МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР
ГЛАВНОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГОСИСТЕМ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО КОНСЕРВАЦИИ ПАРОТУРБИННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ТЭС И АЭС ПОДОГРЕТЫМ ВОЗДУХОМ

МУ 34-70-078-84

СПО
СОЮЗТЕХЭНЕРГО
Москва 1984

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР

ГЛАВНОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГОСИСТЕМ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО КОНСЕРВАЦИИ ПАРОТУРБИННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ТЭС И АЭС ПОДОГРЕТЫМ ВОЗДУХОМ

МУ 34-70-078-84

СЛУЖБА ПЕРЕДОВОГО ОПЫТА И ИНФОРМАЦИИ СОЮЗТЕХЭНЕРГО

Москва 1984

Р А З Р А Б О Т А Н О Московским головным предприятием ПО "Союзтехэнерго"

И С П О Л Н И Т Е Л Ь Е.Н.ПОМИРЧИЙ

У Т В Е Р Ж Д Е Н О Главным техническим управлением по эксплуатации энергосистем 02.08.84 г.

Заместитель начальника Д.Я.ШАМАРАКОВ

© СПО Союзтехэнерго, 1984.

УДК 621.165-185.5.001.43 Д65.016.8

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО КОНСЕРВАЦИИ ПАРОТУРБИННОГО
ОБОРУДОВАНИЯ ТЭС И АЭС
ПОДОГРЕТЫМ ВОЗДУХОМ

МУ 34-70-078-84

Срок действия установлен
с 01.01.85 г.
до 01.01.95 г.

В целях предотвращения стояночной коррозии предлагается производить консервацию внутренних полостей оборудования турбоустановок подогретым воздухом. Этот метод консервации выбран как достаточно эффективный, наиболее простой и малозатратный способ предохранения оборудования от коррозионных повреждений.

Все турбоустановки, регулярно выводимые в резерв на сроки 7 сут и более, должны быть оснащены стационарными системами консервации.

В случаях длительного (более 1 мес) останова турбины без ее вскрытия (ремонт или реконструкция котла, генератора, главного трансформатора и т.п.) турбоустановка может оснащаться временной системой консервации.

Методические указания предназначены для использования инженерно-техническим персоналом электростанций при организации консервации паровых турбин любой мощности и типа. Методические указания позволяют провести выбор оборудования и расчет режима, а также спроектировать и реализовать консервационную установку в условиях действующей электростанции. Методические указания могут быть также использованы заводами-изготовителями турбинного оборудования и проектными организациями при решении подобных задач для вновь проектируемых электростанций.

Конструкторские бюро и отделы ПЭО и РЭУ должны оказывать техническую помощь действующим электростанциям при проектировании систем консервации турбоустановок.

При подготовке настоящих Методических указаний использованы работы Донтехэнерго, Средазтехэнерго и Сибтехэнерго.

I. ВВЕДЕНИЕ

I.I. При длительных простоях оборудования ТЭС и АЭС возникает необходимость защиты деталей энергетического оборудования от коррозии. Особую важность приобретает защита от коррозии деталей турбинного оборудования, для которого очаги коррозии могут служить концентраторами высоких динамических напряжений, возникающих в процессе работы. Это соображение касается как вращающихся деталей (рабочих лопаток, дисков, втулок и т.п.), так и статорных элементов (диафрагм, обойм, сопловых лопаток и т.д.). Первостепенное значение защита от коррозии приобретает при условии наличия на поверхности металла коррозионно-активных отложений, имеющих повышенную активность при увлажнении. Повышенная влажность среды способствует развитию коррозии и при отсутствии отложений.

I.2. Возможные методы защиты от коррозии могут быть направлены на:

- предотвращение контакта металла с кислородом воздуха;
- подавление коррозии с помощью химических средств (ингибиторов);
- снижение влажности воздуха ниже 40%.

Обязательным для всех трех методов защиты от коррозии является полное дренирование подлежащего консервации оборудования и трубопроводов в процессе подготовки к консервации.

I.3. Предотвращение контакта металла с кислородом воздуха может быть достигнуто путем заполнения внутреннего пространства консервируемого оборудования нейтральным газом, например азотом, который может подаваться от балонной рампы. Во всем консервируемом объеме должно поддерживаться избыточное давление инертного газа, предотвращающее попадание наружного воздуха. Такой способ консервации достаточно надежен, однако трудность консервации азотом паротурбинного оборудования связана с наличием большого числа мест возможных утечек азота и со сложностью уплотнения этих мест. Необходимость уплотнения консервируемых систем приводит к

существенному увеличению объема работ при вводе в консервацию и при выводе из нее.

I.4. Подавление коррозии с помощью химических средств обеспечивается при продувке консервируемого оборудования горячим воздухом, содержащим пары летучих ингибиторов атмосферной коррозии. Охлаждение воздуха при соприкосновении с поверхностью металла приводит к осаждению кристаллов ингибитора на поверхности металла. Защитными свойствами обладает не только тонкий слой ингибитора, но и сам воздух, заполняющий консервируемый объем и содержащий пары ингибитора. В настоящее время разработаны ингибиторы, имеющие низкую температуру возгонки и не требующие поэтому предварительного подогрева воздуха. Сложность применения этого способа консервации определяется тем, что во избежание попадания ингибитора в атмосферу машзала требуется уплотнение консервируемого объема, приводящее к образованию невентилируемых полостей и к неравномерному распределению ингибитора по поверхности металла. Последнее особенно опасно, поскольку вызывает усиленную локальную коррозию.

Кроме того, известные ингибиторы НДА и КЦА имеют избирательный спектр защитного воздействия и не только не защищают, но и оказывают окислительное действие на медь и ее сплавы, что ограничивает возможности их применения.

I.5. Снижение влажности воздуха может быть достигнуто несколькими способами. Известны способы статической и динамической осушки воздуха. В первом случае осушка воздуха в полостях консервируемого оборудования осуществляется с помощью влагопоглотителей (хлористого кальция, негашеной извести, силикагеля и т.п.), размещаемых на специальных поддонах внутри оборудования. Способ прост в исполнении, но требует периодических вскрытий оборудования для замены влагопоглотителя, а также применения различных устройств для его регенерации. При динамической осушке воздуха в полости консервируемого оборудования постоянно нагнетается атмосферный воздух, прошедший предварительную осушку в воздухоосушительной установке, которая может представлять собой либо кассеты с влагопоглотителем, либо устройство, использующее принцип вымораживания влаги. Схемы динамической осушки могут выполняться как замкнутыми, так и разомкнутыми. К недостаткам

указанных способов осушки воздуха следует отнести необходимость применения химических влагопоглотителей, требующих регулярной замены или регенерации, что заметно увеличивает трудоемкость обслуживания консервационной установки.

I.6. Поскольку при снижении влажности воздуха можно ограничиться задачей уменьшения относительного содержания влаги в воздухе, появляется возможность добиться этого путем нагревания воздуха до некоторой температуры. Значение величины нагрева и полученная относительная влажность воздуха определяются, с одной стороны, исходными параметрами (температурой и влажностью) воздуха в точке забора; с другой стороны, подогрев воздуха должен обеспечить поддержание определенной относительной влажности в полостях консервируемого оборудования.

Применение такого способа, хотя и сопряжено с некоторыми энергетическими затратами, позволяет добиться консервации теплоэнергетического оборудования, изготовленного из различных материалов, без применения химических реагентов и при минимальных затратах на обслуживание. Консервационная установка может быть выполнена как стационарной, так и транспортабельной в пределах машзала, исходя из условий электростанции.

К другим преимуществам этого способа следует отнести простоту операций по вводу оборудования в консервацию и выводу из нее.

Настоящие Методические указания рассчитаны на применение указанного метода как одного из наиболее простых и доступных в эксплуатационной практике.

2. РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСЕРВАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ

2.I. Определение исходных величин

2.I.I. В состав оборудования, предназначенного для обеспечения сухой консервации подогретым воздухом, входят вентиляционная и калориферная установки и система воздухопроводов. Для выбора оборудования консервационной установки необходимо определить состав консервируемого оборудования. В состав консервируемого оборудования, помимо собственно турбины с конденсатором и неотклю-

чаемыми подогревателями, могут входить подогреватели высокого и низкого давления, сетевые подогреватели и другие теплообменники, соединенные с внутренним объемом турбины. При этом следует учитывать возможность принудительного подъема КОС, в противном случае следует предусматривать либо подвод воздуха в трубопровод между КОС и подогревателем, либо разборку и выемку запорного органа КОС. Необходимо иметь в виду, что консервация паровой стороны подогревателей с недренируемым (например, U -образным) трубным пучком требует существенно большего времени стабилизации (см.п.3.I.6), чем остальной объем турбоустановки. Во всех случаях необходимо предусмотреть выпуск воздуха в конце консервируемых участков для обеспечения постоянной вентиляции консервируемого оборудования. Для выпуска воздуха могут использоваться штатные дренажи, открывающиеся в воронку, воздушники, линии опорожнения или специально устанавливаемые вентиляционные штуцера диаметром 40-50 мм с запорной арматурой. Количество и расположение таких линий для выпуска воздуха определяется конкретной схемой турбоустановки и составом консервируемого оборудования. Вентиляция проточной части турбины обеспечивается выпуском воздуха через концевые уплотнения и через вентиляционные штуцера на трубопроводах свежего пара, холодного и горячего промперегрева и через трубопроводы отсоса воздуха из конденсатора. При установке специальных вентиляционных штуцеров необходимо обратить внимание на то, чтобы материал и прочность штуцера и арматуры соответствовали рабочим параметрам в месте установки штуцера.

2.I.2. Для мест подвода воздуха к консервируемой турбине следует выбирать трубопроводы регенеративных отборов на участках между собственно турбиной и обратными клапанами или перепускные трубы между отдельными цилиндрами турбины. При этом необходимо стремиться к тому, чтобы был обеспечен относительно равномерный подвод воздуха ко всем цилиндрам турбины. В выбранных местах следует предусмотреть установку впускных штуцеров, рассчитанных на рабочие параметры в соответствующих отборах. Сечения впускных штуцеров уточняются при расчете системы воздуховодов. На время нормальной работы турбоустановки впускные штуцера должны быть закрыты заглушками, для этой цели необходимо снабдить штуцера стандартными фланцами.

2.I.3. Исходя из соображений о необходимости вентиляции консервируемого объема, составляется схема консервации с указанием мест установки и сечений (условных диаметров) всех вентиляционных штуцеров, включая используемые в этом качестве дренажи, воздушники и линии опорожнения. На схеме консервации следует указать места установки впускных штуцеров для оценки основных направлений движения воздуха. Пример такой схемы применительно к турбине К-300-240 ЛМЗ показан на рис. I. Суммарное сечение вентиляционных штуцеров, включая концевые уплотнения турбины, определяется по формуле, м^2:

$$\Sigma f = \frac{\pi}{4} \sum_{i=1}^{i=n} d_i^2 + \pi \sum_{j=1}^{j=m} D_j \delta_j ,$$

где d_i - диаметр вентиляционного штуцера, м;
n - число вентиляционных штуцеров;
D_j - диаметр вала турбин в зоне концевого уплотнения, м;
δ_j - средний радиальный зазор (по формуляру) в концевом уплотнении, м;
m - число концевых уплотнений.

2.I.4. Поскольку при таком расчете не учитываются сечения неорганизованных утечек воздуха через сальники и зазоры штоков арматуры и неплотности вакуумной системы, производительность вентилятора определяется с соответствующим запасом, учтенным в формуле, м^3/ч:

$$L = 16 \cdot 10^3 \Sigma f \sqrt{\Delta p} ,$$

где Σf - суммарное сечение для выхода воздуха, м^2;
Δp - перепад давлений между полостями консервируемого оборудования и окружающим воздухом, выбираемый в пределах 0,6-I,0 кПа.

2.I.5. Определяют потребную температуру воздуха за нагревателем t_2, исходя из необходимости обеспечения расчетной влажности в полостях консервируемого оборудования, по графику рис. 2. График построен, исходя из предельного случая, когда относительная влажность окружающего воздуха φ_I = 100% (при температуре окружающего воздуха t_I). В качестве расчетной температуры окружающего воздуха t_I принимают максимальную ожидаемую температуру воздуха в период консервации.

На рис. 2 приведены также значения относительной влажности воздуха на входе в консервируемое оборудование φ_2, удельной

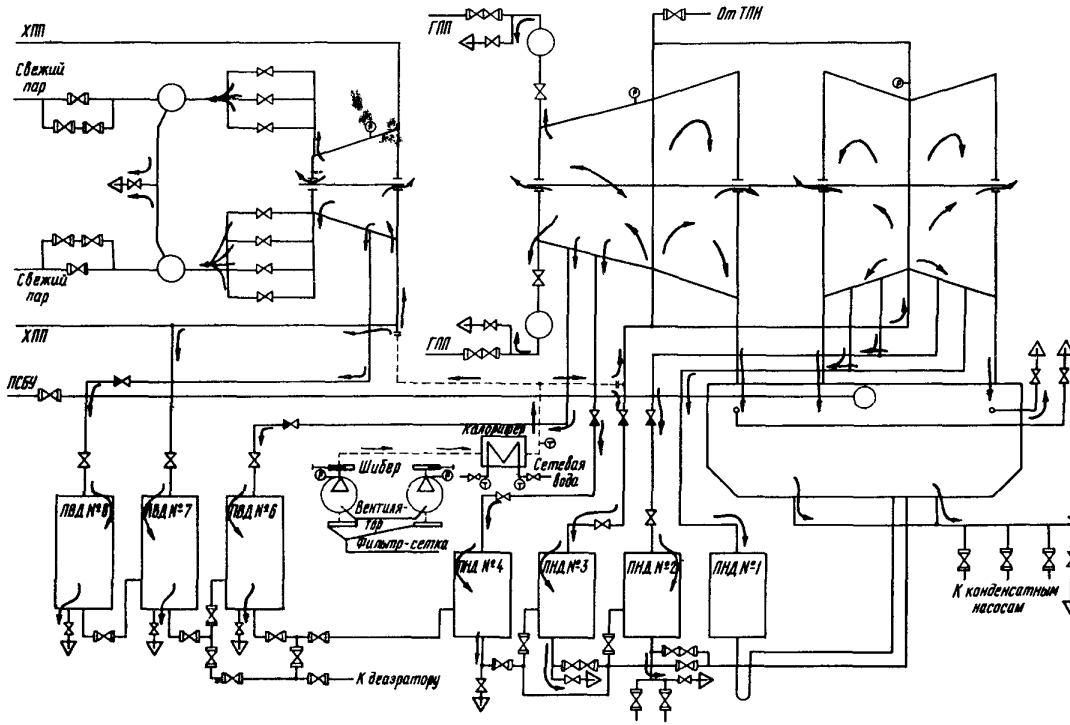


Рис. I. Схема консервации турбоустановки К-300-240 ЛМЗ:

- вентиляционный штуцер; - закрытая арматура; - впускной штуцер; - - - - - воздуховоды; - холодный воздух; - горячий воздух; Ⓟ Ⓣ - точки измерения

