

УДК
744
В 927

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

Национальный исследовательский университет «МЭИ»

ВЫПОЛНЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ СХЕМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Методическое пособие
по дисциплине

«ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА. НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ»

УДК
744
В 927

*Утверждено учебным управлением МЭИ.
Подготовлено на кафедре инженерной графики.*

Рецензенты: докт. техн. наук проф. В.М. Матюнин,
докт. техн. наук проф. В.М. Зорин.

**Авторы: И.В. Гордеева, В.Н. Кауркин, Ю.В. Степанов,
Н.Г. Миронова, В.Н. Нетунаева, Т.А. Полтавцева, Г.М. Фролова.**

Выполнение тепловых схем энергетических установок:
методическое пособие по дисциплине «Начертательная геометрия.
Инженерная графика» / И.В. Гордеева, В.Н. Кауркин, Ю.В. Степанов и др.; –
М.: Издательский дом МЭИ, 2011. – с.

В методическом пособии изложены основные правила выполнения тепловых схем на основе действующих стандартов и имеющихся в технической литературе традиций. В приложении приведены стандартные условные графические обозначения энергетического оборудования, а также других элементов, входящих в тепловые схемы.

В качестве вводной части даны краткие пояснения к термодинамическим циклам тепловых и атомных электростанций, конструктивным особенностям применяемого оборудования и его назначению.

Предназначено для студентов теплотехнических специальностей, изучающих второй раздел курса инженерной графики «Основы разработки конструкторской документации». Может быть использовано при выполнении курсовых и дипломных проектов.

ВВЕДЕНИЕ

Тепловая схема является обязательным конструкторским документом, который разрабатывается на всех этапах проектирования паровых и газовых турбоустановок тепловых и атомных электростанций.

Тепловые схемы широко используются в технической и учебной литературе, выполняются в курсовых и дипломных проектах, при проведении тепловых расчетов энергетического оборудования.

Однако до сих пор не существует единых правил выполнения и оформления тепловых схем. Каждая организация-разработчик оформляет их в соответствии со сложившимися традициями. Сравнение схем, выполненных в разных организациях, показывает, что их оформление существенно отличается друг от друга.

В данных указаниях обобщается имеющийся опыт выполнения и оформления тепловых схем, как всей электростанции, так и отдельных ее технологических установок. На основе анализа существующих нормативных документов, регламентирующих требования к выполнению схем изделий и установок всех отраслей промышленности, предлагается классификация тепловых схем, излагаются правила их выполнения и оформления. Приводятся примеры выполненных схем и перечня элементов к ним, которые встречаются в учебных работах.

Кроме того, дается список стандартов, регламентирующих выполнение схем и условные графические обозначения элементов тепловых схем. А в приложениях к пособию приведены ограничения из этих стандартов.

1. ЦИКЛЫ ТЕПЛОВЫХ И АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

1.1. Основные способы получения электрической энергии

Любая область деятельности человека теснейшим образом связана с развитием энергетики. Под энергетикой понимается отрасль народного хозяйства страны, занимающаяся получением, преобразованием, доставкой и использованием всех форм энергии. В более узком понимании энергетика подразделяется по видам энергии на электроэнергетику, теплоэнергетику, газовую энергетику, атомную энергетику, гидроэнергетику и т.д.

Большая часть электрической энергии вырабатывается на тепловых электрических станциях (ТЭС), работающих на органическом топливе (каменный и бурый уголь, мазут, природный газ). Тепловая энергия, выделяемая в результате сжигания топлива, преобразуется в электрическую. На второе место вышли атомные электрические станции (АЭС), в которых энергия ядерной реакции преобразуется в электрическую. ТЭС в свою очередь подразделяются на конденсационные электрические станции (КЭС) и теплоэлектроцентрали (ТЭЦ). Первые предназначены для выработки

только электрической энергии. Вторые – для выработки тепловой и электрической энергии и предназначены для теплофикации городов.

Простейшая схема тепловой станции представлена на рис. 1.1. В паровом котле (КП) в результате сжигания топлива вода преобразуется в пар. Пар поступает в турбину (ТП), которая вращает генератор (Г), вырабатывающий электрическую энергию, т.е. тепловая энергия преобразуется в механическую, а она в свою очередь – в электрическую. После турбины отработанный пар конденсируется в конденсаторе (К) и, так как цикл тепловых станций является замкнутым, конденсат пара насосом (Н) направляется обратно в паровой котел (КП).

