

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
(ННГАСУ)**

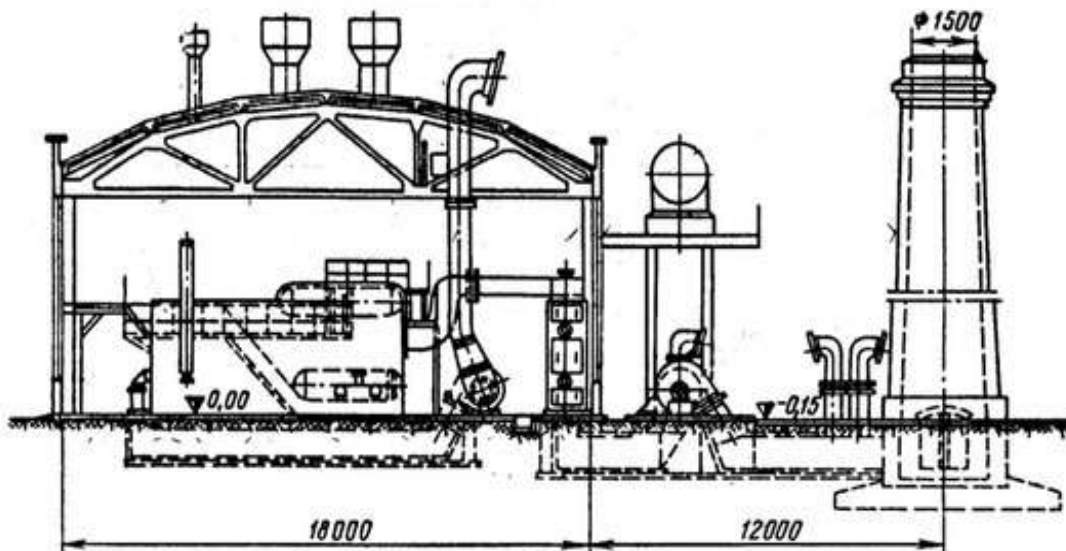
Факультет инженерно-экологических систем и сооружений

Кафедра теплогазоснабжения

Производственно-отопительная котельная установка:

Объёмно-планировочные решения и вентиляция котельной установки

Методическая разработка для студентов очной и заочной форм обучения специальностей
140104.65 Промышленная теплоэнергетика, 270109.65 Теплогазоснабжение и вентиляция



Нижний Новгород,
ННГАСУ
2013

УДК 697.32.001.24/ 075.8

Производственно-отопительная котельная установка: Объёмно-планировочные решения и вентиляция котельной установки.[Текст]: методическая разработка для студентов очной и заочной формы обучения специальностей 140104.65 Промышленная теплоэнергетика, 270109.65 Теплоснабжение и вентиляция./ Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет; сост. Г.М. Климов.- Ниж. Новгород: ННГАСУ, 2013.- 58 с.: ил.

Приведены основные сведения о строительных чертежах, стадиях проектирования, о кодировании комплектов чертежей, о принятых объёмно-планировочных решениях унифицированных зданий котельных установок (КУ). Рассмотрены вопросы планировки помещений КУ, размещения оборудования в них, состав бытовых помещений и основные строительные конструкции здания КУ.

Текстовый материал сопровождается рисунками. Отдельный раздел посвящен вентиляции помещений КУ с примерами расчета притока и вытяжки воздуха из КУ. В приложении А приведены основные сведения с расчетными формулами и рисунками о дутьевых вентиляторах и дымососах и способов их установки в сети. В приложении Б более подробно рассмотрены вопросы планировки помещений и размещения оборудования, конструкций частей здания, а также размещения КУ на генплане. Излагаемый материал сопровождается примерами компоновок в рисунках. Приведенный в методической разработке студентам при курсовом и дипломном проектировании КУ.

Методическая разработка может быть полезна студентам и специалистам теплоэнергетикам при разработке проектной документации КУ.

Рис. 21 Табл. 3

Библиография: 20 назв.

Составитель – Г.М. Климов, М.Г. Климов

Рецензент – доцент каф. ТГС Е.Н. Цой

Компьютерный набор – К.С. Воронина, Т.О.Стяжкина гр.ПТ-08

© Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 2013 г.

Содержание

	Понятие о чертежах и схемах	стр.
1	Разновидности графических изображений:	4
1.1	Чертежи	4
1.2	Вид	5
1.3	Разрез	6
1.4	Сечение	6
1.5	Штриховка	6
2	Схемы и эскизы	6
3	Стадии проектирования	8
3.1	Марки комплектов чертежей	10
4	Конструктивные элементы и схемы зданий	12
5	Строительная часть котельной и размещения в ней оборудования	16
5.1	Котельные установки	16
5.2	Устройство и оборудование санитарно-бытовых помещений	20
6	Вентиляция помещений котельной, топок и газоходов котлов	23
6.1	Вентиляция помещений котельных установок	23
6.2	Вентиляция топок и газоходов котлов	27
6.3	Вытяжка воздуха из помещений котельной	28
6.4	Расчёт приточной вентиляции	29
6.5	Расчёт вытяжной вентиляции	31
7	Источники	33
	Приложение А (справочное):	34
	П.А.1 Гидравлические машины	34
	П.А.2 Характеристика сети	35
	П.А.3 Регулирование машин	37
	П.А.4 Совместная работа машин	41
	Приложение Б (справочное):	44
	П.Б.1 Здания котельных установок (КУ)	44
	П.Б.2 Размещение котельных установок на генплане	48
	П.Б.3 Конструкции частей здания КУ	53
	П.Б.4 Основные внутренние габариты зданий КУ	55

ПОНЯТИЕ О ЧЕРТЕЖАХ И СХЕМАХ

1. Разновидности графических изображений

На рисунке 1 указаны графические изображения, применяемые в практике. Художник изображает предметы обобщенно, какими он их видит.

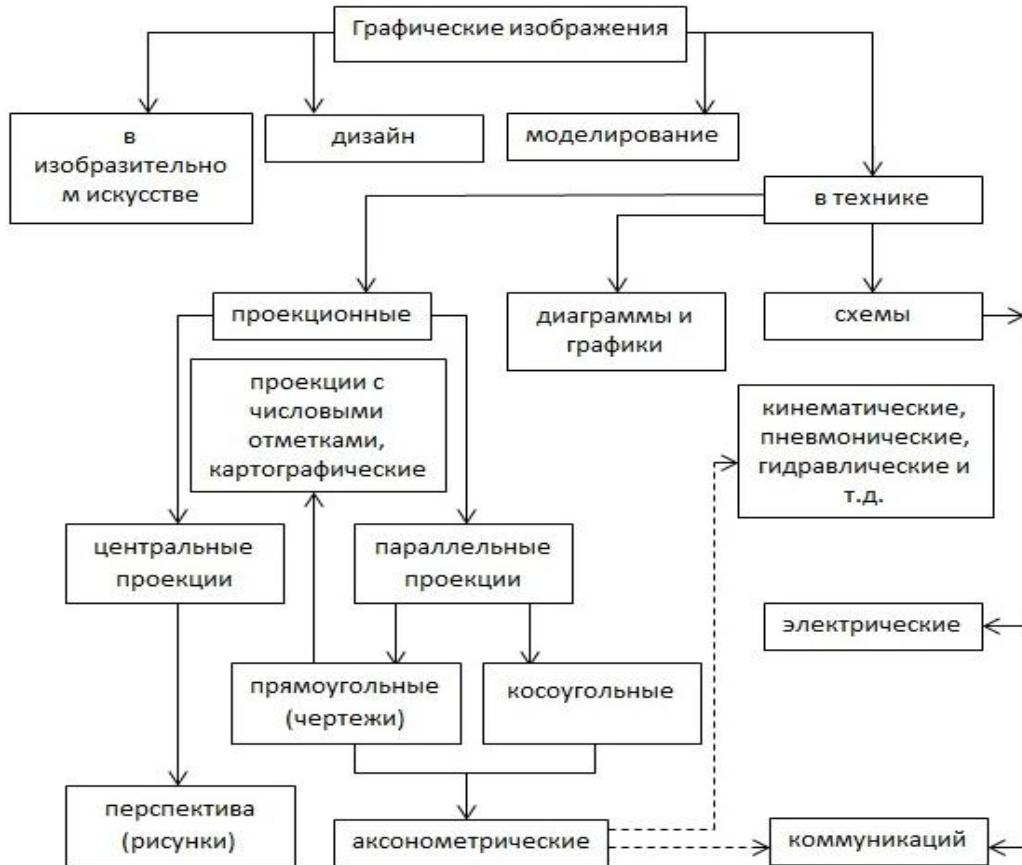


Рис.1 Графические изображения, применяемые в практике

1.1 Чертежи

Чертеж — это основной технический документ, по которому осуществляют строительство зданий и сооружений, изготовляют и устанавливают различное оборудование и вспомогательные устройства. Для всех отраслей промышленности и строительства приняты общие единые правила выполнения и оформления конструкторской документации — графической и текстовой. Эти правила изложены в государственных стандартах под общим названием «Единая система конструкторской документации» (ЕСКД), [13,18].

Ниже приведены некоторые правила ЕСКД по оформлению чертежей. Чтобы чертеж был выразительным и легко читался, изображения на нем оформляют линиями различной толщины и формы.

ГОСТ 2.303—68*¹ ЕСКД устанавливает начертание и назначение линий, применяемых на чертежах и конструкторских документах для всех отраслей промышленности и строи-

тельства, [18].

¹ Здесь и далее звездочкой отмечено обозначение стандарта, к которому принято изменение.

Различают следующие линии чертежа: сплошные — для обводки видимого контура; **штриховые** — для линий невидимого контура; **разомкнутые** — для линий сечений; **штрихпунктирные** — для осевых и центральных линий. Толщину линий принимают 0,2—1,5 мм в зависимости от масштаба и размера изображения. Основные линии имеют большую толщину, чем вспомогательные. Чертежи выполняют в строго определенном масштабе, установленном государственным стандартом.

Масштаб — это отношение линейных размеров изображенного на чертеже предмета к его действительным размерам в натуре. Принятый масштаб всегда указывают на чертеже. Например, масштаб чертежа 1:100 означает, что все размеры изображенного предмета уменьшены в 100 раз, т. е. 1 мм размера на чертеже соответствует 100 мм натуре. **Чертежи котельной (планы, разрезы) обычно выполняются в масштабе 1:100 или 1:50, детали в масштабе 1:20 и 1:10. Все изображения предметов на чертежах в зависимости от их содержания делят на виды, разрезы и сечения.**

1.2 Видом называется изображение на чертеже видимой части поверхности предмета, обращенной к наблюдателю.

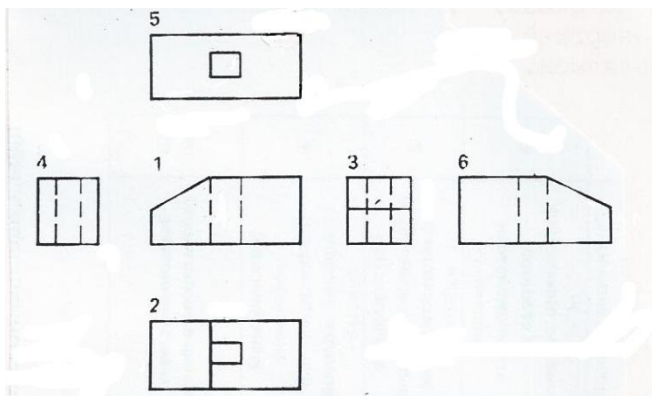


Рис.2 Расположение видов предмета на чертеже

1-главный; 2-сверху; 3-слева; 4-справа; 5-снизу; 6-сзади

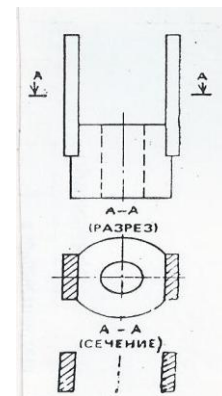


Рис.3 Разрез и сечение детали

Для более полного изображения предмета разрешается показывать невидимые части поверхности штриховыми линиями.

При выполнении чертежа простой детали достаточно одного, двух или трех её видов; для сложных деталей изображение их в трёх видах (проекциях) недостаточно. В этом случае при составлении чертежей за основные плоскости проекций принимают шесть граней куба. Предмет располагают внутри куба и проецируют его прямоугольными лучами на грани куба. После этого все грани куба совмещают с фронтальной плоскостью (гранью куба) и получают чертёж предмета, состоящий из шести изображений. При этом предполагают, что предмет

находится между глазом наблюдателя и соответствующей плоскостью (гранью куба). Полученные изображения предмета на соответствующих плоскостях займут на чертеже положение, указанное на рис. 2. Если виды расположены в проекционной связи между собой, как на рис. 2, то названия видов на чертежах не пишут. Если какой-либо вид смещен относительно главного вида, то он должен быть отмечен на чертеже надписью по типу «Вид А». Направление взгляда при этом указывается стрелкой с соответствующей буквой на конце [18].

1.3 Разрезом называют изображение (проекцию) на чертеже части предмета, мысленно рассеченного секущей плоскостью (или несколькими плоскостями). На разрезе (рис. 3) показывают то, что находится в самой секущей плоскости (сечении), и то, что расположено за ней. Разрезы служат для выявления внутреннего устройства предмета. Они могут быть горизонтальными, вертикальными и наклонными и, кроме того, продольными, когда секущая плоскость направлена вдоль длины или высоты предмета, и поперечными, когда секущая плоскость направлена перпендикулярно к длине или высоте предмета. В зависимости от количества секущих плоскостей разрезы разделяют на простые и сложные.

1.4 Сечением называется изображение на чертеже плоской фигуры, которая получается при мысленном рассечении предмета одной или несколькими плоскостями (см. сечение А — А на рис. 3). На сечении показывают только то, что находится непосредственно в секущей плоскости. Следовательно, сечение является составной частью разреза. Сечения разделяют на наложенные и вынесенные. Контур наложенного сечения обводят сплошной тонкой линией, а контур вынесенного — сплошной основной линией.

1.5 Штриховки в разрезах и сечениях

Для обозначения в разрезах и сечениях материалов, из которых изготавливают предметы, существуют соответствующие графические изображения, которые приведены на рис. 4.

Чертежи на монтаж котельного оборудования выполняют на основе общих архитектурно-строительных чертежей. При этом планы и разрезы здания котельной вычерчивают тонкими линиями без маркировки и детализации строительных элементов с минимальным количеством размеров [12,11].

Вспомогательное оборудование котельной и сети трубопроводов на планах, разрезах и схемах наносят толстыми линиями толщиной 0,6— 1 мм.

2. Схемы и эскизы

Схемы. Связь между котлами и вспомогательным оборудованием с помощью трубопроводов показывают на различных схемах.

Схема — графическое изображение, на котором с помощью условных обозначений показаны составные части предмета или установки и связи между ними. Схемы

выполняют без соблюдения масштаба и без строгого отображения фактического расположения частей установки.

Условные обозначения регламентируются соответствующими стандартами ЕСКД (ГОСТ. 2.780—68** с изменениями; 2.782—68*; 2.784—70*; 2.785—70; 2.789—74 с изменениями). В соответствии с требованиями ЕСКД схемы подразделяют на виды — в зависимости от видов элементов и связей между ними (электрические, гидравлические; пневматические, кинематические и др.) и типы — в зависимости от основного назначения схемы (структурные, принципиальные, монтажные, общие и др.).

2.1 Условные обозначения. Для облегчения чтения схем и возможности сокращения поясняющих надписей на них применяют условные обозначения материалов, элементов зданий, санитарно-технического оборудования (**рис. 4**).

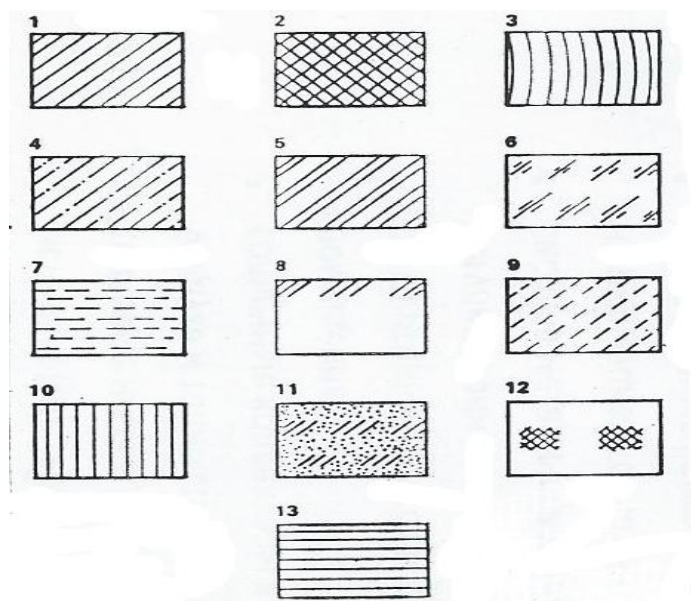


Рис. 4 Условные обозначения

1-металлы и твердые сплавы; 2-неметаллические материалы, в т. ч. волокнистые, мономерные и прессованные; 3-древесина; 4-бетон; 5-керамика и силикатные материалы для кладки; 6-стекло и другие светопрозрачные материалы; 7-жидкости; 8-грунт; 9-камень естественный; 10-сетка; 11-засыпка из любого материала; 12 сталь рифленая (на виде, фасаде); 13-кладка из кирпича, клинкера, керамики, искусственного и естественного кирпича и т.д. (на виде, фасаде)

Эскизы. Помимо чертежей и схем при изготовлении различных деталей могут применяться эскизы — чертежи деталей, выполненные от руки без применения чертежных инструментов в приближенном (глазомерном) масштабе, с необходимыми видами, разрезами, сечениями и размерами.

Ниже в качестве примера приведены принципиальные схемы водогрейной (**рис. 5**) и паровой котельных (**рис. 6**) [12].

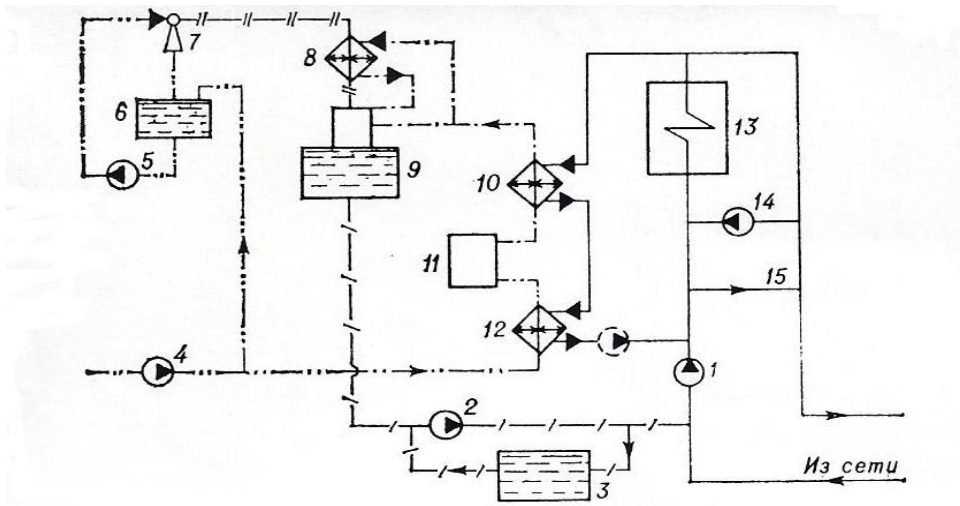


Рис 5 Принципиальная тепловая схема водогрейной котельной

1-сетевой насос;2-подпиточный насос;3-бак подпиточной воды;4-насос исходной воды;5-насос подачи воды к эжектору;6-расходный бак эжекторной установки;7-водоструйный эжектор;8-охладитель выпара;9-вакуумный деаэратор;10-подогреватель химически очищенной воды;11-фильтр химводоочистки ;12-подогреватель исходной воды;13-водогрейный котел;14-рециркуляционный насос;15-линия перепуска.