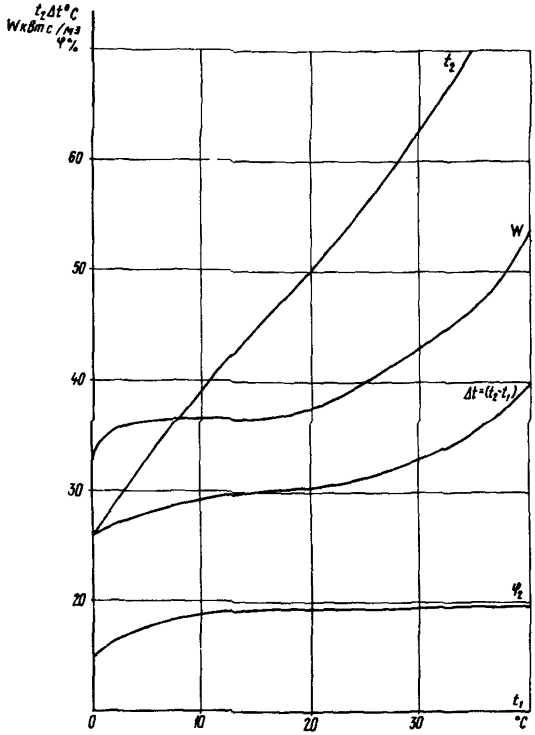


Рис. 2. Зависимость температуры горячего воздуха t_2, нагрева Δt, удельной мощности калорифера W и влажности φ_2 от t_1 при φ_1 = 100%

мощности калорифера q (кВт·с/м³) и нагрева воздуха $\Delta t = t_2 - t_1$

2.1.6. На основе полученных исходных данных производится выбор калориферов, вентиляторов, расчет и проектирование воздуховодов и консервационной установки.

2.2. Выбор калориферов

2.2.1. Для подогрева воздуха могут быть использованы как обычные сантехнические калориферы, так и электрические нагреватели. В последнем случае необходимо предусмотреть секционирова-

ние воздухоподогревателя, позволяющее регулировать в определенных пределах температуру воздуха t_2 за подогревателем в зависимости от температуры наружного воздуха. С точки зрения качества регулирования температуры воздуха следует отдать предпочтение применению для нагрева воздуха сантехнических калориферов, использующих в качестве теплоносителя пар или горячую воду.

2.2.2. Калориферные установки необходимо выбирать, составляя их из минимального числа калориферов с устройствами, обеспечивающими регулирование производительности по теплу. Это достигается установкой воздушных клапанов на обводных каналах калориферов и проходных клапанов на трубопроводах теплоносителя. В больших установках должна предусматриваться возможность независимого регулирования, отключения и опорожнения отдельных калориферов, рядов или групп калориферов.

2.2.3. Площадь поверхности калориферов рекомендуется принимать с запасом 10-20%. Наиболее часто применяются стальные пластинчатые многоходовые калориферы средней и большой моделей (КВС-П и КВБ-П) и биметаллические калориферы с накатным оребрением типа КСк-3 и КСк-4-рядные . Калориферы рассчитаны на теплоноситель с максимальной температурой 150°С и рабочее давление 1,2 МПа. Устанавливаются с горизонтальным расположением теплоотдающих трубок и патрубков. Съемные боковые щитки позволяют образовывать сплошную поверхность нагрева.

2.2.4. Технические данные калориферов приведены в табл.1.

2.2.5. Для подбора калориферной установки используют следующие исходные данные: расход нагреваемого воздуха (L м³/ч); начальную и конечную температуру воздуха (t_1 и t_2 °С); температуру воды в подающем и обратном трубопроводах ($t_г$ и $t_о$ °С).

2.2.6. Определяют расход тепла на нагрев воздуха по формуле, Вт

$$Q = 0{,}287 L \rho (t_2 - t_1),$$

где ρ - плотность воздуха, $\rho \approx 1{,}23$ кг/м³.

2.2.7. Определяют ориентировочную площадь живого сечения калориферной установки по воздуху по формуле, м²

$$f'_ж = L / 3600 v ,$$

Таблица I

Модель и номер калорифера	Площадь поверхности нагрева, $F_д$ м^2	Площадь живого сечения, м^2		Число ходов по теплоносителю	Габаритные размеры, мм			Условный диаметр патрубка теплоносителя, мм	Масса, кг
		по воздуху $f_ж$	по теплоносителю $f_{тр}$		длина	высота	ширина		
Стальные пластинчатые многоходовые модели КВС-П									
КВС-I-П	8,55	0,I045775			530				43,9
КВС-2-П	I0,62	0,I29242			655				5I,0
КВС-3-П	I2,7	0,I53906	0,0008686	4	780	378	I80	32	58,2
КВС-4-П	I4,67	0,I7857I	(среднее		905				65,2
КВС-5-П	I8,8I	0,2279	значение)		II55				79,5
КВС-6-П	II,4	0,I39I6			530				56,2
КВС-7-П	I4,I6	0,I7I98			655				65,6
КВС-8-П	I6,92	0,2048	0,00II59	4	780	503	I80	32	74,8
КВС-9-П	I9,56	0,237622			905				83,8
КВС-I0-П	25,08	0,30325			II55				I02,2
КВС-II-П	72	0,8665	0,002316	4	I655	II03	I80	50	262,6
КВС-I2-П	I08	I,29845	0,003474			I503			389,9

Стальные пластинчатые многоходовые
модели КВБ-П

КВБ-I-П	II,38	0,I045775			530				56,4
КВБ-2-П	I4,2I	0,I29242			655				66,0
КВБ-3-П	I6,86	0,I53906	0,00II59	4	780	378	220	32	75,6
КВБ-4-П	I9,48	0,I7857I	(среднее		905				84,7
КВБ-5-П	25	0,2279	значение)		II55				I03,6
КВБ-6-П	I5,4	0,I39I6			530				72,7
КВБ-7-П	I8,8I	0,I7I98			655				84,0
КВБ-8-П	22,4I	0,2048	0,00I544	4	780	503	220	32	96,6
КВБ-9-П	26	0,237622			905				I09,I
КВБ-I0-П	33,34	0,30325			II55				I33,7
КВБ-II-П	95,63	0,8665	0,003089	4	I655	I003	220	50	35I,0
КВБ-I2-П	I43,5	I,29845	0,004632		I655	I503		70	5I8,3

Биметаллические с накатным оребрением
КСк-3

КСк-3-6-0I	I0,85	0,III			538				39,9
КСк-3-7-0I	I3,37	0,I37			663				46,I
КСк-3-8-0I	I5,89	0,I63	0,00085	6	788	503	I80	25	52,8
КСк-3-9-0I	I8,4I	0,I89			8I3				59,2
КСк-3-I0-0I	23,45	0,24			II62				74,2

Окончание таблицы I

Модель и номер калорифера	Площадь поверхности нагрева, $F_д$ м²	Площадь живого сечения, м²		Число ходов по теплоносителю	Габаритные размеры, мм			Условный диаметр патрубка теплоносителя, мм	Масса, кг
		по воздуху $f_ж$	по теплоносителю $f_{тр}$		длина	высота	ширина		
КСк-3-II-0I	68,0I	0,685	0,00I29	8	II63	I003	I80	40	I83,7
КСк-3-I2-0I	I02,5	I,027	0,00I94			I503		50	266,3
Биметаллические с накатным оребрением КСк-4									
КСк-4-6-0I	I4,26	0,III	0,00III	6	538	503	I80	25	4I,2
КСк-4-7-0I	I7,57	0,I37			663				48
КСк-4-8-0I	20,88	0,I63			788				54,7
КСк-4-9-0I	24,I9	0,I89			9I3				68,5
КСк-4-I0-0I	30,82	0,24			II63				8I,9
КСк-4-II-0I	90,04	0,685	0,00I7I	8	I663	I003	I80	40	220,5
КСк-4-I2-0I	I36,02	I,027	0,00258			I503			340,6

Примечание. Габаритные размеры калориферов даны по грани теплоотдающей поверхности.

где v - скорость воздуха в калорифере, принимаемая в пределах 2,5-8 м/с.

2.2.8. По ориентировочному значению живого сечения по воздуху по табл. I подбирают тип и количество калориферов, устанавливаемых параллельно по воздуху. Калориферы в установке должны быть одного типа и номера, а количество их - минимальным.