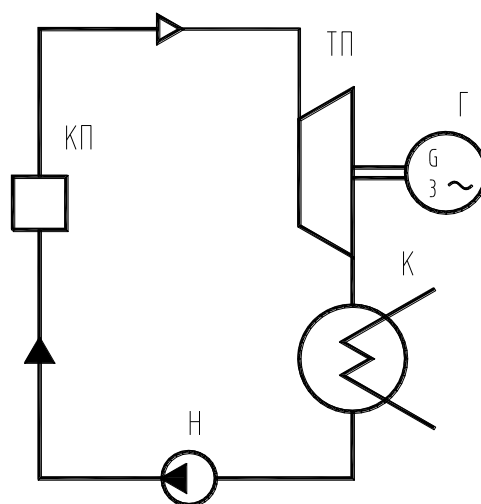


Рис. 1.1. Схема тепловой электростанции

1.2. Циклы тепловых станций

Для понимания физической сущности процесса работы ТЭС обратимся к известному из школьного курса физики циклу Карно (рис. 1.2) для идеальной тепловой машины. Цикл состоит из двух изотерм ($T_H = \text{const}$, $T_X = \text{const}$) и двух адиабат (изоэнтроп $S_1 = \text{const}$, $S_2 = \text{const}$).

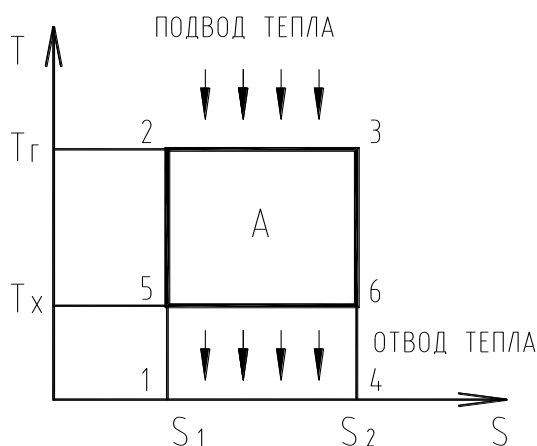


Рис. 1.2. Цикл Карно

Прямоугольник 1-2-3-4-1 символизирует подводимое в цикл тепло, а прямоугольник 1-5-6-4-1 – тепло, отведенное в конце цикла. Оставшаяся часть А (5-2-3-6-5) – полезная работа. Карно получил и формулу термического к.п.д. открытого им цикла:

$$\eta_t = 1 - \frac{T_x}{T_T} \quad (1.1)$$

где T_x и T_T – абсолютные температуры отводимого (T_x) и подводимого (T_T) тепла ($T_x^{\circ}\text{К}$ – холодного, $T_T^{\circ}\text{К}$ – горячего).

Из анализа соотношения видно, что к.п.д. даже идеального цикла не может быть равным единице (100%), так как в состав формулы входит вычитаемая дробь, которую можно только уменьшить повышением T_T и понижением T_x .

Наиболее близким к нему по КПД оказался цикл инженера Ренкина (рис. 1.3), по которому и работают все тепловые и атомные станции мира, а в качестве рабочего вещества выступают вода и водяной пар.