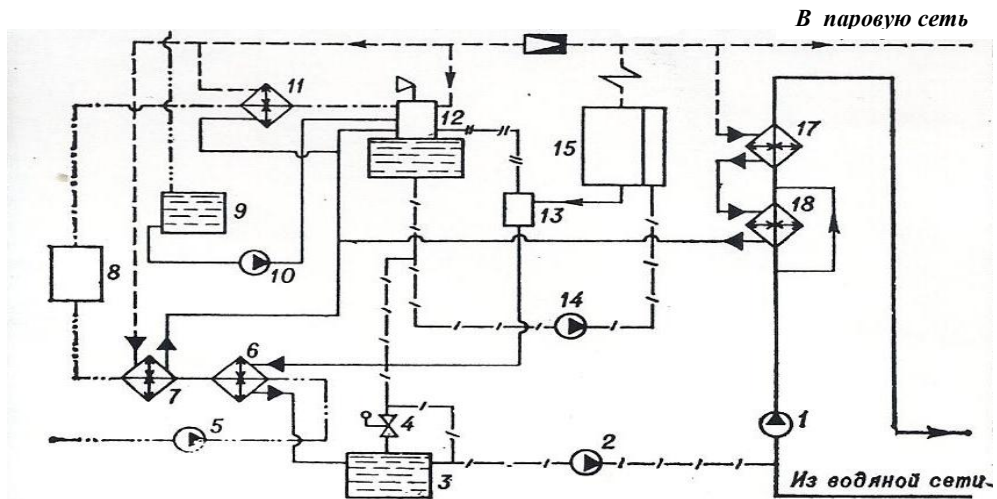


Рис 6 Принципиальная тепловая схема паровой котельной

1-сетевой насос;2-подпиточный насос;3-бак подпиточной воды;4-регулятор подпора;5-насос исходной воды;6-охладитель воды непрерывной продувки(подогреватель исходной воды);7-пароводяной подогреватель исходной воды;8-фильтр химводоочистки;9-конденсатный бак;10-конденсатный насос;11-подогреватель химически очищенной воды;12-атмосферный деаэратор;13-сепаратор пара непрерывной продувки;14-питательный насос;15-паровой котел с экономайзером;16-редукционно-охлаждающая установка;17-подогреватель сетевой воды;18-охладитель конденсата подогревателей сетевой воды

3. Стадия проектирования

Строительными чертежами называют чертежи, которые содержат проекционные изображения строительных объектов или их частей и другие данные, необходимые для их возведения, а также для изготовления строительных изделий и конструкций.

Содержание и оформление строительных чертежей во многом зависят от стадий проектирования, от типов зданий и их назначения.

Строительство жилых, общественных и промышленных зданий ведется по утвержденным проектам и сметам.

Проектом называется техническая документация, полностью характеризующая намеченное к строительству здание, сооружение или комплекс зданий. Строительство жилых, общественных и промышленных зданий ведется по типовым проектам, индивидуальным проектам и по проектам экспериментального строительства.

Типовые проекты предназначены для массового строительства, поэтому в типовых проектах должны быть учтены требования экономичности строительства и эксплуатации здания, природно-климатические условия района строительства, а также требования высокого архитектурного и технико-конструкторского уровня строительства.

Различные строительные объекты — здания и сооружения — в зависимости от их назначения можно подразделить на четыре основные группы[6,4]:

- жилые и общественные здания, объединенные общим названием, — **гражданские здания**; к общественным зданиям относятся общежития, клубы, больницы, школы, различные административные здания, учебные, театральные-зрелищные, торговые и т.д.;
- **промышленные здания** — здания фабрик, заводов и других производственных помещений, здания гаражей, электростанций, котельных и т.п.;
- **сельскохозяйственные здания** — здания для содержания скота и птицы, для ремонта и хранения сельскохозяйственных машин, склады и хранилища продукции и т.п.;
- **инженерные сооружения** — мосты, тоннели, путевые эстакады, набережные, различные гидротехнические и земляные сооружения, доменные печи, резервуары и т.п.

Проектирование зданий может осуществляться **в две стадии**— **технический проект и рабочие чертежи**, или **в одну стадию** — **технорабочий проект** (технический проект, совмещенный с рабочими чертежами). Проектирование несложных объектов и привязку типовых проектов с простым конструктивным решением к условиям места строительства, как правило, производят в одну стадию. Составление типовых проектов жилых и общественных зданий, а также разработку индивидуальных проектов выполняют, обычно, в две стадии (технический проект и рабочие чертежи).

Технический проект — предназначен для рассмотрения и оценки архитектурно-планировочных и конструктивных решений, вопросов инженерного оборудования и организации строительства, его сметной стоимости и основных технико-экономических показателей.

Рабочие чертежи (вторая стадия проектирования) составляют на основе утвержденного технического проекта. **При одностадийном проектировании все строительные чертежи — рабочие.** В состав рабочих чертежей на строительство здания входят архитектурно-строительные чертежи здания (планы, фасады и разрезы) и, в случае необходимости, элементы планов, планы секций и фрагменты фасадов; чертежи и схемы расположения фундаментов, перекрытий, стен, крыши и т.д.

3.1 Марки комплектов чертежей [13]

В соответствии с ГОСТ 21.101-97 каждому комплекту чертежей присваивают наименование и особую марку, которая и проставляется на каждом чертеже этого комплекта в основной надписи. Марка состоит из заглавных начальных букв названия данной части проекта. Для отдельных комплектов рабочих чертежей установлены следующие наименования и марки:

Генеральный план и сооружения транспорта... ..ГТ	Внутренние водопровод и
Генеральный планГП	канализация.....ВК
Архитектурные решенияАР	Наружные сети водоснабжения и
Архитектурно-строительные решенияАС	канализации..... НКВ
Интерьеры..... АИ	Отопление, вентиляция и
Конструкции железобетонныеКЖ	кондиционирование воздуха..... ОВ
Конструкции металлическиеКМ	Тепловые сети..... ТС
Конструкции металлические	Газоснабжение..... ГС
детализировочные..... КМД	ЭлектроснабжениеЭС
Конструкции деревянные.....КД	ЭлектроосвещениеЭО
	Автоматизация..... А

СТП ННГАСУ 1-1-98. МАРКИ ОСНОВНЫХ КОМПЛЕКТОВ ЧЕРТЕЖЕЙ

Наименование основного комплекта рабочих чертежей	Марка	Примечание	Наименование основного комплекта рабочих чертежей	Марка	Примечание
Генеральный план и сооружения транспорта	ГТ	При объединении в одном основном комплекте чертежей генерального плана и сооружений транспорта	Архитектурно строительные	АС	
			При разделении основного комплекта АС:		
			·архитектурные решения	АР	
			·интерьеры	АИ	
Генеральный план	ГП		·конструкции железобетонные	КЖ	
Сооружения транспорта	ТР	При объединении в основном комплекте чертежей на автомобильные дороги и пути железнодорожные	·конструкции деревянные	КД	
			Конструкции металлические	КМ	
			Конструкции металлические детализировочные	КМД	
			Антикоррозионная защита конструкций	АЗ	
Автомобильные дороги	АД				
Пути железнодорожные	ПЖ				
Технология производства	ТХ		Тепломеханическая часть котельных	ТМ	
Технологические коммуникации	ТК	При объединении в один комплект чертежей всех технологических коммуникаций	Отопление, вентиляция, кондиционирование воздуха	ОВ	
			Внутренний водопровод и канализация	ВК	
Водоснабжение	ВС				
Электроосвещение	ЭО				
Электроосвещение	ЭН		Пожаротушение	ПТ	
Электрооборудование	ЭМ		Пылеуборка	ПУ	
Холодоснабжение	ХС		Горные открытые работы	ГОР	
Тепловая изоляция	ТИ		Горные подземные работы	ГПР	
Газоснабжение. Внутренние устройства	ГВС		Гидротехнические работы	ГР	
			Горномеханические работы	ГМ	
Газоснабжение. Наружные газопроводы	ГСН				
Теплоснабжение	ТС				
Наружные сети водоснабжения и канализации	НБК (НВ, НК)		Химическая защита	ХЗ	
			Электрохимическая защита	ЭХЗ	
Системы связи	СС		Автоматика и телемеханика движения поездов (СЦБ)	АТД	

Телемеханика производственная	ТЛМ		Электроснабжение. Подстанции	ЭП	
Автоматизация...	А...	Многоточие заменяют наименованием и маркой соответствующего чертежа	Линии электропередач воздушные	ЭВ	
			Линии электропередач кабельные	ЭК	
Молниезащита и заземление	ЭГ		Сети тяговые	ЭТ	

Примечание. При необходимости могут быть назначены дополнительные марки основных комплектов чертежей. При этом для марок применяют прописные буквы (не более трёх) русского алфавита, соответствующие, как правило, начальным буквам наименований основного комплекта чертежей.

4. Конструктивные элементы и схемы зданий

Строительные объекты состоят из отдельных частей — конструкций. **Конструкцией** называют отдельную самостоятельную часть здания или сооружения: фундамент, стены, перегородки, цоколь, отмостка, перекрытие, покрытие, кровля, стропила, лестничный марш, оконный или дверной блок и т.п. **Конструкции бывают сборные, состоящие из отдельных элементов, и монолитные, изготавливаемые на месте монтажа.** Участок конструкции, где соединяются его отдельные составные элементы, называют узлом. **На рис. 7 приводятся основные конструктивные элементы здания.** Индустриальным изделиям присвоены соответствующие марки, которые проставляются на чертежах и схемах расположения элементов сборных конструкций. Марка изделия состоит из начальных букв названий соответствующих элементов.

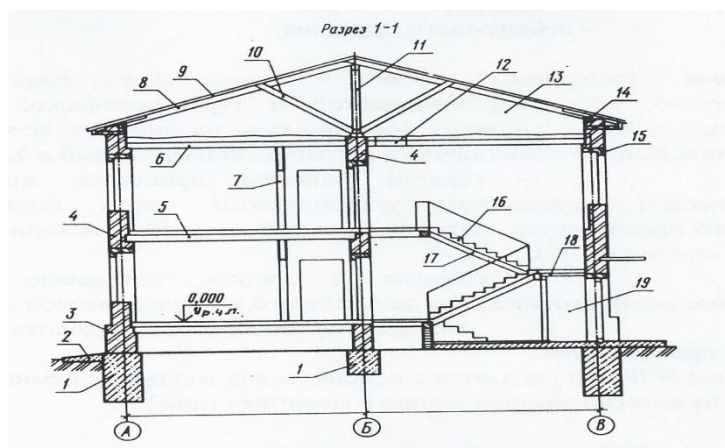


Рис. 7 Конструктивные элементы здания с несущими стенами:

1-фундамент, 2-отмостка, 3-цоколь, 4-несущие стены, 5-междуэтажное перекрытие, 6-чердачное перекрытие, 7-перегородка, 8-наклонные стропила, 9-обрешетка кровли, 10-подкос, 11-стойка, 12-люк, 13-чердак, 14-маурлат, 15-перемычка, 16-лестничный марш, 17-косоур, 18-лестничная площадка, 19-тамбур.

4.1 Единая модульная система (ЕМС)

Унификация дает возможность ограничить количество видов и размеров строительных деталей на основе выбора наиболее рациональных из них и привести их в соответствие с

основными параметрами здания. Основой для стандартизации и унификации в проектировании, изготовлении изделий и строительстве служит единая модульная система.

Единая модульная система (ЕМС) представляет собой правила координации размеров объёмно-планировочных и конструктивных элементов зданий и сооружений на базе модуля. Единая модульная система применяется в обязательном порядке при проектировании и строительстве зданий и сооружений, проектировании и выполнении строительных изделий [1,13].

Все размеры объёмно-планировочных и конструктивных элементов зданий должны быть кратны модулю. За величину основного модуля M для координации размеров принимается размер 100 мм (1 дециметр). На базе основного модуля M образуются *укрупненные* (для крупных размеров) и *дробные* модули, которые получаются умножением основного модуля M (100 мм) на целые и дробные числа.

Укрупненные модули 6000 мм, 3000 мм, 1500 мм, 1200 мм, 600 мм, 300 мм и 200 мм обозначают, соответственно, 60М, 30М, 15М, 12М, 6М, 3М и 2М, а дробные модули — 50 мм, 20 мм, 10 мм, 5 мм, 2 мм и 1 мм — соответственно, 1/2М, 1/5М, 1/10М и т.д.

Укрупненные и дробные модули называют *производными модулями*.

Здание или сооружение в плане расчленяется осевыми линиями на ряд элементов. Эти оси, определяющие расположение основных несущих конструкций (стен и колонн), называются *координационными осями* — продольными и поперечными (рис 12).

Расстояние между координационными осями в плане здания называют шагом (рис. 8, 9). В зависимости от преобладающего в плане направления шаг может быть продольным или поперечным. *Пролётom* называют расстояние между координационными осями здания в направлении, которое соответствует пролету основной несущей конструкции перекрытия или покрытия. Расстояние между координационными осями определяется условиями использования стандартных конструктивных элементов — ригелей, балок, ферм, панелей перекрытия.

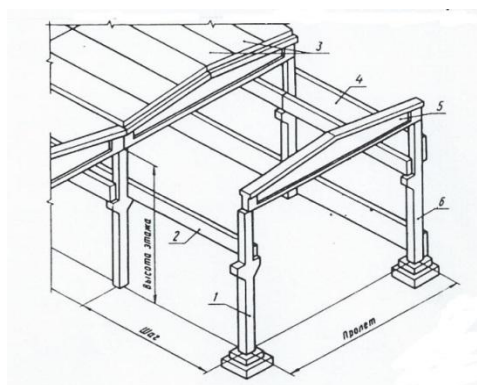


Рис. 8 Конструктивные элементы каркасного здания: 1-средняя колонна, 2-подкрановая балка, 3-плиты перекрытия, 4-стенная панель, 5- подстропильная балка, 6-пристенная колонна.

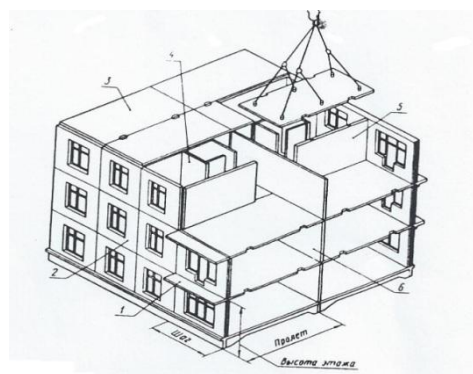


Рис.9 Конструктивные элементы крупнопанельного здания: 1-плита балкона, 2-наружная стенная панель, 3-панель перекрытия, 4-вентиляционная панель, 5- перегородочная панель, 6-внутренняя стенная панель

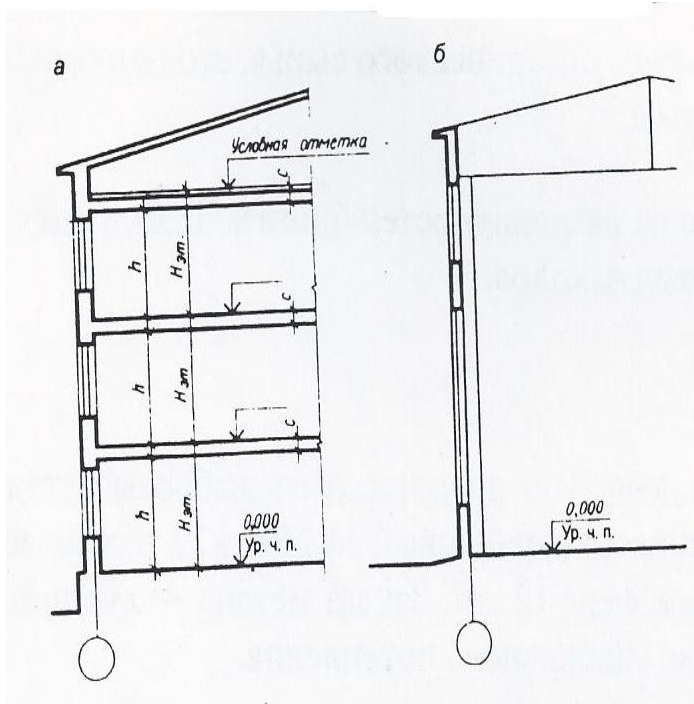


Рис.10 Высоты этажей: а-в многоэтажном здании, б- в одноэтажном здании.

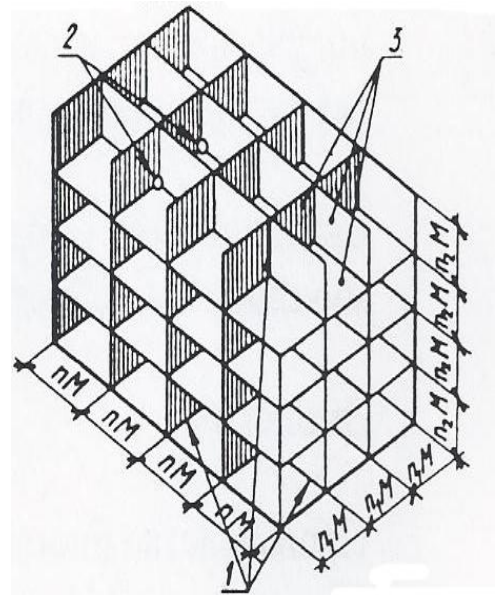


Рис. 11 Прямоугольная пространственная модульная координационная система: 1-координационные линии, 2-точки пересечения координационных линий, 3-координационные плоскости.

За высоту этажа $H_{эт}$ принимают расстояние от уровня пола данного этажа до уровня пола вышележащего этажа (рис. 10 а). Так же определяют и высоту верхнего этажа, при этом толщина чердачного перекрытия условно принимается равной толщине междуэтажного перекрытия c .

В одноэтажных промышленных зданиях высота этажа равна расстоянию от уровня пола до нижней грани конструкции, покрытия (рис. 10, б).

Размеры шагов, пролетов и высот этажей должны приниматься равными укрупненному модулю. Размеры конструктивных элементов зданий и сооружений должны быть кратными основному модулю. Размеры и расположение элементов зданий определяются с помощью пространственной системы модульных плоскостей (рис 11).

Расстояния между смежными плоскостями в каждом из трех измерений принимаются равными или кратными основному модулю или одному из производных модулей.

Объемно-планировочным элементом называется часть объема здания с размерами, равными высоте этажа, пролёту и шагу (рис. 11).

Планировочным элементом называют горизонтальную проекцию объемно-планировочного элемента (рис. 12).

На рис. 13 показаны модульные координационные оси колонн.

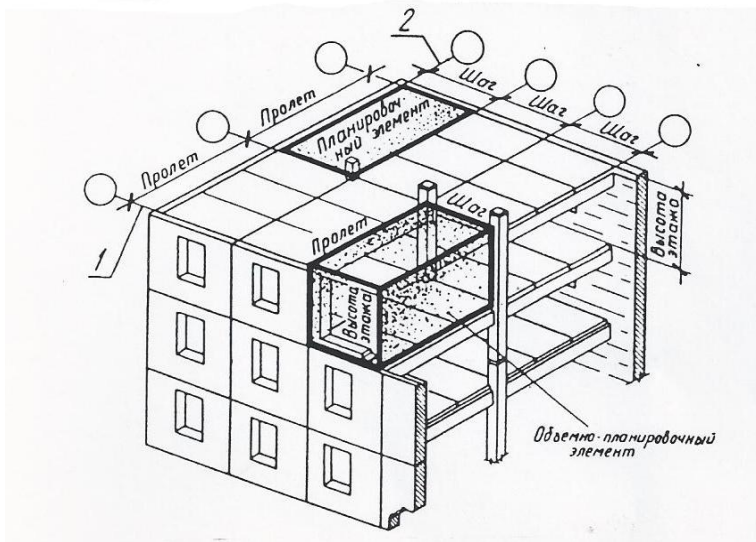


Рис. 12 Объемно-планировочный и планировочный элементы здания. Координатные оси: 1-продольные, 2-поперечные

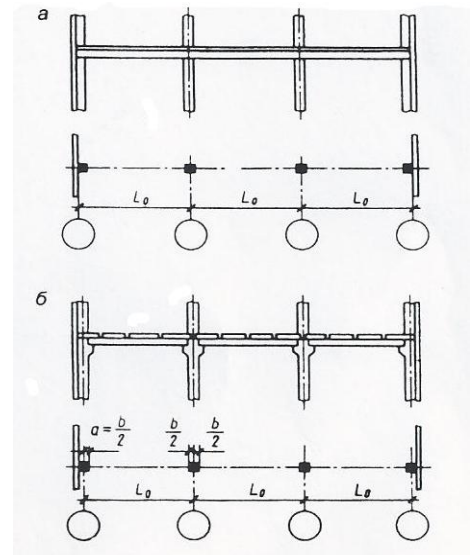


Рис. 13 Модульные координационные оси колонн (разрез и план): 1-балка или ригель перекрывают колонну, б-балка, ферма, ригель опираются на консоль колонны

4.2 Конструктивный размер

Конструктивным размером называют проектный размер l строительной конструкции, изделия, определенный в соответствии с правилами МКРС. Конструктивные размеры (рис. 14 а, б, в) принимают меньше координационных размеров l_0 на размер зазора δ или более координационных размеров (с добавлением значения выступов, расположенных в смежном координационном пространстве).