2.2.9. Для принятых калориферов в соответствии с табл. I определяют действительное значение живого сечения калориферов по воздуху $f_ж$ и действительную площадь поверхности нагрева калориферов $F_д$.

2.2.I0. Определяют действительную скорость воздуха в живом сечении калориферов по формуле, м/с

$$v = L/3600 f_ж m,$$

где m - количество калориферов, устанавливаемых параллельно по воздуху.

2.2.II. Принимают способ соединения калориферов по воде и определяют количество воды, проходящей через каждый калорифер, по формуле, м³/ч

$$W = \frac{0,86 \cdot Q}{950(t_г - t_д)n},$$

где n - количество калориферов, соединяемых параллельно по воде.

2.2.I2. Определяют скорость воды в трубках калориферов по формуле, м/с

$$w = W/3600 f_{тр},$$

где $f_{тр}$ - площадь живого сечения трубок для прохода воды, принимаемая по табл. I, м².

2.2.I3. Определяют коэффициент теплопередачи калориферов по формулам табл. 2 или номограммам справочных пособий.

Таблица 2

Тип калорифера	Коэффициент теплопередачи К, Вт/(м^2·К)	Сопротивление проходу воздуха p_a, Па	Сопротивление проходу воды p_ω, кПа
КВС-П	$K=20{,}86(v\rho)^{0,32} \times \omega^{0,132}$	$p_a = 2{,}2(v\rho)^{1,62}$	$p_\omega=2{,}6\cdot10^5 \times \frac{c^{0,8}\,D^{1,85}}{d_y^4}$
КВБ-П	$K=19{,}77(v\rho)^{0,32} \times \omega^{0,13}$	$p_a = 2{,}8(v\rho)^{1,65}$	
КСк-3	$K=19{,}31(v\rho)^{0,455} \times \omega^{0,14}$	$p_a = 1{,}61(v\rho)^{1,71}$	$p_\omega = b\omega^2$
КСк-4	$K=15{,}96(v\rho)^{0,515} \times \omega^{0,17}$	$p_a = 1{,}92(v\rho)^{1,73}$	

Примечание. $v\rho$ – массовая скорость воздуха в живом сечении калориферной установки, кг/(м^2·с);

ω – скорость воды в трубках, м/с;
c – число ходов по теплоносителю;
D – расход воды через калорифер, м^3/ч;
d_y – условный диаметр присоединительных патрубков, мм;
b – коэффициент, зависящий от конструктивных особенностей воздуного тракта (табл.3).

Таблица 3

Тип калорифера	Номер	b	Тип калорифера	Номер	b
КСк-3	6	13,6	КСк-4	6	17
	7	14,8		7	18,2
	8	16,0		8	19,4
	9	17,2		9	20,6
	10	19,6		10	23,0
	11	34,8		11	36,8
	12	48,8		12	51,2

2.2.14. Определяют требуемую площадь поверхности нагрева калориферной установки по формуле, $м^2$

$$F_{треб} = \frac{Q}{K\left(\frac{t_г + t_в}{2} - \frac{t_2 + t_1}{2}\right)}$$

2.2.15. Определяют запас площади поверхности нагрева

$$\frac{F_д - F_{треб}}{F_{треб}} \cdot 100\%,$$

при этом должно выполняться условие

$$1{,}1\ F_{треб} \leqslant F_д \leqslant 1{,}2\ F_{треб}$$

Если данное условие не выполняется, меняют номер калорифера или его модель и расчет повторяют, начиная с п.2.2.8.

2.2.16. Определяют аэродинамическое сопротивление калориферной установки (сопротивление проходу воздуха) по формулам табл.2, путем умножения сопротивления одного калорифера на количество калориферов, установленных последовательно по воздуху.

2.2.17. В целях определения возможности подключения выбранных калориферов к существующему коллектору сетевой воды или распределительной линии машзала по формулам табл. 2 или по номограммам справочных пособий определяют сопротивление при проходе воды через калориферы. При этом, исходя из диаметров трубопроводов обвязки калориферов и трубопроводов подключения калориферной установки к тепловому вводу, следует оценить также общее сопротивление всей системы по сетевой воде. Это сопротивление не должно превышать разности давлений прямой и обратной сетевой воды.

2.3. Расчет воздуховодов

2.3.1. Для определения суммарного давления вентилятора, обеспечивающего расчетный расход воздуха по всем участкам сети воздуховодов, производят аэродинамический расчет сети. Поскольку задачей консервационной установки является поддержание выбранного избыточного давления в цилиндрах турбины, расчет воздуховодов производится на участке от стороны всасывания вентилятора

до входа трубопроводов отборов, через которые выполняется подвод воздуха, в цилиндры.

2.3.2. В соответствии с местными условиями конкретной установки выбирается место установки вентиляторов и трассировка воздуховодов. При этом следует стремиться к минимальной длине воздуховодов, а для установки вентиляторов выбирать место с наименьшим содержанием пыли в воздухе.

2.3.3. Трассировка воздуховодов должна обеспечить подвод воздуха к цилиндрам турбины (см. п. 2.1.2), пропорциональный соответствующим суммарным сечениям вентиляционных штуцеров. Проектируемая трассировка изображается на схеме, где указываются длины отдельных участков, расходы воздуха, гибы, переходы и т.п. Пример такой схемы показан на рис. 3.

2.3.4. Потери давления на каждом участке воздуховодов определяют по формуле, Па

$$\Delta p = \left(\frac{\lambda}{d}\ell + \Sigma\xi\right)\frac{v^2}{2}\rho ,$$

где λ - коэффициент гидравлического трения;

d - внутренний диаметр расчетного участка, м.

Для прямоугольных воздуховодов в расчет принимают эквивалентный диаметр, определяемый по формуле:

$$d_э = 2ab/(a+b),$$

где a и b - стороны прямоугольного воздуховода;

ℓ - длина расчетного участка, м;

$\Sigma\xi$ - сумма коэффициентов местных сопротивлений на участке;

v - скорость движения воздуха, м/с;

ρ - плотность воздуха, кг/м^3.

2.3.5. Аэродинамический расчет сети воздуховодов производят в такой последовательности:

2.3.5.1. Определяют, что считать магистралью и что ответвлением (магистралью считается самый длинный воздуховод напорной сети вентилятора).

2.3.5.2. Сеть разбивают на участки с постоянным сечением воздуховода в пределах каждого участка. Для каждого участка определяют его длину и количество перемещаемого воздуха.

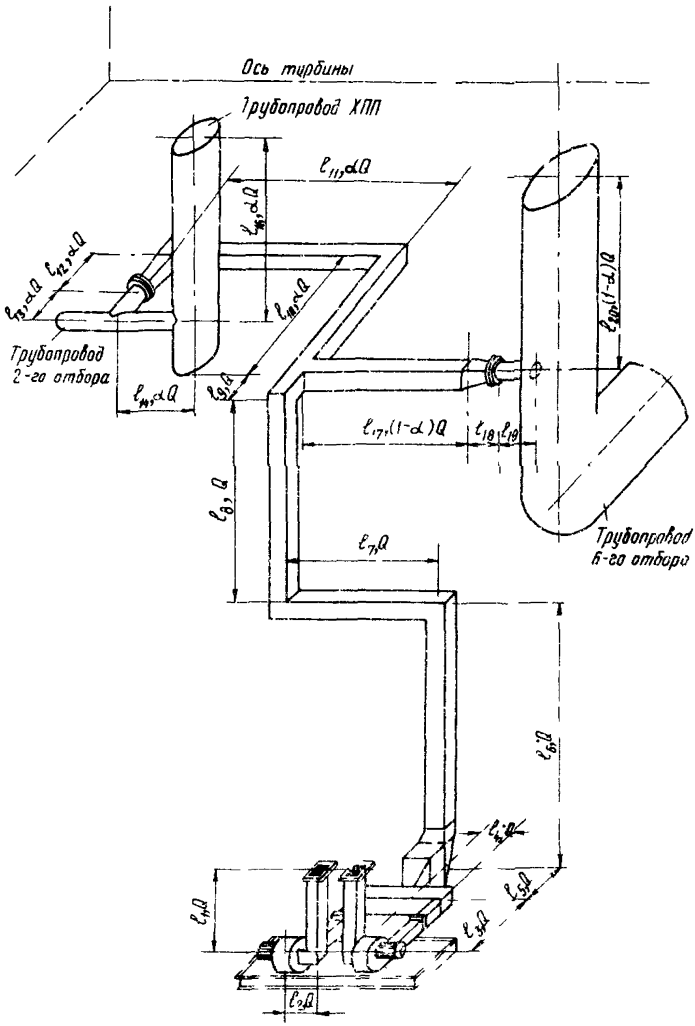


Рис. 3. Схема трассировки воздуховодов концентрационной установки турбины Х-300-240 (величина α определяется из расчета утечек $\alpha = Q_{ут\ цвд}(\Sigma/Q_{ут})$)

