.

При сигнализации о падении уровня воды в баке орошения или понижении температуры орошающей воды после КТМО (зимний режим) производится останов насосов орошения.

Схемой предусмотрено дистанционное управление насосами. При нарушении работы насосов передаётся сигнал в схему управления насосами.

При сигнализации о снижении температуры дымовых газов перед дымовой трубой ниже минимально допустимой, при которой не происходит конденсация водяных паров, необходимо увеличить расход газов через байпас и , следовательно, повысить температуру уходящих дымовых газов.

Сигнал о превышении температуры дымовых газов после КТАНа означает, что работа КТАНа менее эффективна, чем это возможно. В этом случае необходимо провести наладку КТАНа.

Схема технологической сигнализации предусматривает подачу светозвукового сигнала при отклонении любого параметра от норм. Общий сигнал неисправности должен быть подключен к общекотельной схеме звуковой сигнализации.

В схеме автоматизации КТМО и КТАНа используются стандартные приборы и электроаппаратура, серийно выпускаемые отечественной промышленностью.

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

II. ЛИТЕРАТУРА

I. Баркалов Б.В., Карпис Е.Е.
Кондиционирование воздуха в промышленных, общественных и жилых зданиях.
Москва, Стройиздат, I982, 272с.

2. Задачник по технической термодинамике и теории тепломассообмена. Под редакц. В.И.Крутова, Г.В.Петражицкого.
Москва, Высшая школа, I986.

3. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям.
Москва, Машиностроение, I975.

4. Аэродинамический расчёт котельных установок.Нормативный метод.
Ленинград, Энергия, I977.

5. Рекомендации для проектирования котельных и промышленных ТЭЦ с применением КТАНов-утилизаторов. Латтипропром, РПИ, Рига, I987.

6. Тепловой расчёт котельных агрегатов. Нормативный метод.
М., Энергия, I973.

7. Временная типовая методика определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды , М., Экономика, I986.

8. Методические указания по расчёту выбросов загрязняющих веществ при сжигании топлива в котлах производительностью до 30 т/ч . М., Госкомгидромет, I985.

9. Методика определения валовых выбросов вредных веществ в атмосферу от котлов тепловых электростанций МТ34-70-0I0-83. М., Союзтехэнерго, I985.

I0. Сигал Н.Я. Защита воздушного бассейна при сжигании топлива.
Ленинград, Недра, I988, 294с.

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

gost.e-ecolog.ru