Размер зазора δ устанавливают в соответствии с особенностями конструктивных узлов, условиями эксплуатации стыков, монтажа и допусками.

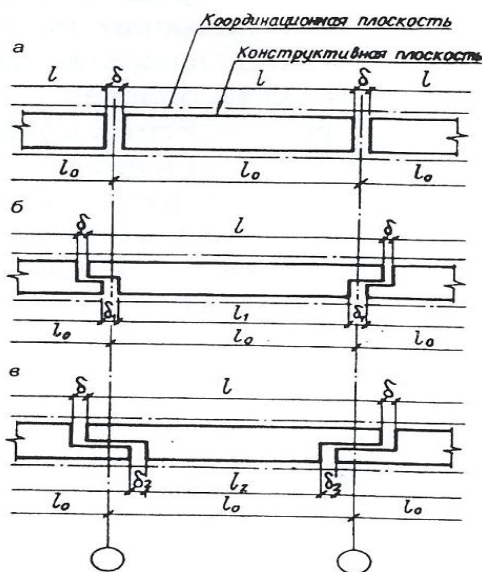


Рис. 14 Расположение строительных конструкций, изделий и элементов в координационном пространстве при конструктивных размерах: а-меньше координационных, б- больше координационных для одного элемента, в- то же- для всех элементов.

4.3 Объёмно-планировочные решения унифицированных зданий котельных установок [1,4]

Распоряжением Госстроя СССР от 5 июня 1964 г. №101 в целях снижения стоимости строительства котельных установок путём унификации объёмно-планировочных, конструктивных и технологических решений, унификации оборудования, сокращения количества типоразмеров конструкций и деталей, а также уменьшения объёмов проектных работ и продолжительности строительства этих установок были утверждены следующие основные строительные параметры объёмно-планировочных решений унифицированных одноэтажных зданий павильонного типа для отдельностоящих котельных с чугунными секционными котлами и паровыми котлами типа ДКВР (КЕ, ДЕ).

Тип	Пролёт	Высота до низа конструкции, м	Длина, м
1	6	4,2	12, 15, 18, 21
2	9	4,8	30 и 36
3	12	4,2	12
4	12	4,8	12, 24, 30
5	12	6	36
6	12	8,4	30 и 36
7	12	9,6	36
8	18	6	36
9	18	7,2	36 и 42
10	18	8,4	36
11	18	12,6	36
12	24	7,2	36 и 42
13	24	8,4	36
14	24	12,6	36

Примечание. При изменении, по сравнению с типовым проектом, количества устанавливаемых котлов (при привязке проекта) допускается увеличение или уменьшение длины здания котельной (тип 2-14) на величину кратную бм. (Бюллетень строительной техники №8 1964г.).

5. Строительная часть котельной и размещение в ней оборудования [2, п. 3.1...3.29]

5.1 Котельные установки [1,2].

* Котельные установки размещают, как правило, в отдельностоящих зданиях или пристройках I и II степени огнестойкости. По характеристике пожарной опасности технологического производства они должны соответствовать категории Г, к которой относятся производства, связанные со сжиганием твёрдого, жидкого и газового топлива. В случае непосредственного примыкания котельной к производственному корпусу они должны быть разделены брандмауэром, в котором допускается устройство дверных проёмов с огнестойкими и полуогнестойкими дверьми, открывающимися внутрь котельной. Если площадь котельной превышает 200 м², она должна иметь не меньше двух выходов наружу. Если площадь меньше или длина помещения по фронту котлов не более 12 м, то допускается один основной выход при наличии второго на наружную пожарную лестницу.

Выходные двери должны открываться наружу, а двери из подсобных помещений — внутрь котельной. Выходные двери из котельной не должны иметь внутренних запоров и должны открываться от нажатия руки.

Не разрешается перевод котлов на сжигание сжиженного газа в эксплуатируемых котельных, уровень пола которых находится ниже уровня территории, непосредственно прилегающей к котельному помещению.

***Покрытие здания котельной установки может быть сплошным, если масса его собственной конструкции (включая стропила, кровлю и т. п.) не превышает 120 кг/м². Если масса покрытия больше, то над котлами должны быть устроены световые или вентиляционные фонари площадью не менее 10% площади пола котельной. Если для создания необходимого освещения или вентиляции не требуется установка фонарей, то разрешается устройство выше обмуровки котлов застекленных проемов общей площадью не меньше 10% площади пола котельной.**

Согласно исследованиям МИСИ им. В. В. Куйбышева [5], при массе свободнолежащих плит 120 кг/м² и взрыве газо-воздушной смеси в камере развивалось давление около 0,067 кгс/см² (см. рис. 5), которое в несколько раз меньше нагрузок, разрушающих кирпичные стены (при толщине 51 см — до 0,5 кгс/см², при толщине 38 см — до 0,15 кгс/см²). Как правило, по всей поверхности кровли производится наклейка сплошного рубероидного ковра в один или несколько слоев. Указанные выше исследования и анализ аварий показывают, что при взрывах рубероидный ковёр не разрывается, а поднимается вместе с плитами покрытия. В результате давление в объёме, в котором произошел взрыв, возрастает при одном слое рубероида в 2,5, двух слоях — 4, трех — 8 раз (при одном слое рубероида давление в опытной камере достигало уже 0,19, а при двух слоях — 0,272 кгс/см²). На основании исследований авторы рекомендуют выполнять легкораскрываемые швы в виде стыков полотнищ рубероида шириной не более 10 см, располагая один стык над другим. Стыки следует располагать в местах опирания элементов кровли на плиты, прогоны, стропила, т. е. там, где при подъёме кровли происходит перегиб рубероида, облегчающий его разрыв при взрыве газовой смеси.

***Расстояние от фронта котлов или выступающих частей топок до противоположной стены котельной должно составлять не менее 3 м. При этом для котлов, работающих на газовом или жидком топливе, расстояние от горелочных устройств до стены котельной должно быть не менее 1 м. Для котлов производительностью не более 2 т/ч расстояние от фронта котлов или выступающих частей топок до стены котельной может быть уменьшено до 2 м в следующих случаях:**

а) если котлы используют газовое или жидкое топливо (при сохранении расстояния от горелочных устройств до стены котельной не менее 1 м);

- б) при отсутствии необходимости обслуживания топки со стороны фронта котла;
- в) если топка, обслуживаемая с фронта, имеет длину не более 1 м.

Если котлы требуют бокового обслуживания (шуровка, обдувка и т. п.), то ширина прохода должна обеспечивать удобство обслуживания и составлять для котлов паропроизводительностью меньше 4 т/ч не менее 1,5, а для котлов большей паропроизводительности — не менее 2,0 м.

Если котлы не требуют бокового обслуживания, то должен быть хотя бы один проход между котлами или между крайним котлом и стеной здания. Ширина этого прохода, а также прохода между задней стеной обмуровки котла и задней стеной котельной должна быть не менее 1,0 м. **Расстояние между отдельными выступающими частями котла и выступающими частями здания, лестниц, площадок и т. п. должно быть не меньше 0,8 м.** Если газовые горелки установлены на боковых стенах обмуровки топки и их обслуживание должно производиться в проходах между котлами, то ширина проходов должна быть не менее 1,5 м. При конструктивной невозможности обеспечить это условие ширина прохода может быть уменьшена до 1 м при согласовании в каждом отдельном случае с местными органами Госгортехнадзора.

***Котельная, работающая на газовом топливе, не относится к взрывоопасным помещениям.** Во время нормальной эксплуатации в ней производится розжиг газовых горелок открытым огнем, в топках поддерживается высокая температура, значительно превышающая температуру воспламенения горючих газов, и т. п. **Однако при различного рода авариях, а также несоблюдении обслуживающим или ремонтным персоналом требований «Правил безопасности» и эксплуатационных инструкций в котельной или её части могут образоваться взрывоопасные концентрации газа. Искрение электрических приборов или внесение открытого огня может вызвать взрыв этой газовой смеси, разрушение оборудования и строительных конструкций, а также травмирование обслуживающего персонала:**

Согласно [9.2] не нормируют размеры взрывных проемов и не определяют конструкцию взрывных клапанов в помещении котельной. Согласно [2] в котельных, работающих на пылевидном и газовом топливах, площадь остекленных проемов стен, световых и вентиляционных фонарей должна составлять не менее 30% поверхности одной из наибольших наружных стен. На котельные залы электростанций распространены те же нормы остекления и запрещение применять для этой цели армированное стекло и стеклоблоки. Оконные переплеты в этих залах должны быть металлическими или железобетонными.

Очевидно, что ещё более жесткие требования следует предъявлять к помещениям сезонно или временно работающих котельных, которые обслуживаются, как правило менее квалифицированным персоналом, имеют значительно меньшие объёмы и хуже организованную вентиляцию. Особое внимание следует обратить на площади оконных и дверных проёмов в помещениях встроенных, котельных. Размеры и объёмы таких котельных в большинстве случаев невелики, и суммарную площадь проёмов, которые могут рассматриваться как взрывные, целесообразно определять из расчёта не менее $300\text{—}500\text{ см}^2/\text{м}^3$. В существующих котельных, в которых невозможно осуществить устройство указанных выше взрывных проёмов такой площади, размеры оконных проёмов и световых фонарей должны быть максимальными, допускаемыми строительной конструкцией здания [1].

***Если основную роль в качестве взрывных клапанов в котельной должны играть остекленные проёмы, то их конструктивному оформлению следует придавать особое значение**, так как обыкновенное оконное стекло при двойном и даже одинарном остеклении выдерживает довольно высокие взрывные нагрузки. О размерах разрушающих нагрузок в зависимости от типа некоторых ограждений можно судить из следующих данных:

Тип ограждения	Разрушающая взрывная нагрузка, кгс/см ²
Стена здания толщиной 38 см при покрытии массой 100 кг/см ²	0,150
Свободстоящая кирпичная стена толщиной 62 см	0,095
Железобетонная стена толщиной 12 см	0,060
Двойное глухое остекление $\delta = 3$ мм, площадь 630 см ² /м ³	0,112
То же, 330 см ² /м ³	0,204
То же, $\delta = 2$ мм	0,096
Одинарное глухое остекление $\delta = 3$ мм, площадь 330 см ² /м ³	0,065
То же, $\delta = 2$ мм	0,053

Как видно, величина взрывной нагрузки, разрушающей двойное остекление (стекло $\delta = 3$ мм) даже при площади остекления, превышающей максимальную рекомендуемую площадь взрывных проёмов ($500\text{ см}^2/\text{м}^3$), соизмерима с нагрузкой, разрушающей кирпичную стену ($\delta = 38$ см). При площади остекления $330\text{ см}^2/\text{м}^3$ кирпичная стена толщиной 38 см разрушается раньше, чем двойное остекление со стеклом $\delta = 3$ мм и внутренним креплением в переплетах.

Устройство одинарного остекления с наружным креплением стекла в переплетах снижает разрушающие взрывные нагрузки, однако их значения все же слишком велики: для стекла $\delta = 3$ мм при площади остекления $330\text{ см}^2/\text{м}^3$ — $0,108$, $156\text{ см}^2/\text{м}^3$ — $0,224$ кгс/см². Отсюда следует, что для быстрого сброса давления, образующегося при взрыве газозвушной смеси в помещении, и предотвращения разрушения ограждающих поверхностей и оборудования котельной рекомендуется производить остекление в поворотных переплётах. Эти переплёты должны свободно открываться при достижении в котельной

давления, меньшего, чем, разрушающее оконное стекло. При установке на переплѣтах запорных крюков, шпингалетов и т. п. устройств стекло в поворотных переплѣтах работает так же, как и в глухих. **Обеспечить своевременное открытие оконных переплѣтов при достижении минимально возможного давления взрыва можно, используя магнитные или пружинные замки.**

Специальные исследования о работе остеклѣнных проѐмов при взрыве газозвушной (пропановоздушной) смеси были проведены кафедрой охраны труда МИСИ [28]. Они, в частности, показали, что переплѣты с верхним и боковым шарнирами открываются при различных условиях. При пружинном замке, рассчитанном на нагрузку $0,005 \text{ кгс/см}^2$, переплѣт с верхним шарниром открывался при избыточном давлении $0,031 (\pm 0,006) \text{ кгс/см}^2$, а с боковым — при $0,02 (\pm 0,002) \text{ кгс/см}^2$. Переплѣт с верхним шарниром открывался через 0,29 сек после момента взрыва, а с боковым — через 0,25 сек. Оба переплѣта открывались до того, как фронт пламени достигал внутренних поверхностей камеры (при подаче электроискры в центре объѐма). Поворот на 90° достигался переплѣтом с верхним шарниром за 0,19 — 0,22, а с боковым — за 0,11—0,13 сек. **Таким образом, переплѣты с боковым шарниром превосходили переплѣты с верхним шарниром по всем показателям: давлению срабатывания, скорости и величине открытия.**

5.2 Устройство и оборудование санитарно-бытовых помещений [1,2,4].

Продолжительность пребывания работающих на предприятии вызывает необходимость устройства санитарно-бытовых помещений, состав [1, п. 3.17...3.19], размеры и оборудование которых зависят от характера производства и определяются нормами проектирования промышленных предприятий. В состав санитарно-бытовых помещений входят гардеробные, душевые, ручные ванны, умывальные, уборные, курительные, помещения для личной гигиены женщины, кормления грудных детей, отдыха, стирки, химической чистки, сушки, обеспыливания, обезвреживания, ремонта спецодежды и обуви и др. В санитарно-бытовых помещениях должны быть определенные температура и относительная влажность воздуха, регламентируемые санитарными нормами.

***Гардеробные.** Домашнюю и рабочую одежду в гардеробных хранят тремя способами: открытым (на вешалках или в открытых шкафах); закрытым (в шкафах); смешанным, при котором один вид одежды хранят открытым способом, а другой закрытым.

При закрытом способе хранения одежды шкафы могут быть:

- одинарными (.с одним отделением) — для хранения домашней или рабочей одежды (глубина 50 см, ширина 25 см, высота 1,65 м);
- одинарными — для хранения легкой рабочей одежды, т. е. халатов, комбинезонов и др. (глубина 25 см, ширина 20 см, высота 1,65 м);

- одинарными семиярусными — для хранения рукавиц, фартуков и другой мелкой рабочей одежды (глубина 25 см, ширина 33 см, высота каждого яруса 23,5 см);
- двойными (с двумя отделениями) — для хранения различных видов одежды (глубина 50 см, общая ширина 33 см, высота 1,65 м).

В шкафах следует предусматривать места (гнезда и ящики) для хранения головных уборов, обуви, белья. Ширина прохода между шкафами должна быть не менее 1 м.

Если около шкафов устраивают сиденья, ширину прохода делают не менее 1,5 м, если в проходах устанавливают скамейки, ширину прохода делают не менее 1,7 м при длине шкафов до 5 м и не менее 2 м при длине ряда шкафов более 5 м. Гардеробные должны быть отдельными для мужчин и женщин.

Стены гардеробных помещений должны окрашиваться водостойкими красками. Площади гардеробных определяются в соответствии с санитарными нормами по числу работающих в наиболее многочисленной смене.

***Душевые.** Как правило, душевые размещают в помещениях, смежных с гардеробными. Душевые установки оборудуют индивидуальными смесителями с арматурой управления, расположенной у входа в кабину. Кабины во всех душевых установках рекомендуется отделять друг от друга перегородками (из водостойких материалов) высотой не менее 1,75 м, не доходящими до пола душевой на 0,2 м. Их оборудуют полочками для мыла и мочалок, а также подножками для удобства намыливания ног. При душевых необходимо предусматривать преддушевые. **Число мест для переодевания определяют из расчёта три места на одну душевую сетку.** Преддушевые должны оборудоваться скамьями шириной 0,3 м и длиной на одно место 0,4 м. Расстояние между рядами скамей должно быть равным 1 м.

***Умывальные** можно размещать в помещениях, смежных с гардеробными, или в самих гардеробных при следующем условии: расстояние от умывальников до шкафов должно быть не менее 2 м. Если позволяют климатические условия, а также летом допускается устройство умывальных под навесами на открытом воздухе. **Число кранов определяют исходя из числа работающих, при норме 20 человек на один кран.** Если работы связаны с загрязнением рук трудносмываемыми веществами, умывальные оборудуются устройствами для мытья рук специальными жидкостями, разрешёнными местными органами санитарно-эпидемиологического управления.

Мыло, смывающие и обезвреживающие средства выдаются бесплатно по перечню работ и профессий, дающих право на бесплатное получение их, этот перечень устанавливает администрация по согласованию с местными профсоюзными организациями.

***Уборные на предприятии следует размещать так, чтобы расстояние от них до наиболее удаленного рабочего места не превышало 100 м.** Кабины уборных оборудуют

напольными керамическими чашами или унитазами. **Число, керамических чаш или унитазов зависит от числа работающих в одной смене, из расчета 15 женщин или 30 мужчин на один унитаз. В мужских уборных устанавливают индивидуальные (фаянсовые) или групповые (лотковые) писсуары, из расчёта один индивидуальный или 0,4 м группового писсуара на один унитаз или на одну напольную чашу. При уборных необходимо иметь умывальники, из расчёта один умывальник на четыре кабины, но в каждой, уборной должен быть хотя бы один умывальник.**

На предприятиях, где отсутствует канализация, допускается (с разрешения местных санитарно-эпидемиологических станций) применение выгребных ям с устройствами против загрязнения почвы.

**Помещения для личной гигиены женщин* рассчитываются по числу женщин, работающих в наиболее многочисленной смене, и их предусматривают при числе 15 и более. Они размещаются, как правило, смежно с женскими уборными. В помещении должны предусматриваться места для раздевания, а также индивидуальные кабины для процедур. При размещении помещений личной гигиены женщин отдельно от уборных следует предусматривать уборную с одним унитазом и умывальником.

**Помещения для обогрева работающих.* Их площадь определяют из расчета 0,1 м² на одного работающего в наиболее многочисленной смене, но не менее 8 м². Такое помещение оборудуют вешалками для одежды, скамьями или табуретками. В них устанавливают местные отопительные устройства конвекционного, лучевого или другого типа для быстрого согревания людей. Помещения для обогрева работающих в зимнее время следует располагать на расстоянии не более 150 м от рабочих мест.

**Помещения для сушки и обеспыливания рабочей одежды.* Площадь помещения для сушки рабочей одежды принимают из расчета 0,2 м² на каждого пользующегося сушилкой в наиболее многочисленной смене. Эти помещения оборудуют отопительными и вентиляционными установками с таким расчётом, чтобы одежда высушивалась в течение одной рабочей смены. Сушить рабочую одежду можно в гардеробных помещениях в закрытых шкафах, оборудованных устройствами для подачи подогретого и вытяжки влажного воздуха.