2.3.5.3. Принимают ориентировочно значение скорости воздуха в воздуховоде; определяют значение удельного расхода воздуха в воздуховоде, равное расходу воздуха при скорости I м/с, по формуле $с \cdot м^2/ч$

$$д_v = L/V = 3600F,$$

где F - площадь поперечного сечения воздуховода, $м^2$. Рекомендуемые значения скоростей воздуха на магистрали не должны превышать 8 м/с, на ответвлении - 6 м/с.

2.3.5.4. Исходя из конструктивных и других соображений, принимают сечение (диаметр) воздуховода, имеющего ближайшее (большее или меньшее) значение (табл. 4 или 5) и вычисляют фактическую скорость воздуха, м/с

$$V = L/д_v,$$

где $д_v$ - удельный расход воздуха, соответствующий выбранному сечению воздуховода.

2.3.5.5. По выбранным размерам воздуховода определяют значение $Л_1/d$ и поправку на скорость воздуха К (табл.6).

Таблица 4

Диаметр, мм	$д_v$ $с \cdot м^2/ч$	$Л_1/d_1$ $м^{-1}$	Площадь сечения F, $м^2$	Площадь поверхности I м длины, $м^2$
I00	28,44	0,3578	0,0079	0,3I4
II0	34,2I	0,3I76	0,0095	0,345
I25	44,26	0,2707	0,0I23	0,392
I40	55,44	0,2350	0,0I54	0,440
I60	72,0	0,I989	0,020	0,502
I80	9I,8	0,I7I6	0,0255	0,566
200	II3,04	0,I504	0,03I4	0,628
225	I44,0	0,I299	0,040	0,706
250	I76,4	0,II38	0,049	0,785
280	22I,4	0,0988	0,06I5	0,879
3I5	280,8	0,08527	0,078	0,989
355	356,4	0,07344	0,099	I,II5
400	453,6	0,06326	0,I26	I,26
450	572,4	0,0546	0,I59	I,4I

Окончание таблицы 4

Диаметр, мм	∂_v с·м²/ч	λ_1/d_1 м⁻¹	Площадь сечения F, м²	Площадь поверхности 1 м длины, м²
500	705,6	0,04786	0,196	1,57
560	885,6	0,04154	0,246	1,76
630	1123,2	0,03585	0,312	1,98
710	1425,0	0,03088	0,396	2,23
800	1803,6	0,0266	0,501	2,51
900	2286	0,02296	0,635	2,83
1000	2826	0,02012	0,785	3,14
1120	3546	0,01746	0,985	3,52
1250	4428	0,01522	1,23	3,96
1400	5544	0,01321	1,54	4,40

Таблица 5

Размеры сторон, мм	∂_v с·м²/ч	$d_э$ мм	λ_1/d_1 м⁻¹	Площадь сечения воздуховода F, м²	Площадь поверхности 1 м длины, м²
100x150	54	120	0,2849	0,015	0,5
100x200	72	133	0,2505	0,02	0,6
100x250	90	143	0,2288	0,025	0,7
150x150	81	150	0,2156	0,0255	0,6
150x200	108	171	0,183	0,03	0,7
150x250	136,8	188	0,1626	0,038	0,8
200x200	144	200	0,1504	0,04	0,8
200x250	180	222	0,1321	0,05	0,9
200x300	216	243	0,1179	0,06	1,0
200x400	288	267	0,1048	0,08	1,2
200x500	360	286	0,0962	0,1	1,4
250x250	225	250	0,1138	0,0625	1,0
250x300	270	273	0,102	0,075	1,1
250x400	360	308	0,0877	0,1	1,3
250x500	450	333	0,0796	0,125	1,5
250x600	540	353	0,074	0,15	1,7

Окончание таблицы 5

Размеры сторон, мм	ϑ_v с·м²/ч	$d_э$ мм	λ_1/d_1 м⁻¹	Площадь сечения воздуховода F, м²	Площадь поверхности 1м длины, м²
250x800	720	381	0,0672	0,2	2,1
300x300	324	300	0,0906	0,09	1,2
300x400	432	343	0,0767	0,12	1,4
300x500	540	375	0,0686	0,15	1,6
300x600	648	400	0,0633	0,18	1,8
300x800	864	436	0,0568	0,24	2,2
300x1000	1080	462	0,0528	0,3	2,6
400x400	576	400	0,0633	0,16	1,6
400x500	720	444	0,0555	0,2	1,8
400x600	864	480	0,0504	0,24	2,0
400x800	1152	533	0,0442	0,32	2,4
400x1000	1440	571	0,0405	0,4	2,8
400x1200	1728	600	0,0381	0,48	3,2
500x500	900	500	0,479	0,25	2,0
500x600	1080	545	0,043	0,3	2,2
500x800	1440	615	0,0369	0,4	2,6
500x1000	1800	667	0,0334	0,5	3,0
500x1200	2160	706	0,0311	0,6	3,4
500x1600	2880	762	0,0283	0,8	4,2
500x2000	3600	800	0,0266	1,0	5,0
600x600	1296	600	0,0381	0,36	2,4
600x800	1728	686	0,0322	0,48	2,8
600x1000	2160	750	0,0288	0,6	3,2
600x1200	2592	800	0,0266	0,72	3,6
600x1600	3456	873	0,0238	0,96	4,4
600x2000	4320	923	0,0222	1,2	5,2
800x800	2304	800	0,0266	0,64	3,2
800x1000	2880	889	0,0233	0,8	3,6
800x1200	3456	960	0,0212	0,96	4,0
800x1600	4608	1067	0,0186	1,28	4,8
800x2000	5760	1143	0,017	1,6	5,6
1000x1000	3600	1000	0,0201	1	4

Таблица 6

м/с	0	0,I	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0	-	I,7782	I,4953	I,35II	I,2574	I,I89I	I,I362	I,0932	I,0573	I,0266
I	I	0,9764	0,9554	0,9365	0,9I93	0,9036	0,889I	0,8757	0,8633	0,85I7
2	0,8409	0,8307	0,82II	0,8I20	0,8034	0,7952	0,7873	0,780I	0,7730	0,7663
3	0,7598	0,7536	0,7477	0,74I9	0,7364	0,73II	0,7260	0,72I0	0,7I62	0,7II6
4	0,707I	0,7028	0,6985	0,6944	0,6905	0,6866	0,6828	0,6792	0,6756	0,672I
5	0,6688	0,6655	0,6622	0,659I	0,6560	0,6530	0,650I	0,6472	0,6444	0,64I7
6	0,6390	0,6363	0,6338	0,63I2	0,6287	0,6263	0,6239	0,62I6	0,6I93	0,6I70
7	0,6I48	0,6I27	0,6I05	0,6084	0,6064	0,6043	0,6023	0,6004	0,5984	0,5965
8	0,5947	0,5928	0,59I0	0,5892	0,5875	0,5857	0,5840	0,5823	0,5807	0,5790
9	0,5774	0,5758	0,5745	0,5727	0,57I2	0,5697	0,5682	0,5667	0,5653	0,5638
I0	0,5624	0,56I0	0,5596	0,5583	0,5569	0,5556	0,5543	0,5530	0,55I7	0,5504
II	0,5492	0,5479	0,5467	0,5455	0,5443	0,543I	0,54I9	0,5408	0,5396	0,5385
I2	0,5374	0,5363	0,5352	0,534I	0,5330	0,53I9	0,5309	0,5298	0,5288	0,5278
I3	0,5267	0,5257	0,5247	0,5238	0,5228	0,52I8	0,5208	0,5I99	0,5I89	0,5I80
I4	0,5I7I	0,5I62	0,5I53	0,5I44	0,5I35	0,5I26	0,5II7	0,5I08	0,5I00	0,509I
I5	0,5083	0,5074	0,5066	0,5058	0,5049	0,504I	0,5033	0,5025	0,50I7	0,5009
I6	0,500I	0,4994	0,4986	0,4978	0,497I	0,4963	0,4956	0,4948	0,494I	0,4933
I7	0,4926	0,49I9	0,49I2	0,4905	0,4898	0,489I	0,4884	0,4877	0,4870	0,4863
I8	0,4856	0,4850	0,4843	0,4836	0,4830	0,4823	0,48I7	0,48I0	0,4804	0,4798
I9	0,479I	0,4785	0,4779	0,4773	0,4767	0,4760	0,4754	0,4748	0,4742	0,4736

2.3.5.6. Поправка K_Δ на эквивалентную шероховатость $K_э$ для воздуховодов из металла, винипласта, асбоцементных плит или труб при $K_э$=0,I мм может быть принята K_Δ = I,0.

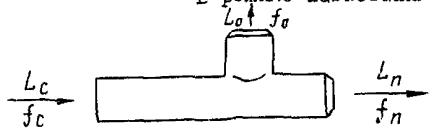
2.3.5.7. Определяют значение λ/d :

$$\lambda/d = \lambda_1/d\, K_v K_\Delta .$$

2.3.5.8. Определяют коэффициенты местных сопротивлений и их сумму на рассчитываемом участке (табл. 7-I3).

Таблица 7

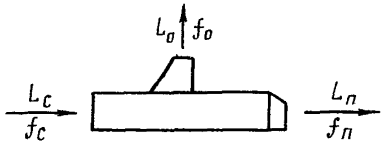
Коэффициенты сопротивления тройников круглого сечения в режиме нагнетания



L_o/L_c	ξ_n при f_n/f_c				ξ_o при f_o/f_c					
	I,0	0,8	0,65	0,5	0,65	0,5	0,4	0,3	0,25	0,2
0,0I	0,I8	0,2	0,2	0,2	-	-	-	863	594	375
0,05	0,2	0,25	0,3	0,3	I53	88,5	55	29,5	I9,8	I2
0,I	0,I5	0,2	0,3	0,3	4I,4	I9,8	I2	6,2	4,I	2,5
0,2	0,I5	0,2	0,25	0,3	7,5	4,I	2,5	I,3	0,95	0,7
0,3	0,I5	0,2	0,25	0,3	3,0	I,7	I,I	0,7	0,6	0,55
0,4	0,2	0,25	0,3	0,3	I,6	0,9	0,75	0,6	0,55	0,55
0,5	0,3	0,4	0,4	0,35	I,0	0,7	0,6	0,55	0,55	0,45
0,6	0,75	0,7	0,6	0,55	0,8	0,6	0,5	0,5	0,5	0,45
0,7	2,0	I,50	I,25	0,9	0,65	0,55	0,5	0,5	0,45	0,45
0,8	6,4	4,5	3,3	2,2	0,55	0,5	0,5	0,5	0,45	0,45
0,9	34,7	23,I	I6,0	I0,0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,45	0,45
0,95	I59	I03	69,3	42,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,45	0,4

Таблица 8

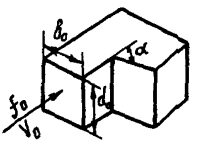
Коэффициенты сопротивления тройников прямоугольного сечения в режиме нагнетания



L_o/L_c	ξ_n при f_n/f_c						ξ_o при f_o/f_c							
	I	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,I
0,0I	0,I8	0,2	0,25	0,25	0,3	0,4	–	–	–	–	–	–	–	88,3
0,05	0,2	0,2	0,25	0,25	0,3	0,3	–	–	–	88,3	54,8	29,5	II,7	2,2
0,I	0,2	0,2	0,2	0,25	0,3	0,3	54,8	44,I	28,8	I9,5	II,8	6,I	2,2	0,45
0,2	0,I	0,I5	0,2	0,2	0,25	0,25	II,7	8,6	6,I	3,9	2,2	I,I	0,4	0,3
0,3	0,I	0,I5	0,2	0,25	0,25	0,3	4,6	3,3	2,2	I,5	0,8	0,4	0,35	0,3
0,4	0,I5	0,2	0,25	0,25	0,3	0,3	2,25	I,7	I,I	0,75	0,4	0,3	0,3	0,3
0,5	0,35	0,35	0,35	0,35	0,4	0,4	I,3	I,0	0,7	0,45	0,3	0,3	0,3	0,3
0,6	0,75	0,7	0,7	0,65	0,6	0,5	0,9	0,65	0,45	0,35	0,3	0,3	0,3	0,3
0,7	–	I,8	I,5	I,3	I,I	0,9	0,6	0,45	0,35	0,3	0,3	0,3	0,35	–
0,8	–	5,45	4,5	3,7	2,9	2,2	0,45	0,35	0,3	0,3	0,3	0,3	0,35	–
0,9	–	–	–	–	I3,8	I0,0	0,35	0,3	0,3	0,3	0,3	0,35	0,35	–
0,95	–	–	–	–	–	–	0,4	0,35	0,3	0,3	0,3	0,35	0,35	–

Таблица 9

Коэффициенты сопротивления колен с острыми кромками



Для квадратного и круглого сечений:

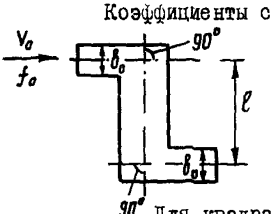
α град.	0	20,0	30,0	45,0	60,0	75,0	90,0	110	130	150	180
ξ_0	0	0,13	0,16	0,32	0,56	0,81	1,2	1,9	2,6	3,2	3,6

При прямоугольном сечении ξ_0 умножать на величину с:

d_0/b_0	0,25	0,5	0,75	1	1,5	2	3	4	5	6	7	8
c	1,1	1,07	1,04	1	0,95	0,9	0,88	0,78	0,75	0,72	0,71	0,7

Таблица 10

Коэффициенты сопротивления Z - образных колен



Для квадратного и круглого сечений:

ℓ/b_0	0	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2
ξ_0	0	0,62	0,9	1,61	2,63	3,61	4,01	4,18	4,22	4,18

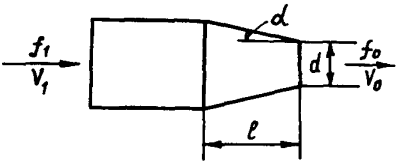
ℓ/b_0	2,4	2,8	3,2	4	5	6	7	9	10	15
ξ_0	3,65	3,3	3,2	3,08	2,92	2,8	2,7	2,6	2,45	2,3

При прямоугольном сечении ξ_0 умножать на величину с (см. табл. 9).

Для Z -образного колена с углами 30^0 $\xi_0 = 0,16$ при $\ell/b_0 = 1,5$.

Таблица II

Коэффициенты сопротивления конфузора

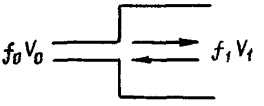


ℓ/d	ξ_0 при α, град.			
	10	20	30	40
0,1	0,41	0,34	0,27	0,24
0,15	0,39	0,29	0,22	0,18
0,6	0,29	0,20	0,15	0,13
Больше 0,6	0,1			

При прямоугольном сечении $d = 2ab/(a+b)$.