Площадь помещения для обеспыливания рабочей одежды определяют в зависимости от способа обеспыливания, однако **она должна быть не менее 12 м².**

**Курительные* следует предусматривать в тех случаях, когда по условиям производства или пожарной безопасности курение в производственных помещениях не допускается. *В зданиях расстояние от рабочих мест до курительных должно быть не более 100 м, а от территории предприятия не более 150 м.*

6. Вентиляция помещений котельной, топок и газоходов котлов

6.1 Вентиляция производственных и производственно-отопительных котельных должна соответствовать требованиям [1,2] по размещенному в них производству. При использовании газового топлива дополнительные требования к этим помещениям не предъявляются.

Отличительной особенностью вентиляции помещений встроенных отопительных котельных, работающих на газовом топливе, является требование обеспечения в них не менее трёхкратного воздухообмена в час без учёта воздуха, поступающего в топки котлов для горения газа. Для определения кратности воздухообмена объём помещения обычно принимается за вычетом объёма, занимаемого оборудованием [16,17].

Вентиляция котельного зала должна обеспечивать удаление избытков теплоты, источниками которой являются сами котлы, экономайзеры, воздухоподогреватели, горячие трубопроводы и другое котельное оборудование. **Количество теплоты, выделяемой котлами и их хвостовыми поверхностями, определяется при тепловом расчёте котлоагрегатов как потери от них в окружающую среду [17].**

Удаление воздуха из котельной обычно осуществляется дутьевыми вентиляторами из верхней зоны помещения, вентиляторами крышного типа, вытяжными шахтами незадуваемого типа (с дефлекторами), через оконные фрамуги верхнего света или фонари. При этом в холодное время года количество забираемого из помещения воздуха дутьевыми вентиляторами принимают не больше 75% от количества поступающего в котельную приточного воздуха. **Остальное количество воздуха, необходимое для горения, забирают снаружи.**

Если удаление воздуха производится, через оконные фрамуги верхнего света, их размещают в обеих продольных стенах так, чтобы площадь открытия с каждой стороны обеспечивала наружный воздухообмен при изменениях направления ветра.

В условиях естественной вентиляции наиболее эффективно вытяжка воздуха обеспечивается при помощи устанавливаемых непосредственно на крыше котельной установки дефлекторов. Установка на вытяжных шахтах и воздуховодах шиберов или дросселей не допускается [17].

Во избежание создания разрежения в помещении котельной установки объём приточного воздуха должен компенсировать количество воздуха, необходимого для сжигания топлива и удаляемого вытяжной вентиляцией. Если расход воздуха на горение превышает трёхкратный воздухообмен в час в котельном зале, то приточные отверстия рассчитываются на максимальное потребление этого воздуха. Соответственно, если расход воздуха на горение меньше количества воздуха, необходимого для трёхкратного воздухообмена, то приточные отверстия рассчитывают на поступление воздуха только на трёхкратный воздухообмен. При этом следует иметь в виду, что часть воздуха на горение

может поступать в топку котла по воздухопроводам непосредственно с улицы, минуя помещение котельного зала. Следовательно, при подсчёте расхода воздуха для горения, участвующего в вентиляции, следует учитывать только воздух, отбираемый горелками непосредственно из помещения котельной. Скорость воздуха в приточных отверстиях принимается не больше 2 м/сек, а при компенсации воздуха только на вытяжную естественную вентиляцию скорость целесообразно принимать не более 1 м/сек.

При подсчёте количества воздуха, идущего на горение, следует учитывать, что в топку и газоходы самого котла, а также его хвостовые поверхности — экономайзеры и воздухоподогреватели за счёт наличия в них разрежения и неплотностей в обмуровке может подсасываться значительное количество воздуха. Так, при хорошей организации горения полное сгорание газа в топке может быть осуществлено при выдаче в неё газозоудшной смеси с коэффициентом расхода воздуха $\alpha_1 = 1,02 \div 1,1$. За котлом величина этого коэффициента даже при номинальных нагрузках, зачастую достигает $\alpha_k = 1,25 \div 1,45$, а за экономайзером $\alpha_{ка} = 1,35 \div 2,0$. Так как этот воздух на подсосы в газоходы котлоагрегата берётся из помещения котельной, то это должно учитываться при расчёте площади жалюзийных решёток для притока. Отсюда следует, что плохое состояние ограждающих поверхностей котлоагрегата не только снижает его экономичность, но может привести и к ухудшению комфортных условий в котельном зале из-за необходимости увеличения в 1,3—2 раза поступления приточного воздуха, особенно в холодное время года. Для поддержания в производственных помещениях котельной нормальных условий для работы обслуживающего персонала и функционирование приборов и оборудования рекомендуется, чтобы параметры воздушной среды соответствовали данным табл. [1, Приложение 11].

Таблица 1. Рекомендуемые параметры воздушной среды в рабочей зоне производственных помещений котельной установки

Помещения	Температура воздуха, °С		Скорость движения воздуха, м/с	
	зимой (не ниже)	летом не выше наружной на	зимой	летом
Котельный зал	12	5	0,2-0,5	0,3-0,7
Насосная	15	5	0,2-0,3	0,3-0,7
Помещения химической очистки воды	15	3	0,2-0,3	0,3-0,5

Примечание. Относительная влажность не нормируется.

При определении размеров приточных жалюзийных решёток следует учитывать, что часть воздуха поступает в помещение через имеющиеся неплотности у окон, дверей и других

проёмов, а также в стенах и перекрытиях. Количество этого дополнительно поступающего воздуха зависит от площади остекления помещения и его строительной конструкции. **Количество воздуха, поступающего в помещение за счёт инфильтрации, может достигать значительных величин и компенсировать часть воздуха, которую необходимо подавать через жалюзийные решётки.**

Особенно большое значение имеет соответствие между количеством удаляемого из котельной установки и поступающего в неё воздуха в случае, когда удаление продуктов сгорания производится за счёт естественной тяги дымовой трубы, а на котлах установлены горелки без принудительной подачи воздуха. При недостатке приточного воздуха в котельной создается разрежение, уменьшается перепад между давлением в помещении и топке и, в результате, снижается количество воздуха, поступающего в топку для сжигания газа, Это может привести к неполному сгоранию газа, появлению или росту потерь теплоты с химическим недожогом или снижению производительности котлов из-за недостатка воздуха. Образование в здании котельной установки разрежения может привести даже к выбиванию из топок и газоходов в помещение дымовых газов, в которых могут содержаться и продукты неполного сгорания, в том числе окись углерода, а также вызвать вибрацию котлов.

Примером горелок, особенно чувствительных к изменению разности давлений в помещении котельной установки и топке, являются широко распространенные горизонтальные щелевые (подовые) горелки без принудительной подачи воздуха, работа которых основана на подсосе воздуха для горения только за счет разрежения в топке. На изменение этого перепада давления не менее чутко реагируют также инжекционные горелки низкого и среднего давления. На практике довольно часто наблюдаются проскок или отрыв пламени у инжекционных горелок, например при открытии входной двери в здании котельную, особенно на котле, близко к ней расположенному. У многофакельных инжекционных горелок, огневой коллектор которых располагается обычно в топке, можно наблюдать срыв пламен у ближайших к фронту котла огневых отверстий.

Таким образом, правильность проектирования, устройства и эксплуатации приточно-вытяжной вентиляции отражается не только на комфортных условиях для персонала котельной установки, но и на устойчивости, экономичности и безопасности работы газогорелочных устройств.

Менее чувствительны к работе вентиляционных устройств горелки с принудительной подачей воздуха. Достоинством их с точки зрения вентиляции помещения является возможность отбора воздуха для дутья из верхней зоны котельного зала через воздухозаборную шахту. **Шахта в верхней своей части может иметь отверстие для отсоса воздуха из помещения и патрубков, проходящий через стену здания котельной установки для забора воздуха снаружи.** В месте приварки патрубка к шахте

устанавливается перекидной клапан, меняя положение которого можно отбирать воздух только из помещения или только снаружи, а при необходимости — частично из помещения и частично снаружи. **Это особенно важно в холодное время года, когда, как указано выше, количество воздуха, забираемого снаружи, должно составлять не менее 25% от общего объема приточного воздуха.**

Приточные жалюзийные решетки рекомендуется устанавливать за котлами на высоте не менее 4 м от пола помещения. В этом случае в холодное время года приточный воздух успевает подогреться до поступления его в рабочую зону, где находится обслуживающий персонал. При заборе воздуха из помещения дутьевыми вентиляторами целесообразно отбирать его из верхней зоны перед фронтом котлов, где может накапливаться газ даже при незначительных утечках через арматуру, оборудование ГРУ, фланцевые и резьбовые соединения.

Дефлекторы следует устанавливать в местах наиболее вероятного скопления газов и паров, не допуская образования застойных загазованных зон между балками перекрытия. При устройстве в отопительной котельной установке, встроенной в здание, механической вытяжной вентиляции **конструкция вентиляторов должна исключать возможность искрообразования.** Для этого может быть приспособлен вентилятор обычного исполнения путём обшивки внутренней поверхности кожуха во всех местах, где возможно его соприкосновение с ротором, листовым алюминием или медью. Это же требование целесообразно распространить и на производственно-отопительные котельные, работающие периодически (сезонно).

Если в качестве топлива используется сжиженный газ, то вытяжная вентиляция должна обеспечивать отбор двух третей удаляемого воздуха из нижней зоны помещения. Это осуществляется при принудительной подаче воздуха к горелкам за счет устройства всасывающих патрубков на воздухопроводе не только вверху, но и внизу. Если на котлах установлены инжекционные или диффузионные горелки (подовые), то они, как правило, используют воздух из нижней зоны котельной.

При выборе системы приточно-вытяжной вентиляции котельной установки, работающей на газовом топливе, следует отдавать предпочтение естественной вентиляции, так как в этом случае обеспечивается трехкратный воздухообмен в помещении при неработающих котлах и возможные скопления газа удаляются даже при отсутствии обслуживающего персонала. Если естественная вентиляция по местным условиям не может обеспечить трехкратный воздухообмен в любой период года, то применяют вентиляцию с принудительным побуждением или смешанного типа. Это относится главным образом к котельным установкам, расположенным в пристройках или встроенным в здания. В этих случаях не всегда удается проложить вытяжные вентиляционные каналы достаточного

сечения и разместить дефлекторы в качестве побудителей тяги и приходится использовать вентиляторы для принудительного удаления воздуха.

Установка в отопительных котельных установках небольших размеров жалюзийных решеток, обеспечивающих расчётное поступление приточного воздуха, может привести в зимнее время к сильному охлаждению помещения. Обслуживающий персонал в этих случаях иногда перекрывает и утепляет решётки, нарушая тем самым режимы работы горелок и создавая предпосылки для загазования помещения котельной установки. Поэтому подача приточного воздуха в зимнее время должна быть организована так, чтобы допустимая температура воздуха в рабочих зонах поддерживалась без сквозняков, т. е. чтобы персонал котельной установки имел возможность поддерживать комфортные условия в помещении без нарушения работы вентиляционных систем. Проблема эта должна решаться проектной организацией с учетом существующих местных условий. Например, можно:

- а) подавать приточный воздух не сосредоточенно в одном или нескольких местах через жалюзийные решетки, а через воздухораспределительные каналы с перфорированной поверхностью или со многими выпускными отверстиями небольших размеров. Выходящий небольшими струями воздух быстрее перемешивается с внутренним воздухом котельной установки и прогревается, уменьшая образование отдельных потоков воздуха, воспринимаемых как сквозняки;
- б) приточные воздухопроводы выполнять с таким расчётом, чтобы часть воздуха для горения отбиралась снаружи и поступала непосредственно в горелку или в поддувало (при диффузионных или инжекционных горелках);
- в) устанавливать в котельной установке отопительные приборы для подогрева приточного воздуха;
- г) в качестве приточного использовать воздух (полностью или частично) из соседних помещений, примыкающих к котельной установке (например, производственных цехов), в которых имеются избытки теплоты и отбор воздуха из которых не нарушит происходящие в них технологические процессы и не ухудшит условия для обслуживающего персонала.

6.2 Для постоянной вентиляции топок и газоходов неработающих котлов в шиберах предусматриваются отверстия, через которые возможные скопления газа должны удаляться за счёт разрежения, создаваемого дымовой трубой. У вертикально расположенных шиберов отверстие предусматривается в верхней части (для газового топлива с плотностью меньше плотности воздуха), у горизонтальных шиберов — в любом месте. При закрытом шибере отверстия в нём не должны ничем перекрываться. **Диаметры отверстий в шиберах** устанавливаются проектной организацией в зависимости от размеров котлов, объёма и протяженности газоходов и разрежения, создаваемого дымовой трубой, и **должны быть не**

меньше 50 мм. Управление шиберами выносится на фронт котлов и оборудуется фиксаторами положения «открыто» и «закрыто».

В ряде случаев, особенно при использовании крупных промышленных и энергетических котлов, имеющих экономайзеры, устройство отверстий в шиберях приводит к уменьшению к. п. д. из-за увеличения подсоса холодного воздуха через неработающие котлы и от них приходится отказываться (через отверстие $\varnothing 100$ мм при перепаде давления 10 кгс/м^2 просос воздуха составляет примерно $300 \text{ м}^3/\text{ч}$). При этом эксплуатационная инструкция должна предусматривать мероприятия, обеспечивающие особую надежность вентилирования топки и газоходов котла перед его розжигом. Однако даже и при наличии отверстий в шиберях розжиг котла является наиболее опасным моментом, и до этого топка и газоходы котла, а также боры котельной тщательно вентилируются. При отсутствии дымососа или наличии обводного дымохода вентилирование производится за счёт разрежения, создаваемого дымовой трубой при полностью открытых шиберях, а также смотровых окнах и лючках на топке. Включение дутьевого вентилятора (если он имеется) резко ускоряет процесс вентилиации.

Если котлы оборудованы дымососом и дутьевым вентилятором, то согласно «Правилам безопасности» вентилирование топок и газоходов производится при включенных дымососе и вентиляторе. До включения дымососа необходимо убедиться, что ротор не задевает корпус, путём проворачивания ротора вручную. На крупных установках проверка исправности дымососа производится при плановых осмотрах и ремонтах оборудования.

На небольших установках можно рекомендовать производить вентилирование с помощью дутьевого вентилятора, а дымосос включать после розжига котла на малом режиме и достижения в топке температуры в пределах $800\text{—}1000^\circ \text{C}$.

Время вентилирования топки и газоходов зависит от их размеров и устанавливается эксплуатационной инструкцией. Кроме размеров следует учитывать и конфигурацию газоходов, например наличие опускных боров и других мест возможного образования газовых мешков.

6.3 Вытяжка

Количество воздуха, забираемое в холодный период года дутьевыми вентиляторами из помещения должно составлять:

$$V_{\text{удал.дуть.вент.}} = 0,75 \cdot V_{\text{д}}, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (1)$$

Сравнивая эту величину с $V_{\text{выт}}$ решают вопрос о необходимости устройства дополнительной вытяжки. Если $V_{\text{выт}} > V_{\text{уд.}}$ (или $V_{\text{выт}} > V_{\text{д}}$ в теплый период года), то необходимо устраивать дополнительную вытяжку, рассчитываемую на величину вытяжки

$V_{\text{выт}} - V_{\text{уд}} \cdot (2) \text{ м}^3/\text{ч}$. Но как правило при работающих котлах количество воздуха удаляемое дутьевыми вентиляторами значительно больше требуемой вытяжки. Таким образом, вытяжная часть вентиляции (из верхней зоны) обеспечивает большую кратность воздухообмена в помещении и дополнительной вытяжки не требуется. Если к тому же учесть, что происходит дополнительная вытяжка не только через работающие котлы, но и через отверстия в шибах неработающих котлов, то кратность по вытяжке во всех котельных установках в любое время года всегда достаточна и >3 . [см. 3,2,17]

При неработающих котлах вентиляция должна также работать и должна обеспечивать не менее чем трехкратный воздухообмен. В этом случае она должна быть преимущественно естественной. **Количество отсасываемого воздуха рассчитывается из условия трехкратного воздухообмена. При естественной вытяжке по этому расходу подсчитывается сечение вытяжной шахты. Расчет производится в следующей последовательности**[17,18]:

*Сначала определяется количество отсасываемого воздуха по формуле:

$$V_{\text{выт}} = 3 V_p = 3(V_{\text{внутр.}} - V_{\text{обор.}}), \text{ м}^3/\text{ч} \quad (3)$$

где: $V_{\text{выт}}$ - количество отсасываемого воздуха, $\text{м}^3/\text{ч}$; V_p -рабочий объём котельной, м^3 ; $V_{\text{внутр.}}$ - объём помещения котельной установки в м^3 по внутреннему обмеру; $V_{\text{обор.}}$ - объём, занимаемый оборудованием в котельной.

*Площадь вытяжного отверстия определяют по формуле: $F_{\text{выт}} = \frac{V_{\text{выт}}}{W_{\text{выт}} \cdot 3600}, \text{ м}^2 \quad (4)$

где: $F_{\text{выт}}$ -площадь воздушного вытяжного отверстия в м^2 ; $W_{\text{выт}}$ -скорость воздуха в вытяжной шахте, принимается равной 1-1,8 м/сек [$W_{\text{выт}}$ должно быть не более 2 м/сек]. По $F_{\text{выт}}$ подбирается вытяжная шахта.

Естественная вытяжная вентиляция котельных установок конструктивно выполняется в виде каналов, выходящих через крышу и заканчивающихся дефлекторами.

*При принудительной вытяжке подбирается осевой вентилятор во взрывозащищенном исполнении (см. стр. 178 -6). На вытяжных устройствах не разрешается устанавливать шиберы и дроссели.

6.4 Расчет приточной вентиляции

Приток воздуха в котельную, как отмечалось, должен обеспечивать трехкратный воздухообмен в помещении котельной и подачу воздуха для горения с учетом подсосов котлами, боровами, дымоходами.

Определение необходимой площади притока проверяется отдельно для каждого случая и выбирается большее значение. Расчет ведут по формуле:

$$F_{\text{прит}} = \frac{V_{\text{прит}}}{W_{\text{прит}} \cdot 3600}, \text{ м}^2 \quad (5)$$

где: $F_{\text{прит}}$ - площадь приточных отверстий в м^2 , определяется из условия только трехкратного воздухообмена или условия подачи воздуха на горение с учетом подсосов;

$V_{\text{прит}}$ - количество воздуха в м^3 , определяемое отдельно для двух вышеуказанных случаев;

$W_{\text{прит}}$ - скорость воздуха в приточном отверстии в м/сек принимается: для естественного трехкратного воздухообмена при неработающих котлах до 1 м/сек и для принудительной вытяжки и для горелок от 2 до 4 м/сек.

*Количество приточного воздуха с учетом инфильтрации принимают:

а) для случая трехкратного воздухообмена при неработающих котлах для котельных установок жилых и общественных зданий:

$$V_{\text{прит1}} = 3V_p - 0,75V_p = 2,25 V_p, \text{ м}^3/\text{час} \quad (6)$$

б) для отдельно стоящих котельных:

$$V_{\text{прит1}} = 3V_p - 1,2V_p = 1,8V_p, \text{ м}^3/\text{час} \quad (7)$$

В случае, когда воздух идет на горение:

а) для котельных жилых и общественных зданий:

$$V_{\text{Г прит1}} = V_d - 0,75V_p, \text{ м}^3/\text{час} \quad (8)$$

б) для отдельно стоящих котельных:

$$V_{\text{Г прит1}} = V_d - 1,2V_p, \text{ м}^3/\text{час}, \quad (9)$$

где: $V_d = \frac{1,13 \cdot Q_H^p}{1000} \cdot B \cdot \alpha_{\text{ух}}$ $\text{м}^3/\text{час}$ - количество воздуха для горения с учетом подсосов. (8')

*По найденным значениям количества приточного воздуха и принятым скоростям воздуха в приточном отверстии определяются два значения $F_{\text{прит}}$. Из двух величин принимается большая, по которой принимаются соответствующие жалюзийные решетки.