Таблица 12

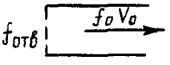
Коэффициенты сопротивления при изменении поперечного сечения



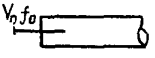
Характер изменения сечения	ξ_0 при f_0/f_1									
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1
Внезапное расширение	1	0,81	0,64	0,5	0,36	0,25	0,16	0,09	0,04	0
Внезапное сужение	0,5	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10	0

Таблица 13

Коэффициенты сопротивления прямого канала с сеткой или решеткой (вход)



$f_{отв}/f_0$	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
ξ_0	4,0	2,65	1,97	1,58	1,32	1,14	1,0



$f_{отв}$ – площадь живого сечения сетки.

Коэффициент сопротивления цилиндрической трубы (выход) $\xi_0 = 1,1$.

2.3.5.9. Определяют потери давления на участке, Па

$$\Delta p = \left(\frac{\lambda}{d} l + \Sigma \xi_{1a}\right) \frac{\rho}{2 g_v^2} L^2.$$

Если температура транспортируемого воздуха отличается от 20°С, значения $\frac{\lambda}{d}$, определенные по п.2.3.5.7, умножаются на поправочный коэффициент K_I, а значения $\Sigma \xi$, определенные по п.2.3.5.8 - на поправочный коэффициент K_2 (табл. I4).

Таблица I4

Значения поправочных коэффициентов K_I и K_2

Температура воздуха, °С	K_I	K_2	Температура воздуха, °С	K_I	K_2
-30	I,I5	I,2	30	0,98	0,97
-20	I,I2	I,I6	40	0,95	0,94
-I0	I,09	I,II	50	0,93	0,9I
0	I,05	I,07	60	0,9I	0,88
I0	I,02	I,03	70	0,89	0,86
20	I,00	I,00			

2.3.5.I0. Потери давления на всех участках магистрали суммируют; сумма является расчетной величиной для подбора вентилятора.

2.3.5.II. Потеря давления в ответвлении $\Delta p_{от}$ и суммарные потери давления в магистрали от ее конца до точки подключения ответвления $\Delta p_м$ должны удовлетворять соотношению

$$\Delta p_м \geqslant \Delta p_{от}.$$

Наблюдение этого соотношения допускается при условии

$$\frac{|\Delta p_{от} - \Delta p_м|}{\Delta p_м} 100 \leqslant 10\%.$$

2.3.5.I2. Для уравнивания расчетных потерь давления $\Delta p_м$ и $\Delta p_{от}$ может быть изменено сечение ответвления с последующим пере-

счетом или может устанавливаться диафрагма, сопротивление которой определяется по формуле

$$\Delta p_д = \Delta p_{от} - \Delta p_м .$$

2.4. Выбор вентиляторов

2.4.I. Вентилятор выбирают по заводской характеристике при заданных расходе воздуха (L м^3/ч) и перепаде давлений (p Па) - разности давлений на выходе и входе вентилятора.

Характеристики вентилятора относятся к стандартным условиям: барометрическому давлению $p_{бар}$ = I0I,4 кПа, температуре воздуха t_1 = 20°С, плотности воздуха $\rho_в$ = I,23 кг/м^3 и относительной влажности φ = 50%.

Вентилятор, который должен обеспечивать подачу воздуха L с заданной температурой t_1 и барометрическим давлением $p_{бар}$, подбирают по подаче $L_в = L$ и перепаду давлений

$$p_в = p_р \frac{273 + t_1}{293} \cdot \frac{101,4}{P_{бар}},$$

где $p_р$ - расчетное давление вентилятора при рабочих условиях, равное расчетному сопротивлению вентиляционной сети с оборудованием с надбавкой до I0% на неучтенные потери, кПа:

$$p_р = (1,05 - 1,10)\ (\Delta p_м + \Delta p\ ),$$

где $\Delta p_м$ - вычисленное сопротивление магистрали подвода воздуха (см. п.2.3.5.I0), кПа;

Δp - перепад давлений между полостями консервируемого оборудования и окружающим воздухом, выбираемый в пределах 0,6-I,0 кПа (см. п. 2.I.4).

2.4.2. Подачу вентилятора принимают с учетом подсоса воздуха в вытяжных и потерь воздуха в приточных системах, вводя повышающие коэффициенты к расчетным производительностям I,I для систем с воздуховодами из металла.

При подборе вентилятора по каталожным данным необходимо учитывать, чтобы КПД вентилятора для рабочей точки составлял не

менее 0,9 максимального КПД для данного вентилятора.

2.4.3. Потребляемую мощность на валу электродвигателя определяют по формуле, кВт

$$N = 0{,}287 \frac{L_в p_в}{\eta_в \eta_п} \cdot 10^{-6}$$

где $\eta_в$ - КПД вентилятора, принимаемый по заводской характеристике в рабочей точке;

$\eta_п$ - КПД передачи, принимаемый по табл. I5;

$L_в$ - подача вентилятора, $м^3/ч$;

$p_в$ - перепад давлений на вентиляторе, кПа.

Минимально допустимая установочная мощность электродвигателя определяется по формуле

$$N_у = K_э N ,$$

где $K_э$ - коэффициент запаса мощности по табл. I6.

Таблица I5

Вид передачи	КПД для различных видов передач
Непосредственная насадка на валу электродвигателя	I,0
Соединение валов:	
с помощью муфты	0,98
с помощью клиноременной передачи	0,95

Таблица I6

Мощность на валу электродвигателя, кВт	Коэффициент запаса мощности $K_э$	
	Радиальный вентилятор	Осевой вентилятор
До 0,5	I,5	I,2
0,5-I,0	I,3	I,I5
I,0-2,0	I,2	I,I
2,0-5,0	I,I5	I,05
Более 5,0	I,I	I,05

2.5. Рекомендации по проектированию и монтажу схемы консервационной установки

2.5.1. В схеме консервационной установки рекомендуется предусматривать установку двух одинаковых вентиляторов с отсекающим шиберами на напорной стороне. Один из вентиляторов является рабочим, второй - резервным. Допускается установка одного вентилятора с заменой его в случае необходимости резервным.

2.5.2. Для крупных, многоцилиндровых турбоустановок по соображениям рациональной компоновки воздуховодов могут предусматриваться раздельные консервационные установки со своими вентиляторами и воздухонагревателями для отдельных узлов турбоустановки В этом случае необходимо предусматривать разделение консервируемых объемов.

2.5.3. Для защиты от попадания загрязнений во внутренние полости консервируемого оборудования всасывающие патрубки вентиляторов должны быть снабжены фильтрами. Наиболее подходящими являются ячейковые фильтры ФяР - с фильтрующим материалом в виде стальной сетки, и ФяВ - с сеткой из винипласта, обладающие высокой пылеемкостью, компактностью и практически не требующие обслуживания. Ячейка фильтра размером 514 х 514 мм имеет расчетную пропускную способность 1540 $м^3$/ч при начальном сопротивлении 0,05-0,06 кПа (см. также п.2.3.5.8 и табл. 13). Это сопротивление должно быть учтено при расчете всасывающих трубопроводов вентиляторов. Фильтры ФяР и ФяВ относятся к Ш классу и обеспечивают улавливание фракции пыли крупнее 10-50 мкм. Фильтры допускают регенерацию.

2.5.4. Воздуховоды должны быть снабжены опорами и подвесками, обеспечивающими передачу массовых нагрузок на несущие конструкции машзала и компенсацию термических расширений. Воздуховоды имеющие температуру поверхности свыше 45°С, должны иметь соответствующую тепловую изоляцию.

2.5.5. Конечные участки воздуховодов должны иметь цилиндрические участки с фланцами, допускающими их присоединение к соответствующим фланцам впускных штуцеров (см. п. 2.1.2).

2.5.6. Установка калориферов и включение их по сетевой воде производится в соответствии с действующими нормами и правилами.