В тех случаях когда площадь приточных отверстий, подсчитанная из условия обеспечения горения газа, значительно больше площади для трехкратного воздухообмена и котельная установка работает не на полную мощность, приточное отверстие можно частично закрыть специальным утепленным щитом. Такое решение оговаривается в проекте и включается в инструкцию по эксплуатации котельной.

Приточную вентиляцию рекомендуется выполнять с механическим побуждением: вентилятор может быть расположен как снаружи помещения, так и внутри. При естественном притоке воздух попадает через фрамуги согласно п. 6.1.

Правильный выбор жалюзийных решеток или мощности искусственной приточной вентиляции имеет особенно большое значение при установке на котлах подовых щелевых горелок, работающих без принудительной подачи воздуха, диффузионных горелок и других

горелок у которых воздух, необходимый для горения газа, поступает в топку за счет разряжения в ней.

При естественной тяге нужно учитывать совместные условия работы вентиляции и дымоотводящих устройств в котельной. **Отсутствие должного притока или слишком интенсивная вытяжка может нарушить аэродинамический режим помещения котельной установки и прекратить тягу в дымовой трубе**. Большое влияние на величину тяги оказывает выбор места для забора воздуха, идущего на горения газа и вентиляцию топок неработающих котлов. **Нельзя забирать воздух за котлами, т.к. в этой части помещения создается некоторое разряжение**. Если это разряжение сравняется с разряжением в газовом тракте, то продукты сгорания начнут выбиваться через неплотности дымоходов, распространяясь в помещении котельной.

Наилучшим способом защиты от подобных явлений является применение автоматики безопасности, отключающий подачу газа при падении разряжения в топке ниже 0,8 мм.в.ст. При отсутствии таковой как временные меры можно использовать: а) уменьшение производительности котлов; б) увеличение притока воздуха за счет открытия окон и дверей с наветренной стороны; в) уменьшение вытяжки.

При первом удобном случае необходимо устранить причины и наметить наиболее рациональные зоны притока и вытяжки и забора воздуха для горения .

6.5 Расчет вытяжной вентиляции[17]

В помещениях крупных отопительных и промышленных котельных согласно [17,16] расчет приточно-вытяжной вентиляции должен производиться по избыточному тепловыделению. Утечки горючего газа, а также возможный выброс продуктов сгорания газа в помещение не могут служить основанием для расчета вентиляции котельной, т.к. относится к аварийной ситуации и учитывается соответствующим выполнением общеобменной вентиляции.

Производительность вентиляционной системы котельной установки по вытяжке определяется по формуле:

$$V_{\text{выт.}} = \frac{Q_{\text{т}} \cdot q_5 \cdot K}{0,31 \cdot \Delta t \cdot 100} \text{ м}^3/\text{час} \quad [3 \text{ стр. } 132] \quad (10)$$

где: $Q_{\text{т}}$ - номинальная тепловая нагрузка котельной, ккал/час

q_5 - потери тепла в окружающую среду котельной, %

0,31 - объемная теплоемкость воздуха, ккал/м³град·ч

K - коэффициент, учитывающий число работающих котлов по отношению к общему их числу в котельной установке.

$\Delta t = t_{\text{ух.в.}} - t_{\text{нар.}}$ - расчетная разность температур воздуха, уходящего из верхней зоны и приточного наружного воздуха (при отсутствии искусственного подогрева), °С

Температуру $t_{\text{ух.в.}}$, °С определяют пользуясь зависимостью между фактором

$$m = \frac{t_{\text{р.з.}} - t_{\text{нар}}}{t_{\text{ух.в.}} - t_{\text{нар}}}$$
 и отношением площади занятой тепловыделяющим оборудованием f

(котлами) к общей площади цеха F . Температура рабочей зоны $t_{\text{р.з.}}$ не должна превышать $t_{\text{нар}}$ больше, чем на 5 °С. [1]

Связь между фактором m параметром f/F следующая:

а) при $f/F = 0,1$ $m = 0,3$ б) при $f/F = 0,2$ $m = 0,5$

в) при $f/F = 0,3$ $m = 0,65$

Если нагрузка котельной Q_T выражена в кВт, то формула имеет вид:

$$V_{\text{выт.}} = \frac{3600 \cdot Q_T \cdot q_5 \cdot K}{1,3 \cdot 100 \cdot \Delta t} \text{ м}^3/\text{час} \quad (10')$$

При работающих котлах согласно [1] в холодное время года количество воздуха забираемое из помещения дутьевыми вентиляторами должно составлять 75% притока. Остальное количество должно забираться снаружи.

Количество воздуха для горения природного газа можно определить по формуле:

$$V_{\text{действ.}} \cong \frac{1,13 \cdot Q_H^p}{1000} \cdot V_{\text{ку}} \cdot \alpha_{\text{ух.}} \text{ м}^3/\text{час} \quad (11)$$

(Более точно V_d , м³/час определяется по 31),

где Q_H^p – низшая теплота сгорания топлива, ккал/м³;

$V_{\text{ку}}$ – количество сжигаемого в котельной установке природного газа, м³/ч;

$\alpha_{\text{ух.}}$ – коэффициент расхода (избытка) воздуха в уходящих из котельной установки дымовых газах.

При искусственной тяге, когда дымососы расположены в котельной, в случае забора воздуха за котлами на участке газоходов в пределах котельной после дымососа также может происходить выбивание газов. Это может произойти вследствие понижении давления на участке за котлами относительно давления в газоходе, хотя и в нем имеется разрежение. **Поэтому необходимо при проектировании котельной установки соблюдать: для того чтобы избежать появления вместо разрежения давления газов на участке от дымососа до трубы, сопротивление трубы должно быть меньше величины создаваемой его тяги. Разрежение перед началом нагнетательного тракта должно быть не менее 2 мм.в.ст.** В каждом конкретном случае необходимо очень тщательно производить наладку спроектированной и сконструированной приточно-вытяжной системы вентиляции.

7. Источники

1. СНиП II-35-76* Котельные установки. Нормы проектирования (с изменением №1).- Изменение №1 утверждено Госстроем России от 11.09.97 г. № 18-52 и внесено в текст документа; измененные пункты отменены*.-М.: Госстрой России, 1977
2. ПБ 10-574-03. Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов. Серия 10. Выпуск 24 /Кол. авт.- М.: Госуд. унитарное предприятие «Научно-техн. центр по безопасности промышленности Госгортехнадзора России», 2003.-216 с.
3. СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование [текст] : приняты и введены в д. 26.06.03; взамен СНиП 2.04.03-91; дата введ. 01.01.04/Госстрой России.-М.:ФГУП ЦПП.2004.
4. СНиП 2.09.04-87* Административные и бытовые здания [текст]:end/ Госстроем СССР 30.12.87: взамен гл. СНиП II-92-76:срок введ. в д. 01.01.89/Госстрой России.-переизд. СНиП 2.09.04-87 с изм. №1-3 утв. 31.03.94;24.02.95;14.05.01, введ. в д. С 01.07.94;01.03.95;01.01.02.- М.:ФГУП ЦПП, 2004-16 с.
5. СНиП 23-01-99* Строительная климатология [текст]: с изм.№1 введ.в д. 01.01.03:приняты и введ. в д. Госстроем России 01.01.2000/Госстрой России.-изд. офиц.-Н.:ГУП ЦПП, 2003-71 с.
6. ГОСТ 30494-96 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях (Госстрой России.-введ.01.03.99.- М.:ГУП ЦПП,1993.-14 с.)
7. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий [текст];приняты и введ. в д.26.06.03; взамен СНиП II-3-79*; дата введ. 01.10.03/Госстрой России.-М.:ФГУП ЦПП 2004
8. Правила безопасности при эксплуатации дымовых и вентиляционных промышленных труб: ПБ 03-445-02.-М.:ПАО ОБТ, 2002 (Утв. Госгортехнадзором России 03.12.01, постан. №56)
9. ПБ 12-529-03 Правила безопасности систем газораспределения и газопотребления. Серия 12. Выпуск 4/Кол. авторов.-М.: Госуд. унитарное предприятие «НТЦ Промышленная безопасность»,2000.-200 с.
10. ГОСТ 21.403.80. Обозначения условные графические в схемах. Оборудование энергетическое.-М.,1981.
11. Стандарт АВОК 1.05-2006. Условные графические обозначения в проектах отопления, вентиляции, кондиционировании воздуха и теплоснабжения [Текст].-М.: ООО ИИП «АВОК Прес», 2006,-40 с.: ил. (628.8 У 75)
12. 21.606-95 СПДС Правила выполнения рабочей документации тепломеханических решений котельных.-М., 1995
13. Стандарты предприятия (система студенческой проектной документации): СТП ННГАСУ 1-1-98: «Основные надписи», СТП ННГАСУ 1-2-98: «Титульный лист», СТП ННГАСУ 1-3-98: «Состав документации», СТП ННГАСУ1-4-98: «Пояснительная записка», СТП ННГАСУ 1-5-98: «Основные требования к архитектурно-строительным чертежам», СТП ННГАСУ 1-6-98: «Расчет», СТП ННГАСУ 1-7-98: «Реферат».
14. Бузников Е.Ф. Производственные и отопительные котельные/Е.Ф. Бузников, К.Ф. Роддатис, Э.Я. Берзиньш.- 2-е изд., перераб. –М.: Энергоатомиздат, 1984.-248 с.: ил.
15. Роддатис К.Ф. Котельные установки: Учеб. пособие для студентов неэнергетических специальностей вузов.- М.:Энергия, 1977.-432 с.: ил.
16. Малышев М.В. Вентиляция газоснабжаемых помещений –Л.:Недра,1968.-144 с.: ил.- Библиотека мастера газового хозяйства
17. Варягин К.Ю. Справочное руководство по вентиляции газифицированных зданий.-М.: Стройиздат,1970.-225 с.:ил.
18. Попова Г.Н., Иванов Б.А. Условные обозначения в чертежах и схемах по ЕСКД/ Справочное пособие.-Л.: Машиностроение, 1976.-206 с.:ил.
19. Калинушкин М.П. Насосы и вентиляторы: Учебное пособие для вузов по спец. ТГВ, 6-е изд., перераб. и доп.- М.:Высш. шк., 1987.-176 с.: ил.
20. Климов Г.М., Климов М.Г., Беагон Б.С. Вспомогательное тепломеханическое оборудование котельной установки системы теплоснабжения. Часть 2. Тягодутьевые устройства.- Н. Новгород: ННГАСУ, 2005.-43 с.

Приложение А (справочное)

П.А.1 Гидравлические машины[19]

Гидравлические машины, предназначенные для подачи капельных жидкостей, называются **насосами**. Машины для подачи газов в зависимости от развиваемого ими давления разделяются на:

- **вентиляторы**, развивающие давление не более 1000 *мм вод. ст.*;
- **воздуходувки**, развивающие давление от 0,06 до 3 *бар*;
- **компрессоры**, развивающие давление более 3 *бар*;
- **вакуум-насосы**, создающие вакуум до 0,97 бар.

Тягодутьевые машины котельных установок относятся, таким образом, к вентиляторам.

Вентиляторы, предназначенные для удаления дымовых газов, называются **дымососами**.

По принципу действия насосы и вентиляторы можно разделить на такие группы:

- 1) машины, в которых увеличение энергии жидкости происходит вследствие принудительного выталкивания ее при периодическом изменении рабочего объема машины. К этой группе относятся **поршневые** и **ротационные** машины;
- 2) машины и аппараты, в которых повышение давления происходит путем увеличения кинетической энергии жидкости. К этой группе относятся **лопастные**, машины, подразделяемые в свою очередь на **центробежные** и **осевые**, а также **струйные аппараты** — эжекторы, инжекторы и гидроэлеваторы.

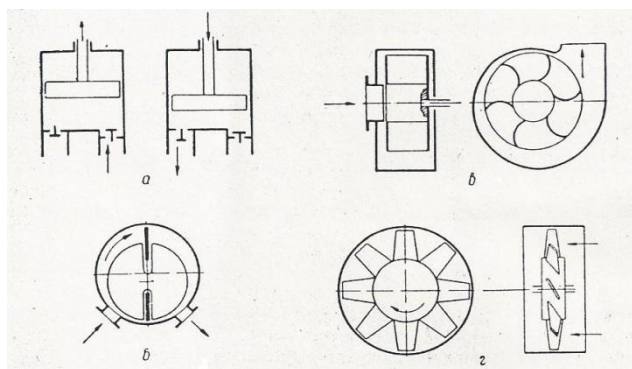


Рис. 1 Схемы гидравлических машин:
а- поршневой, б-ротационный, в-
центробежный-осевой

В поршневых машинах периодическое изменение рабочего объема происходит при возвратно-поступательном движении поршня (**рис 1, а**); давление машины в принципе ничем не ограничивается. Достичь большой производительности трудно из-за цикличности работы, при которой силы инерции ограничивают скорость поршня, т. е. скорость потока в машине. Привод машины с возвратно-поступательно движущимся поршнем от современных быстроходных двигателей — электромоторов или паровых турбин — требует применения кривошипных механизмов и редукторов, т. е. связан с усложнениями. Поршневые машины применяются в тех случаях, когда при небольшой производительности требуется высокое

давление (насосы для перекачки жидкостей, компрессоры и вакуум-насосы для сжатия различных газов). Из всех гидравлических машин они имеют наиболее высокий к. п. д.

Ротационные машины (**рис. 1, б**) применяются для подачи малых объемов жидкости при умеренных давлениях. Жидкость в них подается путем вытеснения ее из рабочего пространства при вращении роторов различной формы.

В центробежных машинах (**рис. 1, в**) увеличение давления достигается путем увеличения количества движения жидкости при радиальном перемещении ее между лопатками ротора. Для этих машин характерно осевое движение жидкости при входе в межлопаточные каналы и радиальные — в каналах колеса.

В осевых машинах увеличение количества движения жидкости происходит при осевом передвижении ее под действием лопаток, плоскость которых наклонена к плоскости вращения колеса (**рис. 3, г**).

Движение жидкости в рабочей части лопастных машин происходит непрерывно в одном и том же направлении. Это позволяет развивать большие скорости потока и достигать в одной машине большой производительности. При одинаковых размерах производительность лопастной машины намного превосходит производительность поршневой машины.

При больших скоростях потока окружная скорость лопаток тоже велика, поэтому лопастные машины приводятся в движение непосредственно от электродвигателей или паровых турбин. Давление лопастной машины зависит от размеров ее. При малой производительности трудно достичь больших давлений, но при большой производительности никакой другой тип машин не может конкурировать с лопастными.

Действие струйных аппаратов основано на использовании кинетической энергии струи вспомогательной жидкости или газа; достоинством их является простота устройства вследствие отсутствия движущихся частей, однако к. п. д. их очень мал.

Из перечисленных машин наиболее широкое применение в котельных установках получили центробежные машины (питательные и дренажные насосы, насосы для золоудаления и т. д.). В качестве тягодутьевых машин применяются исключительно центробежные вентиляторы. Осевые машины в отечественных котельных установках до последнего времени почти не применялись; в зарубежных странах они применяются, но широкого распространения не получили. Поршневые машины применяются в качестве питательных насосов в котельных малой производительности. Струйные аппараты нашли ограниченное применение в системах золоудаления, а также для питания котлов малой производительности (локомобильных и паровозных).

П.А.2 Характеристика сети [19]

Полное гидравлическое сопротивление сети, т. е. разность абсолютных полных давлений

в начале и в конце сети, выражается следующим образом:

$$H_c = (p_{ст.н} - p_{ст.в}) + (\gamma - \gamma_B)(z_H - z_B) + \rho \frac{c_H^2 - c_B^2}{2}, \quad (6)$$

где $p_{ст.н}$ и $p_{ст.в}$ — статическое давление в пространстве нагнетания и в пространстве всасывания, $н/м^2$;

γ и γ_B — удельный вес жидкости и атмосферного воздуха, $н/м^3$;

z_H и z_B — высота подъема жидкости, м;

ρ — плотность жидкости, $кг/м^3$;

c_B и c_H — скорость жидкости во входном и выходном сечениях сети, $м/сек$;

Δp — сумма потерь, $н/м^2$.

Из величин, определяющих полное сопротивление сети, первые две не зависят от расхода жидкости. Динамическое же давление и потеря давления изменяются пропорционально квадрату скорости, т. е. пропорционально квадрату расхода жидкости.

Характеристика сети показывает зависимость полного гидравлического сопротивления ее от расхода жидкости и в общем случае может быть выражена уравнением

$$H_c = a + bQ^2, \quad (7)$$

где a — постоянная величина

$$a = (p_{ст.н} - p_{ст.в}) + (\gamma - \gamma_B)(z_H - z_B);$$

b — величина, учитывающая размеры и конфигурацию трубопроводов и элементов оборудования, из которых состоит сеть;

Q — расход жидкости в сети, $м^3/сек$.

Сеть, характеристика которой выражается уравнением (7), называется *напорной* (**рис. П2**). Если постоянная составляющая характеристики сети равна нулю ($a = 0$) и

$$H_c = bQ^2, \quad (8)$$

то такая сеть называется *безнапорной*. (**рис П2**)

Примером напорной сети является пароводяной тракт котлоагрегата. Для сети вентилятора и дымососа статическое давление в пространстве нагнетания равно статическому давлению в пространстве всасывания ($p_{ст.н} = p_{ст.в}$), а самотяга мала по сравнению с сопротивлением сети. Поэтому считают, что сеть дутьевого вентилятора и дымососа является безнапорной.

Уравнение (7) не является точным. Коэффициент местного сопротивления ζ и коэффициент трения λ , определяющие потери давления в сети, зависят от числа Рейнольдса, т. е. от скорости жидкости, поэтому сопротивление трубопровода и элементов оборудования несколько отклоняется от квадратичного закона. Кроме того, скорость воздуха в горелках изменяется непропорционально производительности котла, так как для соблюдения

нормальных условий работы горелок стараются поддерживать более или менее постоянную

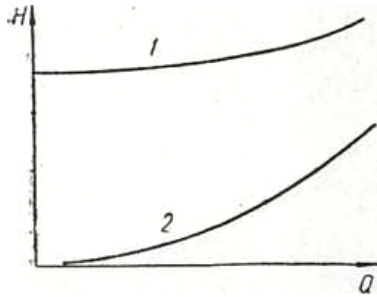


Рис. 2. Характеристика сети:
1 - напорная; 2 - безнапорная.

скорость воздуха (при уменьшении нагрузки часть горелок выключают). По данным ОРГРЭС (Государственный трест по организации и рационализации районных электрических станций и сетей) показатель степени при Q в уравнениях (7) и (8) для газопроводов и газовоздухопроводов равен не 2, а 1,8.

Поэтому при построении точной характеристики сети необходимо расчетным или опытным путем определить сопротивление ее при различных нагрузках. В большинстве случаев все же оказывается допустимым пользоваться упрощенными уравнениями (7) и (8). При этом для построения характеристики сети достаточно знать сопротивление сети только для одного значения расхода жидкости.

II.A.3 Регулирование машин

При равновесном состоянии единой системы машина—сеть производительность машины равна расходу жидкости из сети, а давление ее — сопротивлению сети. Однако режим работы машины не остается постоянным. Например, при уменьшении нагрузки котла подача воздуха в топку, а с ней и сопротивление воздушного тракта — уменьшается, давление же вентилятора при уменьшении производительности увеличивается. Для сохранения равновесного состояния необходимо регулировать установку так, чтобы точки пересечения характеристик машины и сети соответствовали данной производительности. **Это может быть достигнуто:**

а) изменением характеристики сети (рис. 3, а) путем увеличения или уменьшения сопротивления ее при включении или выключении регулирующих клапанов, дроссельных заслонок и т. п. В зависимости от степени открытия регулирующего клапана характеристика сети выражается кривыми H_{1c} , H_{2c} , H_{3c} . Такое регулирование называется дроссельным;

б) изменением характеристики машины путем изменения числа оборотов или количества движения потока при входе его в колесо, т. е. путем изменения величины C_{1u} (см. уравнение 10). В этих случаях характеристика сети остается неизменной, каждому же новому значению производительности соответствует своя характеристика машины H_1 , H_2 , H_3 , H_4 (рис. 3, б).