2.5.7. Консервационная установка должна быть оборудована следующими контрольно-измерительными приборами и органами управления:

- ключами управления электродвигателями вентиляторов;
- амперметрами для измерения тока электродвигателей вентиляторов;
- дифференциальными (U -образными) манометрами для измерения давления на стороне нагнетания вентиляторов (пределы измерения 0-4,0 кПа);
- дифференциальными (U -образными) манометрами для измерения давления в цилиндрах турбины (пределы измерения 0-2,5 кПа);
- термометрами или термопарами для измерения температуры теплоносителя калориферов (пределы измерения 0-250°С);
- термометром или термопарой для измерения температуры воздуха за калорифером (пределы измерения 0-100°С).

Для контроля могут быть использованы также приборы штатного контроля металла турбины (глубинные термопары). Температура металла, измеряемая ими, не должна быть ниже среднеарифметической температуры воздуха до и после воздухонагревателя, °С:

$$t_{мет} \geqslant \frac{t_1+t_2}{2}$$

При использовании штатных термопар необходимо считаться с возможностью появления значительных погрешностей, поскольку значение измеряемой температуры может лежать вне рабочего диапазона измерений термопары.

3. КОНСЕРВАЦИЯ ТУРБИННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

3.1. Ввод оборудования в консервацию

3.1.1. Консервация паротурбинного оборудования подогретым воздухом проводится при простоях свыше 7 дн непрерывно в течение всего времени простоя.

При разгружении турбины перед вводом ее в длительную (свыше 30 дн) консервацию рекомендуется выполнить влажнопаровую промывку проточной части, используя соответствующую технологию. При останове на более короткие сроки (от 7 до 30 дн) турбина выводится

в консервацию после обычного разгружения и отключения от сети.

3.I.2. Непосредственно после отключения турбины от сети в процессе остывания турбины следует произвести дренирование, а затем вакуумную сушку оборудования, поддерживая вакуум с помощью рабочих эжекторов в объеме, подлежащем консервированию.

3.I.3. После остывания турбины и отключения валоповоротного устройства следует убедиться в надежном отключении турбоустановки от действующей части электростанции, провести повторное дренирование консервируемых объемов и опорожнение емкостей (ПВД, ПНД, конденсатосборников и т.п.). При возможности следует отключить турбину от системы промежуточного пароперегревателя. Взвести и поставить на упоры стопорные и регулирующие клапаны, поворотные диафрагмы, КОС, снять заглушки с впускных штуцеров и произвести подключение консервационной установки по воздуху. Открыть арматуру вентиляционных штуцеров, дренажей и воздушников, предназначенных для вентиляции консервируемого объема. Убедиться в наличии давления теплоносителя перед калорифером и в плотности калориферов, исключающей увлажнение воздуха, подаваемого в консервируемое оборудование. Собрать электрические схемы питания электродвигателей вентиляторов, поочередно включить их и убедиться в их нормальной работе. После проверки оставить в работе один вентилятор, второй вентилятор, отключив, оставить в резерве, закрыв шибер на его стороне нагнетания. Установить расход теплоносителя через калорифер, отрегулировав его таким образом, чтобы температура воздуха за калорифером соответствовала выбранной для проведения консервации. Убедиться в устойчивом выходе воздуха из всех вентиляционных отверстий и концевых уплотнений турбины. При необходимости отрегулировать выход воздуха прикрытием соответствующей арматуры. В установившемся режиме давление воздуха в цилиндрах турбины должно быть на уровне 0,4-I,0 кПа.

3.I.4. Время полного установления режима консервации составляет 8-I2 ч, в течение этого времени каждые 4 ч производится регистрация показаний контрольно-измерительных приборов, проверка и при необходимости подрегулировка выхода воздуха из всех вентиляционных отверстий и концевых уплотнений турбины.

3.I.5. В период консервации контроль работы консервационной установки с записью показаний приборов в специальном журнале про-

водится I раз в смену. Одновременно I раз в смену при необходимости проводится регулировка температуры горячего воздуха в зависимости от температуры окружающего воздуха.

3.I.6. В случае отказа рабочего вентилятора или его электродвигателя его следует отключить и вывести в ремонт, включив в работу резервный вентилятор.

3.I.7. Для консервации маслосистем, подшипников и шеек валов рекомендуется один раз в сутки включать на IO-I5 мин рабочий (пусковой) маслонасос и валоповоротное устройство. Одновременно, включив при необходимости насосы регулирования и удалив упоры, следует проводить расхаживание на полный ход стопорных и регулирующих клапанов, поворотных диафрагм. После взвода органов регулирования, ВПУ, насосы смазки отключить. Регулярно по графику, но не реже, чем один раз в 5 дн перед включением насоса смазки следует сливать отстой из маслобака и при необходимости доливать бак до рабочего уровня.

3.2. Вывод оборудования из консервации

3.2.I. Для вывода оборудования из консервации необходимо отключить подачу теплоносителя к калориферу, отключить вентилятор, закрыть арматуру на вентиляционных линиях, отключить консервационную установку по воздуху, установить заглушки на впускных штуцерах. После включения насосов системы регулирования следует взвести стопорные и регулирующие клапаны и удалить упоры, клапаны закрыть. Удалить упоры из под КОС. Дальнейшая подготовка турбоустановки к пуску проводится в соответствии с инструкцией завода-изготовителя.

3.2.2. При подключении, отключении и обслуживании консервационной установки необходимо соблюдать меры безопасности, предусмотренные действующими "Правилами техники безопасности при эксплуатации теплосилового оборудования электростанций".

Список использованной литературы

1. ТИПОВАЯ инструкция по консервации оборудования стационарных электростанций малой и средней мощности. М.: СЦНТИ ОРГРЭС, 1971.
2. РУКОВОДЯЩИЕ указания по консервации теплоэнергетического оборудования. М.: СЦНТИ ОРГРЭС, 1972.
3. Батурин В.В. Основы промышленной вентиляции. - 3-е изд. М.: Профиздат, 1965.
4. Бутаков С.Е. Воздухопроводы и вентиляторы. М.: Машгиз, 1958.
5. Галимзянов Ф.Г. Вентиляторы. Атлас конструкций. М.: Машгиз, 1963.
6. Русланов Г.В. и др. Отопление и вентиляция жилых и гражданских зданий. Проектирование. Справочник. Киев: Будивельник, 1983.
7. Кострикина Е.Ю. и др. Консервация турбины ингибированным воздухом. - Энергетик, 1983, № 9.
8. СПРАВОЧНИК проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. Ч.П. Вентиляция и кондиционирование воздуха. - 3-е изд. М.: Стройиздат, 1978.

СОДЕРЖАНИЕ

I. ВВЕДЕНИЕ 4

2. РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСЕРВАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ 6

2.I. Определение исходных величин 6

2.2. Выбор калориферов I0

2.3. Расчет воздуховодов I7

2.4. Выбор вентиляторов 29

2.5. Рекомендации по проектированию и монтажу схемы консервационной установки 3I

3. КОНСЕРВАЦИЯ ТУРБИННОГО ОБОРУДОВАНИЯ 32

3.I. Ввод оборудования в консервацию 32

3.2. Вывод оборудования из консервации 34

Список использованной литературы 35

Ответственный редактор Т.П.Леонова
Литературный редактор М.Г.Полоновская
Технический редактор Б.М.Полякова
Корректор В.Д.Алексеева

Подписано к печати 03.I2.84 Формат 60х84 I/I6
Печ.л. 2,25 (усл.печ.л. 2,09) Уч.-изд.л. 2,I Тираж I550 экз.
Заказ № 410/84 Издат № I7I/84 Цена 3I коп.

Производственная служба передового опыта и информации Союзтехэнерго
I05023, Москва, Семеновский пер., д. I5

Участок оперативной полиграфии СПО Союзтехэнерго
II7292, Москва, ул. Ивана Бабушкина, д.23,корп.2