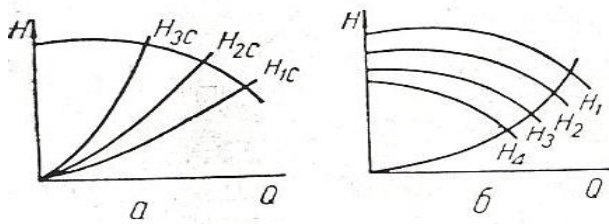


Рис.3. К объяснению способов регулирования машин:

a — изменением характеристики сети; *б* — изменением характеристики машины.

Введение в сеть дополнительного сопротивления при дроссельном регулировании приводит к уменьшению производительности машины и потребляемой ею мощности. Последняя может быть определена непосредственно по характеристике мощности и заданному значению производительности. Уменьшение мощности при этом оказывается непропорциональным изменению произведения QH_c и к. п. д. установки уменьшается.

В точке А (рис. 4), соответствующей работе без дросселирования, все развиваемое машиной давление расходуется на преодоление сопротивления сети. При снижении производительности до Q_B машина развивает давление H_B , превышающее сопротивление сети H_{cB} . Разность давлений $H_{др} = H_B - H_{cB}$ теряется в дросселе. Если к. п. д. машины в точке *B* равен η , то к. п. д. установки с учетом дросселирования ($\eta_{др}$) будет меньше η и равен

$$\eta_{др} = \eta \frac{H_{cB}}{H_B} = \eta \frac{H_B - H_{др}}{H_B} = \eta \left(1 - \frac{H_{др}}{H_B}\right) = \eta \eta_{рег}, \quad (9)$$

где $\eta_{рег}$ — к. п. д. регулирования, определяющий экономичность данного способа регулирования.

Чем глубже регулирование, т.е. чем больше коэффициент дросселирования $\frac{H_{др}}{H_B}$, тем сильнее уменьшается к. п. д. установки. Степень уменьшения к. п. д. при дроссельном регулировании определяется формой характеристик машины и сети. При напорной характеристике сети заметное изменение ее сопротивления сравнительно слабо отражается на давлении в сети и коэффициент дросселирования оказывается меньше, чем при безнапорной характеристике. С другой стороны, потеря при дросселировании для машин с крутой характеристикой будет больше, чем для машин с пологой характеристикой. Поэтому при регулировании вентиляторов, работающих на безнапорную сеть, дроссельное регулирование не рекомендуется. Дроссельное регулирование применяется довольно часто для регулирования питательных насосов, работающих на напорную сеть.

Регулирование машин изменением числа оборотов может происходить с

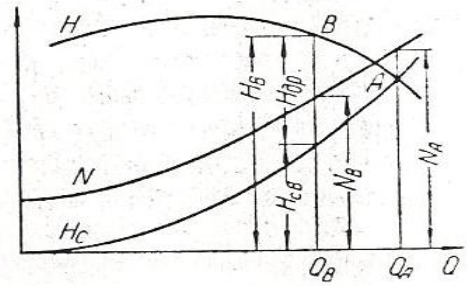


Рис.4. К определению к. п. д. регулирования при дросселировании.

изменением и без изменения числа оборотов двигателя. Во втором случае требуется установка вариатора между двигателем и машиной. В качестве вариаторов применяют гидромфты и магнитные муфты. Изменение числа оборотов двигателя легче всего осуществляется при паровом приводе. Для электродвигателей переменного тока число оборотов изменяется путем введения реостата в цепь ротора или путем изменения числа пар полюсов.

При изменении числа оборотов машины изменяется не только характеристика $H=f(Q)$, но и характеристика $\eta =f(Q)$, причем кривая сходственных режимов, т. е. режимов, при которых сохраняется постоянное значение к. п. д., выражается уравнением

$$H = AQ^2 \quad (10)$$

Рабочая точка перемещается по характеристике сети, которая для безнапорной сети с достаточной точностью выражается таким же уравнением $H_c = bq^2$ (11)

Это означает, что при изменении числа оборотов машины, работающей на безнапорную сеть, к. п. д. машины остается постоянным и потребляемая машиной мощность изменяется пропорционально третьей степени числа оборотов $N' = N \left(\frac{n'}{n}\right)^3$ (12)

Однако к. п. д. передачи при изменении числа оборотов также изменяется. Для гидромфты можно принять $\eta'_{\text{пер}} = \eta_{\text{пер}} \frac{n'}{n}$ (13)

поэтому мощность, потребляемая из сети, изменяется пропорционально только второй степени отношения чисел оборотов $N'_{\text{эл}} = N_{\text{эл}} \left(\frac{n'}{n}\right)^2$ (14)

При регулировании электродвигателя введением реостата в цепь ротора дополнительные потери в двигателе пропорциональны степени скольжения и к. п. д. двигателя уменьшается пропорционально уменьшению числа оборотов. Как и в предыдущем случае, потребляемая из сети мощность изменяется по уравнению (14). С точки зрения расхода энергии, регулирование гидромфтой равноценно регулированию введением сопротивления в цепь ротора. При работе на безнапорную сеть оба эти способа выгоднее дроссельного регулирования.

Если машина работает на напорную сеть, то при изменении числа оборотов точка пересечения характеристик сети и машины уже не будет находиться на кривой постоянных к. п. д.

Регулирование изменением количества движения заключается в том, что поток при входе в машину закручивается и тангенциальная составляющая на входе в каналы

колеса c_{1n} изменяется в зависимости от положения регулирующего аппарата. Этот способ применяется при регулировании центробежных вентиляторов.

Последовательное и параллельное регулирование. При одновременной работе нескольких машин на общую сеть регулирование можно осуществлять различными способами:

- а) одновременно и в одинаковой степени уменьшать производительность всех машин — параллельное регулирование;
- б) уменьшать сначала производительность одной машины, затем второй, третьей и т. д. — последовательное регулирование.

Выгодность применения параллельного или последовательного регулирования зависит от типа лопаток и способа регулирования. Наиболее резко разница между параллельным и последовательным регулированием сказывается при дроссельном регулировании. Поэтому, рассмотрим дроссельное последовательное и параллельное регулирование двух машин с лопатками, загнутыми назад, при работе на безнапорную сеть. Характеристики каждой из машин по давлению и мощности соответственно обозначены H_1 и N_1 (рис. 5), характеристика сети — H_c . Суммарные характеристики давления и мощности H и N построены в соответствии с приведенными ранее указаниями. При параллельном регулировании обеих машин дросселированием суммарная потребляемая мощность определяется непосредственно по кривой N . Если характеристика сети выражена кривой H_c , то при производительности Q_A дросселирование не производится. При уменьшении расхода в сети до Q_B сопротивление ее снижается до H_B и нерегулируемая машина 1 развивает производительность Q_{1B} , потребляя при этом мощность N_{1B} . Регулируемая машина 2 развивает производительность $Q_{2B} = Q_B - Q_{1B}$ и потребляет мощность N_{2B} . Мощность, потребляемая двумя машинами,

$$N_B = N_{1B} + N_{2B} \quad (15)$$

меньше той мощности, которая потребляется двумя машинами при параллельном регулировании.

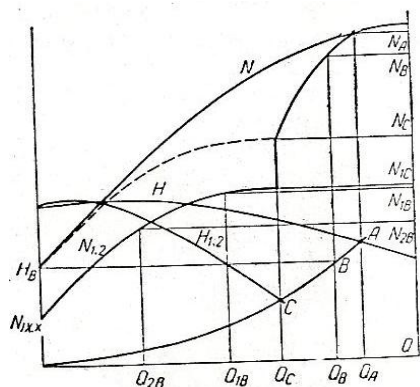


Рис. 5 Потребляемая мощность при последовательном и параллельном регулировании.

Задаваясь различными значениями производительности, строим кривую $N_A—N_C$. Производительность Q_C может развить уже только одна машина. Если машина, с которой было начато регулирование, при этой нагрузке остается включенной, то она работает вхолостую и потребляет мощность $N_{2x,x}$. Суммарная потребляемая мощность равна при этом $N = N_{1C} + N_{x,x}$. Очевидно, что при производительности Q_C и ниже машина 2 может быть остановлена и характеристика мощности при производительности менее Q_C выразится кривой $N_{1C}—N_{x,x}$. Во всем диапазоне производительности последовательное регулирование оказывается выгоднее параллельного.

Из рассмотрения работы машин с лопатками, загнутыми вперед (характеристика мощности обращена выпуклостью вниз), работающей на безнапорную сеть, видно, что при глубине регулирования до $\square 55\%$ выгоднее параллельное регулирование, при более глубоком регулировании — последовательное.

При регулировании машин направляющими аппаратами во всем диапазоне регулирования выгоднее последовательное регулирование. Если регулирование производится изменением числа оборотов, то выгоднее параллельное регулирование.

II.A.4 Совместная работа машин

Необходимость в одновременной работе нескольких машин на одну сеть возникает в таких случаях: когда расход газа (воды) превосходит производительность имеющихся машин; сопротивление сети превышает давление, развиваемое машиной; при переменном режиме применение нескольких машин дает возможность маневрирования и позволяет независимо от режима работы всей установки эксплуатировать каждую машину в режиме, близком к оптимальному.

При совместной работе машины могут быть соединены последовательно или параллельно.

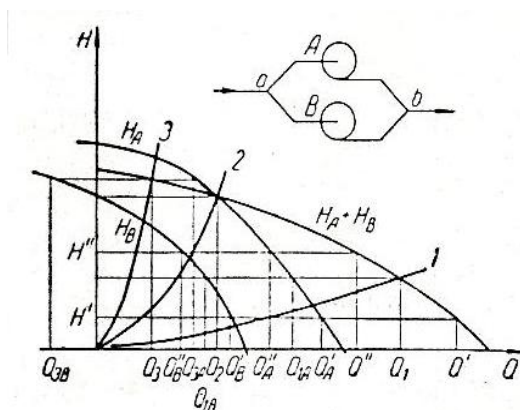


Рис. 6 К определению целесообразности параллельной работы машин.

При параллельной работе помимо общих участков сети, через которые проходит вся жидкость, появляются участки, относящиеся только к одной машине — участок aAb для машины A и участок aBb для машины B (рис.6). Характеристики отдельных участков могут быть различными, поэтому целесообразно в качестве сети рассматривать участок,

общий для обеих машин, потери же на отдельных участках включать в характеристики машин. Суммарная характеристика двух машин, отнесенная к общим точкам a и b , строится исходя из того, что давление в этих точках одинаково. Принимая несколько произвольных значений давления H' , H'' и т. д., по индивидуальным характеристикам H_A и H_B определяют производительность каждой машины Q'_A и Q'_B , Q''_A и Q''_B и т. д., а затем суммарную производительность $Q' = Q'_A + Q'_B$, $Q'' = Q''_A + Q''_B$ и т. д. Распределение нагрузки между машинами определяется характеристикой сети. Если характеристика выражается кривой 1, то производительность каждой из машин положительна и равняется соответственно Q_{1A} и Q_{1B} . Если характеристика-сети выражается кривой 2, то сопротивление сети равно давлению, которое машина B может развивать только при холостом ходе, а суммарная производительность равна производительности одной машины A . Для характеристики сети 3 производительность машины B становится отрицательной, т. е. жидкость проходит через машину B в направлении от b к a и суммарная производительность будет меньше производительности машины A .

Параллельная работа целесообразна тогда, когда характеристика сети пересекает суммарную характеристику правее точек пересечения ее с характеристиками отдельных машин. Если характеристики обеих машин совершенно одинаковы, то это условие выполняется всегда.

Суммарная характеристика мощности определяется так. Для частных значений Q'_A и Q'_B , соответствующих определенному давлению, находят мощности N'_A и N'_B . Суммарная мощность двух машин $N' = N'_A + N'_B$ соответствует суммарной производительности их Q' .

Последовательное соединение машин позволяет получить большее давление и большую производительность. Суммарная характеристика строится исходя из того, что производительность машин одинакова. Для нескольких значений Q' , Q'' , Q''' и т. д. находят давление H'_A и H'_B , H''_A и H''_B и т. д., развиваемое каждой из машин. Суммарное давление будет соответственно равно $H_1 = H'_A + H'_B$, $H_2 = H''_A + H''_B$. Точно также определяется мощность, потребляемая машинами: $N' = N'_A + N'_B$, $N'' = N''_A + N''_B$.

Эффект последовательного соединения зависит от характеристики сети (рис. 7). Если она представлена кривой 1, то машины работают с производительностью Q_1 и развивают положительное давление- H_{1A} и H_{1B} . Если характеристика сети выражается кривой 2, то обе машины развивают производительность Q_2 , при которой давление машины A снижается до нуля и суммарное давление равно давлению, развиваемому машиной B , ($H_2 = H_{2B}$). Если характеристика сети выражается кривой 3 и производительность обеих машин равна Q_3 , то машина A развивает отрицательное давление, т. е. сумма гидравлических сопротивлений машины A превосходит ее теоретическое давление. В этом случае суммарное давление меньше давления машины B ($H_3 < H_{3B}$).

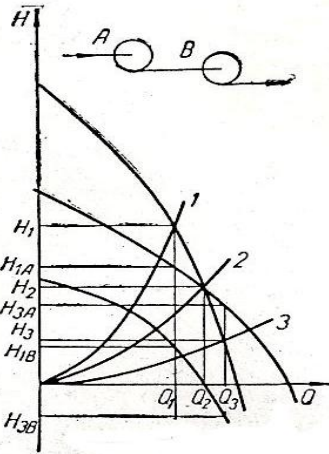


Рис. 7 К определению целесообразности последовательного соединения машин.

Последовательное соединение целесообразно только тогда, когда характеристика сети пересекает суммарную характеристику левее точек пересечения ее с характеристиками обеих машин. Это всегда имеет место, если обе машины совершенно одинаково.

Приложение Б (справочное)

Здания котельных и их проектирование

П.Б.1 Здания котельных установок

Котельные установки (КУ) принято подразделять на **закрытые, полукрытые и открытые**: в **закрытых** котельных все оборудование размещено в здании; в **полукрытых** вспомогательное оборудование - деаэраторы, баки, золоуловители, дымососы и вентиляторы - установлены вне здания; в **открытых** котельных на основном оборудовании - котлоагрегатах — выполняются укрытия мест постоянного обслуживания, а в здании размещаются только щиты управления, насосы и фильтры химводоочистки.

Основное оборудование котельных открытого типа должно быть, специально приспособлено к работе при минусовых температурах окружающего воздуха.

Котельные, располагаемые **на территории населенных мест**, должны быть, как правило, закрытого типа, на территории промышленных предприятий могут быть любого типа, если это позволяют климатические условия и оборудование.

Здания котельных можно выполнять **отдельно стоящими** или примыкающими к другим зданиям - **сблокированными**.

Блокирование помещений котельных с производственными цехами применяется на некоторых предприятиях, в коммунально-бытовых (кроме бань) и в хозяйственных корпусах лечебных учреждений. Котельная отделяется от других помещений специальной капитальной противопожарной стеной; непосредственно над котлоагрегатами не размещают никаких помещений. Иногда котельные размещают внутри производственных, общественных, жилых зданий, выделяя для них часть помещений; такие котельные называют встроенными.

Установка котлоагрегатов всех типов и видов внутри производственных помещений осуществляется выделением для котельной с несгораемыми перегородками, полом и потолком помещения с высотой не менее 2 м.

Котлы-утилизаторы и энерготехнологические агрегаты могут быть, отделены от производственного помещения вместе с технологическими агрегатами. Наиболее распространены для котельных отдельно стоящие здания.

Современные здания котельных, как правило, выполняются **каркасными**, одноэтажными, с пролетами одного направления, одинаковой ширины и высоты. При необходимости размещать оборудование в несколько этажей применяются здания павильонного типа со встроенными этажерками. Размеры пролетов зданий принимают равными 12, 18 и 30 м; для небольших котельных допускаются пролеты в 6 и 9 м. Несущими

элементами здания, кроме колонн, при малых пролетах (6, 9 и 12 м), небольшой высоте (до 7,2 м) и отсутствии опирания на стены грузоподъемных механизмов могут являться наружные стены с пилястрами. При пролете 12 м и более используются только колонны, шаг которых принимают равным 6 или 12 м. Для многоэтажной части здания котельной, например со стороны постоянного торца, надлежит использовать сетки колонн с размером 6 на 7 и 6 на 9 м. Высота зданий котельных зависит от величины пролета и выполняется кратной размерам от 0,6 до 1,8 м.

Если часть здания котельной выбрана многоэтажной, то отметки этажей должны составлять 3,6; 4,2 и 6 м, кроме первого этажа, который может иметь высоту в 7,2 м. При высоте здания до 7,2 м его несущие наружные стены можно выполнять из кирпича или штучных камней. Здание котельной может иметь золотой этаж с уровнем пола на отметке территории только в случаях применения специальной схемы шлакозолоудаления или при высоком уровне грунтовых вод: **специально выделять золотой этаж не следует.**

Если в котельной устанавливается оборудование, дающее динамические нагрузки на фундамент - дробилки, мельницы, дымососы, вентиляторы и т. д., для него сооружают фундаменты, не связанные с полом и стенами зданиям. Наружные стены, цоколь и внутренние стены зданий с несущими колоннами выполняются из навесных панелей, изготовленных из легких бетонов, керамзитобетона и штучных камней; перегородки изготавливаются из гипсобетонных и других панелей. В стенах и перегородках выполняются проемы для дверей, окон и отверстия для пропуска газопроводов и трубопроводов и монтажа оборудования блоками. Конструкция торцевой стены в здании котельной со стороны расширения должна допускать производство строительных и монтажных работ. Междуетажные перекрытия выполняются из бетонных плит, их кладут на ригели, опирающиеся на выступы колонн. Покрытия зданий котельных состоят из железобетонных плит с утеплением из пено- или газобетона, защищаемых битумом и рулонным материалом наклеиваемым на выровненную цементной стяжкой поверхность. Более широко распространены кровельные армопенобетонные плиты с размерами 1,5Х6 м, совмещающие настил и изоляцию. Поверх покрытия кладется гидроизоляционный ковер с нанесением на него защитного слоя мастики с гравием; **применение фонарей ограничено.** Полы должны быть прочными, тепло- и влагоустойчивыми, негорючими, не разрушаться от временного воздействия масла, кислот и щелочей. В полу помещения КУ прокладываются каналы для удаления шлака и золы, подвода воздуха к топочным устройствам, для электрическими других кабелей, трубопроводов для воды и канализаций; в полу иногда оставляют и проемы для фундаментов под оборудование. Пол может быть сплошным из нескольких слоев или из плит. Окна чаще всего выполняются в виде отдельных проемов или лент большой протяженности проемы больших размеров разделяются на части стойками и балками к ним

крепятся оконные переплеты, и они передают нагрузку от переплетов и ветровую нагрузку на несущие части здания. Подоконники выполняются с углом 50° , высота проема кратной 0,6 и до 4,8 м. Двери по ширине принимаются равными 1,0; 1,5 и 2,0 м и по высоте 2,4 м; изготавливают стальными с металлическим каркасом или из дерева с обшивкой войлоком, пропитанным глиной, и обивкой стальным листом. **Выходные двери из помещения КУ должны открываться наружу и не иметь запоров; остальные — внутрь и закрываться; Из КУ должно быть не менее двух выходов с пожарной лестницей в противоположных сторонах** (наружу, в тамбур или лестничную клетку). Ворота из помещения котлоагрегатов выполняются из двух половин, распахивающимися наружу для проезда транспорта высотой от 2 до 4 м; шириной от 2,4 до 4,2 м, с устройством калитки для прохода людей.

Если через ворота из котельного помещения удаляются шлак и зола и подается топливо, то в районах со средней температурой воздуха самой холодной пятидневки года ниже минус 5°C устраивают тамбур или тепловую завесу. Транспортёры и бункерная галерея для твердого топлива должны быть отделены от помещения котельной несгораемыми перегородками: Если же бункера и узлы пересыпки установлены в общем помещении, то транспортные механизмы не должны загрязнять помещение топливом и его пылью. Бункера для твердого топлива выполняются железобетонными или стальными с объемом, обеспечивающим не менее 1,5—3-часовой работы котлоагрегата с полной нагрузкой и полным спуском топлива самотеком.

Стальные бункера снаружи покрываются тепловой изоляцией для предупреждения конденсации на их стенках водяных паров. Бункера для топлива опираются на колонны, ригели или подвешиваются к ним. Пролет между осями колонн бункерной галереи или колонн, встроенных в помещение, принимается равным 3,0 и 6,0 м. Над бункерами ширина галерей для подачи топлива зависит от числа и размеров механизмов для транспорта топлива: они примыкают к котельной со стороны постоянного торца здания, не опираясь на несущие стены или каркас здания.

Пример выполнения здания котельной на 35 МВт (30 Гкал/ч) из сборного железобетона показан на **рис.1**. Несущие конструкции выполнены в виде каркаса с колоннами, перекрытия из плит, фермы ж/б.

Кроме того, следует учитывать высоту стояния уровня грунтовых вод.

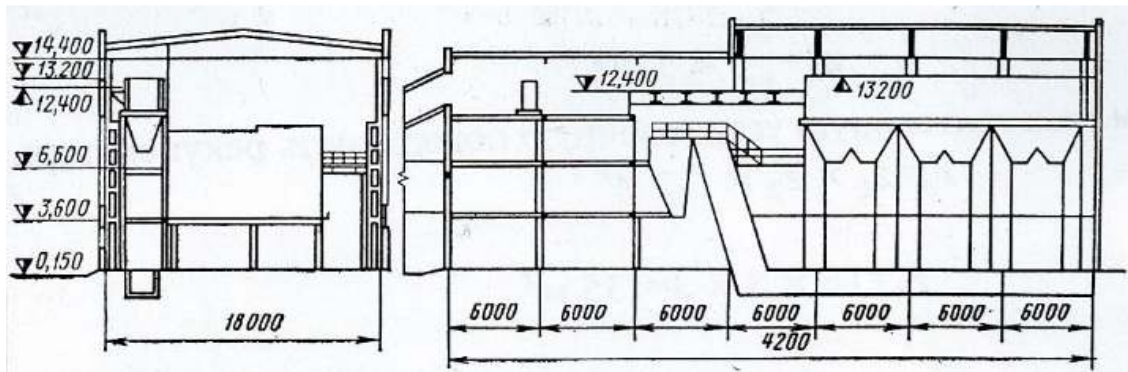


Рис.1. Габариты и схема здания котельной установки на 35 МВт (30 Гкал/ч) с котлоагрегатами, сжигающими твердое топливо в слое (проект Латгипропрома).

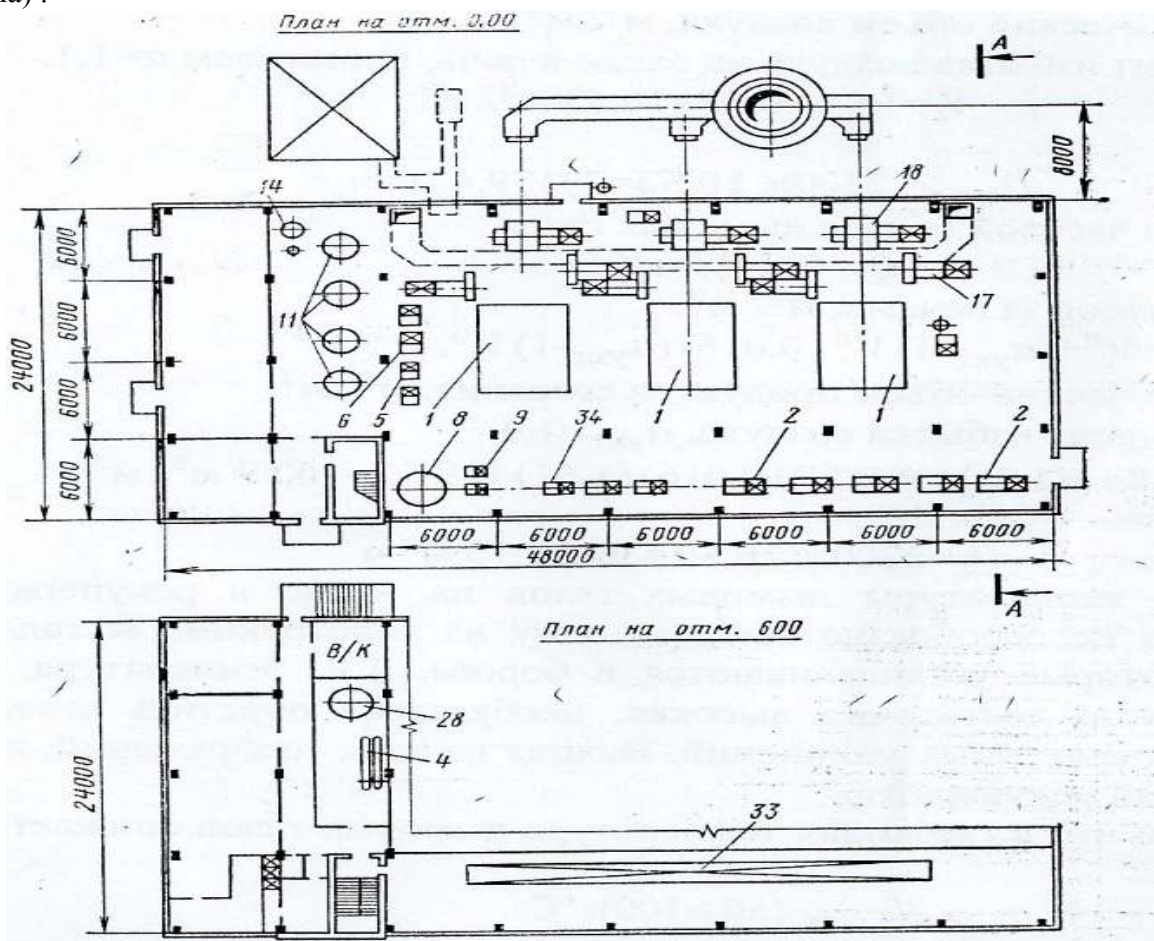
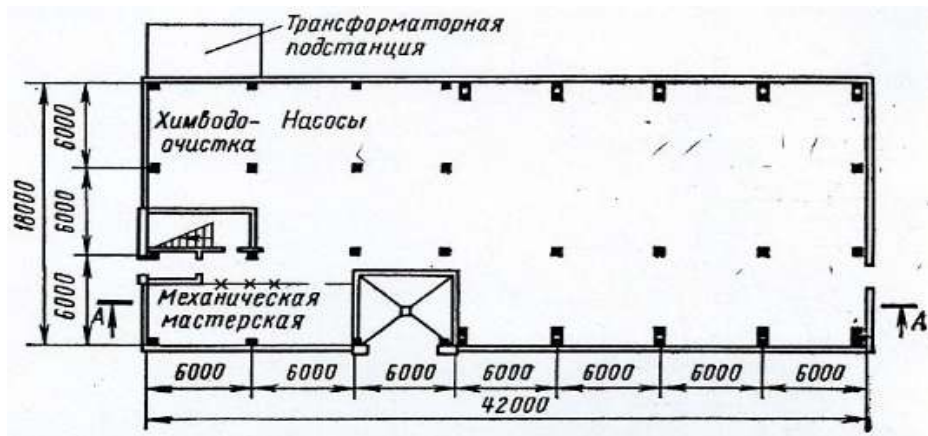


Рис. 2. Закрытая компоновка КУ установки со стальными водогрейными котлами КВ-ГМ-50, разработанная Латгипропромом. Обозначения см. рис. 3 и 4, кроме того, 34-насос рециркуляции.

П.Б.2. Размещение КУ установок на генплане

При размещении КУ, служащей в качестве источника теплоснабжения предприятия и жилого района, ее стремятся разместить ближе к центру тепловых нагрузок, учтя направление господствующих ветров (розу ветров), расположение жилых массивов, зеленых насаждений, рельеф местности, уровень грунтовых вод, источников водоснабжения, возможность создания золошлаковых отвалов и ряд других, обстоятельств, регламентированных соответствующими строительными и другими нормами и правилами, а также возможность дальнейшего расширения на расчетный срок развития данного района. При этом создают возможность соединения с проектируемой КУ имеющихся или строящихся КУ и тепловых сетей других районов.

Территория, на которой намечено разместить котельную или источник теплоснабжения, должна иметь надёжный грунт, могущий служить естественным основанием зданию и сооружениям. Земляные и другие работы по планировке должны быть минимальными.

Здание КУ, приемно-разгрузочные устройства для твердого и жидкого топлива, - пути железнодорожного транспорта, как правило, следует располагать параллельно горизонталям природного рельефа. При размещении устройств для удаления из КУ шлака и золы также должен быть учтен рельеф территории. В том случае, когда шлак и зола не могут быть использованы для нужд строительства и других целей, их отвалы следует размещать на наиболее близких к КУ, непригодных или малопригодных для других целей земельных участках, за пределами территории КУ, предпочтительно в оврагах или заболоченных местах. Размеры шлакозолоотвала выбираются исходя из работы КУ в течение 10 - 25 лет.

Отвод воды с территории и из здания котельной должен быть осуществлен и увязан с сетью промышленной, ливневой и хозяйственной канализации всей площадки предприятия или территории, отведений для строительства КУ. Стоки от химической водоподготовки, мазутного и масляного хозяйства, обмывки внешних поверхностей нагрев котлоагрегатов, кислотных и других промывок оборудования должны быть нейтрализованы, очищены от загрязнений твердыми частицами, нефтепродуктами и другими веществами, охлаждены до температуры ниже 40°С и лишь после этого спущены в канализацию.

При проектировании КУ для промышленных предприятий дороги, сооружения и здания одинакового назначения следует объединять. Территория КУ, если она размещается вне промышленного предприятия и имеет открытые площадки с находящимися в них оборудованием, складами, транспортными устройствами и связями, должна быть благоустроена, защитная зона озеленена и отделена оградой сетчатого типа высотой в

2,4 м. Между зданиями, сооружениями, складом топлива и другими устройствами должны быть предусмотрены соответствующие строительным нормам и правилам расстояния (разрывы) и дороги, обеспечивающие возможность осуществления транспортных и пожарных операций. **Главный въезд на территорию и кольцевую дорогу вокруг КУ выполняют со стороны постоянного торца здания КУ.** Присоединение, территории КУ к железным дорогам общего пользования проектируется по согласованию с соответствующим управлением дороги. Пожароопасные помещения, зданиями и сооружения КУ должны быть изготовлены из негорючих материалов. Категории отдельных частей здания КУ, вспомогательных сооружений, помещений и требуемые свойства материалов для них регламентированы. При выборе материалов и конструкций элементов зданий КУ должны быть учтены требования Правил [1, 2, 18] и других соответствующих СНиП и Правил, включая электротехнические.

Правильный выбор площадки для сооружения котельной в большой мере предопределяет стоимость ее сооружения и экономичность работы. **Размещение КУ должно соответствовать перспективной схеме тепло снабжения промышленного района или населенного пункта.** При выборе площадки для строительства КУ должны учитываться условия теплоснабжения и близость потребителей теплоты. **Площадка для сооружения КУ, как правило, должна располагаться в центре тепловых нагрузок района с учетом перспектив их развития.** Особое внимание следует уделять выбору размещения площадки КУ, рассчитанной на сжигание твердого и высокосернистого, топлива. Для таких КУ, если шлак и золу не используют строительные организации, шлакозолоотвалы должны располагаться на непригодных или малопригодных для других целей земельных участках, а для устранения заноса летучей золы, сернистых и других токсичных дымовых газов в близлежащие жилые районы или промышленные объекты площадки КУ нужно располагать с учетом преимущественного направления ветра.

При проектировании КУ на территории промышленных предприятий или вблизи от них нужно объединять здания и сооружения материальных складов, центральных ремонтных мастерских, водозаборных устройств и насосных станций водоснабжения, железнодорожные пути, автодороги, инженерные сети, разгрузочные устройства и склады топлива, предварительные водоподготовительные установки, трансформаторные подстанции и очистные сооружения.

Отдельно стоящие КУ должны быть отделены от ближайших жилых и общественных зданий озелененными санитарно-защитными золами, которые выбирают согласно табл. 2 приложения 2 главы СНиП II-М.1-62 «Нормы проектирования». Минимальная протяженность санитарно-защитной зоны составляет **25 м** и принимается для котельных, работающих на твердом топливе, с зольностью

$A^p \leq 10\%$ и при расходе топлива $V_{max} = 3 \text{ т/ч}$.

При зольности топлива $A^p = 30 - 45\%$ и часовом расходе топлива $V_{kv} = 20 - 5 \text{ т/ч}$ протяженность санитарно-защитной зоны достигает 200 м. Для КУ, работающих на газе, санитарно-защитная зона установлена 15 м, а для КУ, работающих на жидком топливе, — 20 м. Разрывы между зданиями и сооружениями котельных, а также между этими сооружениями и расходными и резервными складами топлива принимают по санитарным и противопожарным нормам.

Санитарно-защитные зоны КУ, в зависимости от расхода топлива и его зольности, надлежит устанавливать согласно СНиП II-М.1-71* [11]. **Размещение площадок КУ вблизи аэродромов должно в каждом отдельном случае согласовываться с управлениями, в ведении которых находятся данные объекты.**

Площадка должна быть выбрана на конечную мощность котельной и с достаточными размерами для рационального, размещения на ней всех необходимых зданий, сооружений и дорог. **Кроме здания КУ на площадке обычно размещают склад топлива и устройство топливоподачи, дымовую трубу и золоулавливающие установки, склад материалов и реагентов для ВПУ, установку золошлакоудаления, очистные устройства различных стоков и насосные станции для них. Размещение зданий и сооружений на площадке КУ должно обеспечивать возможность их расширения и надежную эксплуатацию при минимальных затратах на строительство.**

Территория, на которой намечено разместить котельную, должна иметь надежный грунт, могущий служить естественным, основанием зданию и сооружениям.

Основным показателем использования территории является коэффициент застройки, т. е. отношение площади, занятой зданиями и сооружениями, к общей площади комплекса. Для временных КУ коэффициент застройки должен находиться в пределах: на твердом топливе — 0,4—0,5, на жидком топливе и газе — 0,5—0,6.

На **рис. 3** показана схема генерального плана КУ общей теплопроизводительностью 60 Гкал/ч, работающей на твердом топливе. Доставка топлива (каменных и бурых углей) осуществляется железнодорожным транспортом. Для этой цели предусмотрен ввод железной дороги на территорию КУ. Рядом с железной дорогой расположен склад топлива и приемное устройство топливоподачи.

Схема генерального плана КУ общей теплопроизводительностью 230 Гкал/ч, работающей на природной газе и на мазуте, показана на **рис. 4**. На схеме показано размещение зданий котельной, склада мазута и склада химикатов. Доставка мазута на территорию котельной предусмотрена железнодорожным транспортом.

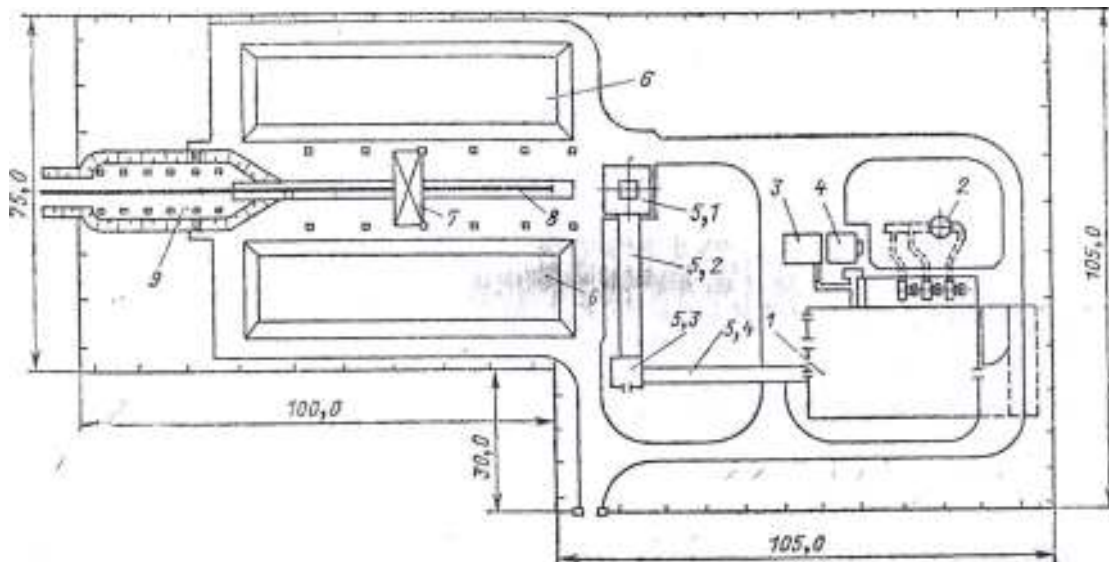


Рис. 3 Схема генерального плана КУ теплопроизводительностью 60 Гкал/ч.

Топливо - каменный уголь.

1 — Здания КУ; 2 — дымовая труба; 3 — склад мокрого хранения соли; 4 — осадительная станция пневмозолошлакоудаления; 5.1 — приемное устройство; 5.2 —галерея № 1; 5.3 — дробильное отделение; 5.4 галерея № 2; 6 — склад топлива; 7 — эстакада виборазгрузчика; 8 — разгрузочная эстакада; 9 — эстакада люкоподъемника.

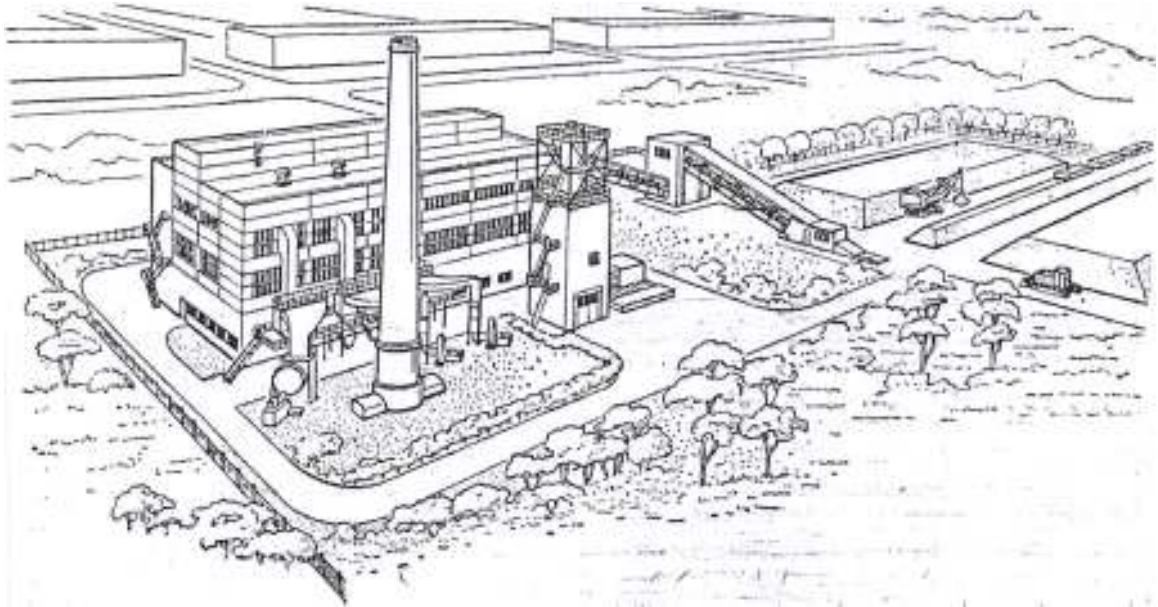


Рис. 9.3. перспективный вид котельной теплопроизводительностью 60 Гкал/ч.

(топливо - каменный уголь).

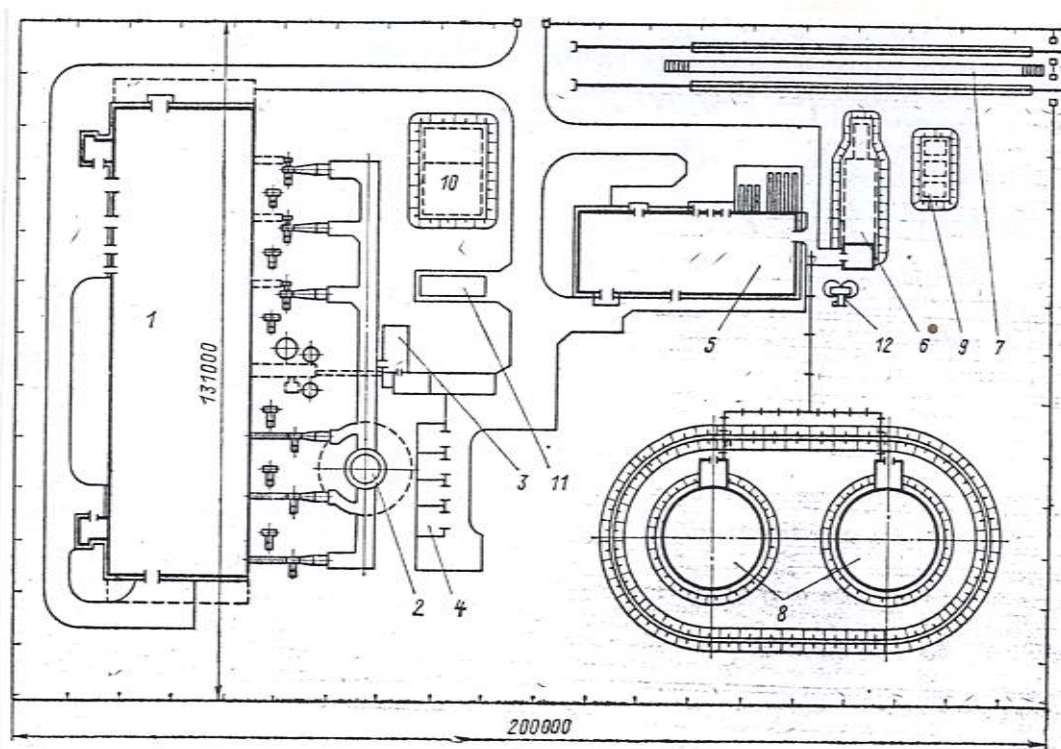


Рис. 4. Схема генерального плана котельной установки теплопроизводительностью 230 Гкал/ч. Топливо — мазут, газ.

1 - здание котельной; 2 - дымовая труба; 3-склад серной кислоты и соли; 4 - открытая трансформаторная подстанция; 5 - мазутонасосная со станциями очистки сточных вод и пожаротушения; 6 - приемная емкость мазута; 7 -железнодорожная эстакада мазутослива; 8 - резервуар металлический для хранения мазута; 9 - резервуар металлический для хранения жидких присадок; 10 - резервуар воды для нужд пожаротушения; 11- нефтеуловитель; 12 — баки конденсата.

На рис. 3 и 4 показаны принципиальные схемы расположения сооружений на площадке. Все размеры даны ориентировочные, могущие служить только для предварительного определения габаритов земельного участка под строительство КУ.

При проектировании генерального плана КУ следует предусматривать возможность размещения укрупнительно-сборочных площадок, складских, а также временных сооружений, необходимых на период производства строительного-монтажных работ. **Необходимо также учесть санитарные нормы допустимого уровня шума от устанавливаемого на открытых площадках оборудования при расположении КУ в районе жилой застройки.**

Схема транспорта на территории КУ принимается исходя из её расчетной производительности, с учетом очередности строительства и перспективы расширения. Проектом внутриплощадочных автомобильных дорог с усовершенствованным покрытием должна предусматриваться возможность подъезда транспорта к зданиям и сооружениям КУ и к оборудованию, устанавливаемому на открытых площадках.

Золоуловители, а иногда и тягодутьевые установки монтируются на открытом воздухе — между зданием КУ и дымовой трубой. Только в тех случаях, когда такое

размещение не допускается санитарными нормами или климатическими условиями данного района [9], их устанавливают внутри здания.

Дымовые трубы сооружаются за пределами зданий КУ на расстоянии, которое определяется компоновкой устанавливаемых вне здания золоуловителей и дымососов, а также габаритами фундамента под дымовую трубу и конструкцией газоходов. При наличии высоких уровней грунтовых вод газоходы выполняются надземными.

Перспективные виды КУ дают общие представления о том, как сооружения комплекса КУ (котельная, склад топлива, топливоподача, склад реагентов, вспомогательный корпус) вписываются в архитектурный ансамбль данного жилого или промышленного района. На рис.3 представлена перспектива КУ с водогрейными котлами КВ-ТС-20.

П.Б.3 КОНСТРУКЦИЯ ЧАСТЕЙ ЗДАНИЯ КУ

Здания отдельно стоящих КУ выполняют либо с кирпичными несущими пилястрами и кирпичными стенами, либо с железобетонным каркасом и соответствующим (в том числе и кирпичным) заполнением.

Ширина ячеек для размещения котлов и прочего оборудования, следовательно, и продольный шаг между осями пилястр или колонн как правило 6 м, однако в отдельных случаях его можно уменьшить до 3 м а для торцовых ячеек шаг составляет 1,5 м. Высоту этажей и разбивку оконных проемов принимают кратными укрупненному вертикальному модулю 0,6 м, поэтому стены класть можно как из рядового кирпича, так и из крупных блоков и панелей.

Перекрытия выполняют из железобетонных балок-ферм, опираемых на кирпичные пилястры или железобетонные колонны. Длина пролета этих балок-ферм является кратной 3 м и изменяется от 6 до 9, 12, 18, 24 и 30 м. Покрытия по железобетонным балкам-фермам выполняв в виде крупнопанельных железобетонных плит, длину которых принимают в соответствии с шагом между колоннами, а ширину — равной 1,5 или 3 м.

Если собственный вес покрытия не превышает 90 кг/м^2 , то покрытие можно выполнять сплошным без световых фонарей. При весе более 90 кг/м^2 над котлами устраивают фонари. На площадь отверстий в покрытии при этом приходится не менее 10% площади пола, занятой котлами. Вместо световых фонарей можно устраивать в стенах застекленные проемы соответствующих размеров, причем их располагают перед фронтом котлов и выше обмуровки.

КУ низкого давления, расположенные под жилыми и общественными зданиями, должны иметь несгораемые потолочные перекрытия, газонепроницаемые и со звукоизоляцией. Выходные двери котельного помещения должны открываться наружу.

В КУ с площадью пола более 200 м^2 в каждом этаже делают не менее двух

выходов наружу, расположенных в противоположных сторонах помещения. Если площадь пола котельного помещения меньше 200 м^2 , то второй выход можно делать с каждого этажа на наружную пожарную лестницу. Выход из КУ, размещенных в подвалах, через лестничные клетки делать нельзя.

При строительстве КУ необходимо соблюдать следующие условия. **Объёмно-планировочные решения здания котельной должны отвечать требованиям межотраслевой унификации промышленных зданий обязательным использованием унифицированных сборных конструкций и деталей заводского изготовления.** По классификации строительных норм КУ отнесены к сооружениям II класса.

Компоновка и конструкции здания КУ, а также расположение оборудования должны обеспечивать возможность беспрепятственного расширения здания КУ; 1) здание КУ должно иметь одну свободную торцовую стену; 2) конструкции перекрытия КУ должны опираться на продольные стены здания.

Здания КУ, по возможности, выполняют одноэтажными и однопролетными с расположением вспомогательного оборудования в общем зале без выделения отдельные помещения.

Совершенно очевидно, что при сжигании твердого топлива при механизированных системах топливоподачи и бункерных галереях можно сооружать многоэтажные и многопролетные здания.

Здания котельных должны проектироваться с учетом требований индустриальных методов строительства и монтажа [43]

Наиболее дорогими элементами зданий являются этажерки, бункерная, деаэрационная, поэтому следует проектировать одноэтажными павильонного типа с минимальным количеством встроенных этажерок.

Надбункерные галереи топливоподачи, как правило, должны быть отделены от котельных залов несгораемыми перегородками.

Для предотвращения скопления пыли на трактах топливоподачи проектируют установку пневмоуборки или гидросмыва. Наклонная и надбункерные галереи транспортеров топливоподачи оборудуются системами отопления и вентиляции. В местах пересыпки топлива предусматриваются местные отсосы запыленного воздуха (аспирация). Чтобы не утяжелять строительные конструкции за счет восприятия динамических нагрузок от оборудования, а также не передавать вибраций на них. насосы, углеразмольные мельницы, дымососы и вентиляторы, как правило, должны устанавливаться на нулевой отметке КУ на фундаментах, не связанных со строительными элементами здания КУ.

П.Б. 4 ОСНОВНЫЕ ВНУТРЕННИЕ ГАБАРИТЫ ЗДАНИЙ КУ

Объемно-планировочные решения здания котельной должны отвечать требованиям межотраслевой унификации промышленных зданий с обязательным использованием унифицированных сборных конструкций и деталей заводского изготовления

Компоновка и конструкции здания нательной, а также расположение оборудования должны обеспечивать возможность беспрепятственного расширения КУ: 1) здание котельной должно иметь одну свободную торцовую стену; 2) конструкции перекрытия КУ должны опираться на продольные стены здания.

Расположение административных и бытовых помещений предусматривают внутри основного помещения КУ, со стороны её постоянного торца. Однако можно использовать и другие свободные площади производственных помещений. Чтобы использовать высоту основного помещения под помещения административного и бытового назначения, устраивают антресоли.

Для удаления зольных остатков КУ снабжают зольными помещениями, которые, желательно располагать выше уровня земли. При выходе очаговых остатков не более 100 кг/ч или при механизированном шлакозолоудалении зольных помещений можно не устраивать.

Для выполнения монтажных и ремонтных работ оборудования или отдельных узлов и деталей с массой более 50 кг должны быть предусмотрены соответствующие грузоподъемные механизмы передвижения.

В качестве подъемного устройства для ремонта дымососов и вентиляторов, устанавливаемых вне помещения КУ, допускается использовать автомобильный кран. Для этого в компоновочных решениях необходимо предусмотреть возможность подъезда автомобильного транспорта к месту установки оборудования.

В проектах КУ следует применять конструкции зданий и сооружений из готовых унифицированных железобетонных строительных узлов и деталей при наименьшем числе типоразмеров; здания из облегченных металлоконструкций, стеновое заполнение из облегченных материалов, основное и вспомогательное оборудование в виде комплектных транспортабельных агрегатов или монтажных блоков подготовленных к сборке на месте установки.

Практика проектирования КУ показывает, что минимально возможная протяженность трубопроводных коммуникаций получается при установке сетевых и питательных насосов вдоль фронта котлов. Насосы размещаются обычно под встроенной этажеркой для установки щитов КИП или теплообменников.

Помещение для установки фильтров водоподготовительной установки, как правило, не

отделяется перегородкой от котельного зала.

Из всех этажей здания котельной, а также с площадок и этажерок необходимо предусматривать два выхода: один через лестничную клетку в постоянном торце здания, другой на площадки наружных пожарных лестниц в торце расширения котельной.

Размеры одной из дверей должны быть такими, чтобы можно было доставлять и выносить устанавливаемое оборудование хотя бы в разобранном виде. Для этого же можно пользоваться и оконными проемами, если нет оконных проемов и нельзя использовать дверные проемы для втаскивания оборудования, то устраивают в стенах специальные проемы, заделываемые и вновь открываемые при необходимости.

При подаче твердого топлива к котлам, а также при удалении золы и шлака через двери котельной у последних устраивают тамбуры, размеры которых обеспечивают безопасность и удобство обслуживания.

Административные и бытовые помещения предусматриваются внутри основного помещения котельной, со стороны ее постоянного торца. Однако можно использовать и другие свободные площади производственных помещений. Так, используют высоту основного помещения под помещения административного и бытового назначения, устраивая антресоли. Пример такой компоновки показан на рис. 5.

В КУ, оборудованных котлами до 10 т/ч, можно располагать следующие административно-бытовые помещения: а) лабораторию химической водоочистки; б) механическую мастерскую; в) комнату заведующего котельной; г) контору; д) санузел и гардероб. Санузел оборудуют в зависимости от количества обслуживающего персонала.

При сжигании газообразного топлива и при давлении газа до 3 кгс/см² газорегуляторный

пункт размещают в пристройке к КУ или даже непосредственно в котельной. При давлении газа выше 3 кгс/см² газорегуляторную располагают в отдельном здании.

В КУ, со стороны постоянного торца, предусматриваются помещения для механической мастерской, лабораторий, водоподготовительных установок (ВПУ) и КИП, а также для служебно-бытовых нужд обслуживающего и ремонтного персонала. Проекты служебно-бытовых помещений должны соответствовать требованиям СНиП П-92-76 [11].

В полу КУ размещаются каналы для трубопроводов и электрических кабелей. При компоновке оборудования необходимо учитывать возможность удобной трассировки каналов.

Для уменьшения общих капиталовложений строительство корпуса КУ часто осуществляют на окончательную мощность, а оборудование в нем часто устанавливают по мере роста тепловых потоков. Первоначальные тепловые потоки промышленного или

жилого района обычно значительно ниже максимальных расчетных.

Возможность пуска и эксплуатации устанавливаемого оборудования в таком режиме должна учитываться.

Проходы между котлами, экономайзерами и стенами котельной (кроме передней стены) делают не менее 1 м а между отдельными выступающими частями (например, между балками каркаса и частями здания) — не менее 0,8 м. Для чугунных котлов указанные расстояния можно уменьшить до 0,7 м.

Если обдувку и шуровку котлов и топок выполняют не только с фронта, но и с боковых сторон обмуровки, то ширину прохода между котлами делают не менее 1,6 м для котлов паропроизводительностью до 4 т/ч и не менее 2 м для котлов паропроизводительностью более 4 т/ч.

При установке котлов и экономайзеров близко к стенам или колоннам котельного помещения обмуровка котлов и экономайзеров должна отстоять от стены или колонны по крайней мере на 70 мм. Этот промежуток внутри засыпают шлаком, инфузорной землей или другими негорючими изоляционными материалами, а сверху и с боков закладывают кирпичом.

Расстояние от стены котельного помещения фронта котлов или фронта выносных топок принимают в зависимости от способов подачи топлива в КУ, от системы котлов и их размещения.

Расстояние от фронта котлов или выступающих частей топок до противоположной стены котельной составляет, как правило, не менее 3 м, однако при механизированных топках его можно уменьшить до 2 м. При сжигании жидкого и газообразного топлива расстояние от выступающих частей горелочных устройств до стены котельной делают не менее 1 м. В некоторых случаях для котлов производительностью до 2 т/ч расстояние от фронта котлов или выступающих частей топок до стены котельной можно уменьшить до 2 м, а именно: а) топка, обслуживаемая с фронта, имеет длину не более 1 м б) топка с фронта не обслуживается; в) сжигается жидкое и газообразное топливо (однако при этом сохраняют минимальное расстояние 1 м от горелочных устройств до стены).

При котлах разной длины или топках разных систем котлы устанавливают так, чтобы фронт всех котлов и топок по возможности был расположен на одной линии.

Если котлы расположены так, что топка одного из них находится против другой, то расстояние между топками делают следующее: а) при сжигании твердого топлива в топках с ручным обслуживанием — не менее 5 м; б) при сжигании твердого топлива в механизированных топках — не менее 4 м; в) при сжигании жидкого и газообразного топлива — из расчета 2 м между горелочными устройствами.

Перед фронтом котлов можно установить насосы, вентиляторы и пр., при этом

ширину свободных проходов вдоль фронта котлов делают не менее 1,5 м так чтобы оборудование не мешало нормальному обслуживанию топок и котлов.

Расстояние от верхней рабочей площадки, предназначенной для обслуживания котлов или экономайзеров, до нижних конструктивных частей покрытия котельной должно быть не менее 2 м. Если в процессе эксплуатации нет необходимости переходить через барабан или сухопарник котла, то расстояние от них до нижних конструктивных частей покрытия котельной снижают до 0,7 м. Для котлов низкого давления, не требующих обслуживания сверху, указанное расстояние также делают не менее 0,7 м.

Котельные помещения, встроенные в здания, должны иметь высоту не менее 3,2 м, а до выступающих частей покрытия — не менее 2,6 м. Проходы между агрегатами оборудования насосной, дутьевой, дымососной и водоочистки для удобного обслуживания и безопасности работы должны быть не менее 0,7 м. Такое же расстояние сохраняют и при ограждениях. Помещения для золовых и шлаковых бункеров от пола до выступающих частей затворов делают высотой не менее 1,9 м. Площадки, предназначенные для обслуживания арматуры, делают шириной не менее 800 мм, ширину всех прочих площадок — не менее 600 мм. Площадки, лестницы и верхняя часть обмуровки котла должны иметь металлические ограждения—перила высотой 1 м.

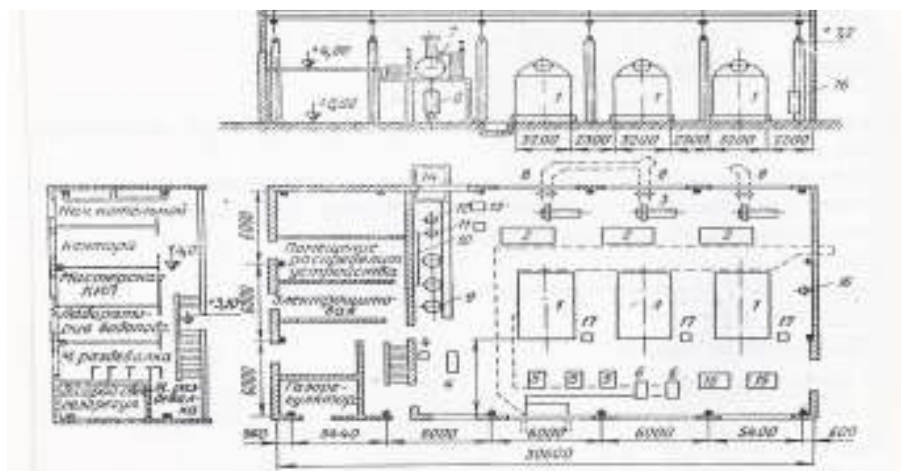


Рис. 5. Компонвка КУ со встроенными служебно-бытовыми помещениями

1—котел; 2 — экономайзер; 3 — дымосос; 4—питательные насосы; 5—сетевые насосы-6 — подпиточные насосы; 7—деаэратор; 8— борова; 9—14 — оборудование водоподготовки; 15 — хозяйственные насосы; 16—сепаратор; 17—щиты управления.

Проектирование и сооружение котельных необходимо выполнять в соответствии с действующими правилами ненормативными документами Пожароопасные помещения, здания и сооружения котельной должны быть изготовлены из негоряемых материалов. Категории отдельных частей здания котельной, вспомогательных сооружений, помещений и требуемые свойства материалов для них регламентированы. При выборе материалов и конструкций элементов зданий котельных должны быть учтены требования Правил [1, 2, 18] и других соответствующих СНиП и Правил, включая электротехнические.

Климов Геннадий Матвеевич

Климов Михаил Геннадьевич

Объемно-планировочные решения и вентиляция котельной установки
Методическая разработка для студентов очной и заочной формы обучения специальностей
140104.65 Промышленная теплоэнергетика, 270109.65 Теплогазоснабжение и вентиляция.

Подписано к печати..... Формат 60×90 1/8. Бумага газетная. Печать офсетная.

Уч. изд. л..... Усл. печ. л. Тираж 300 экз. Заказ №.....

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования «Нижегородский государственный архитектурно-
строительный университет» (ННГАСУ)

Полиграфцентр ННГАСУ, 603950, Ниж. Новгород, Ильинская, 65