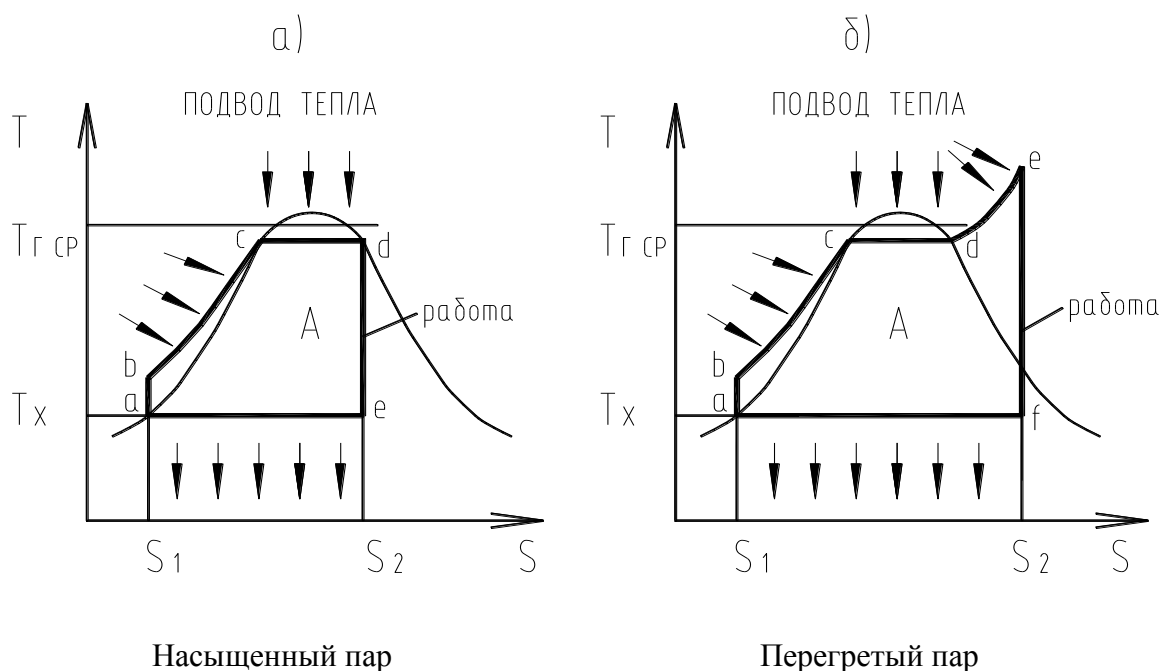


Рис. 1.3. Циклы инженера Ренкина

Из сказанного выше следует, что для повышения термического КПД в начале цикла к рабочему веществу следует подвести максимальное количество тепла, а в конце цикла рабочее вещество необходимо максимально охладить. С этой целью в тепловую схему станции включается дополнительное оборудование, а именно: пароперегреватели (ПП),

промежуточные пароперегреватели (ППП), подогреватели высокого (ПВД) и низкого (ПНД) давления: рис. 1.4.

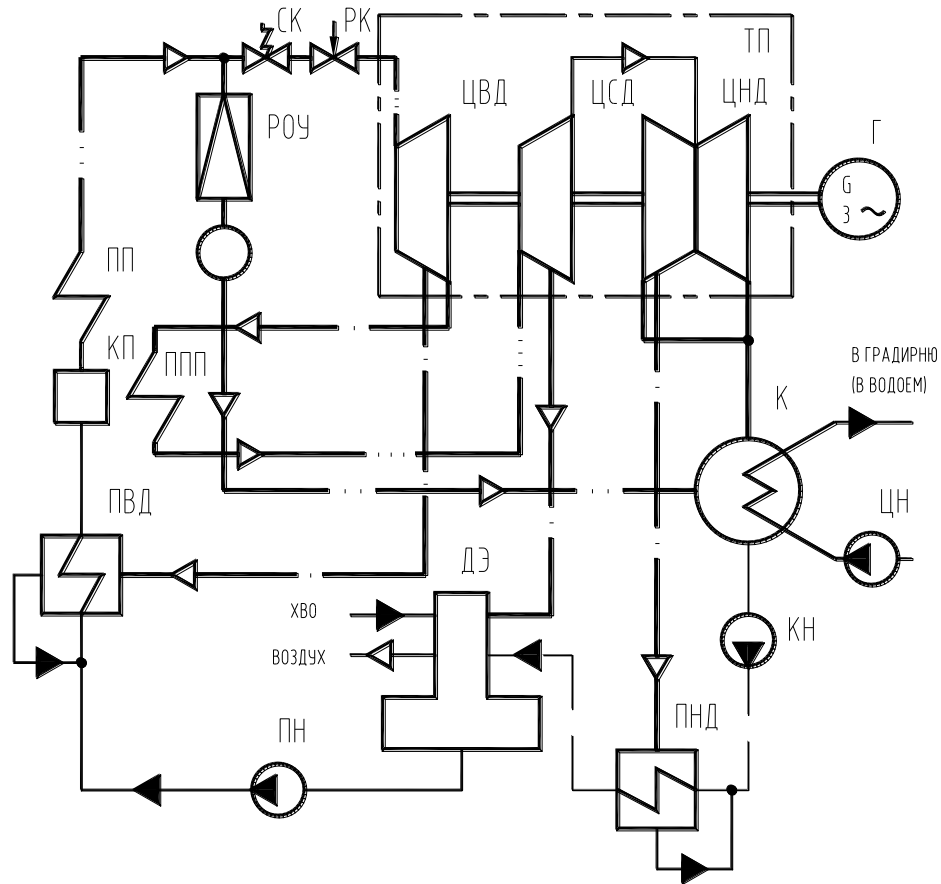


Рис. 1.4. Схема конденсационной электрической станции

1.3. Назначение и принцип работы основного энергетического оборудования электростанций

Назначение и принцип работы энергетического оборудования рассмотрим на примере тепловой схемы конденсационной электрической станции (КЭС): см. рис.1.4.

Процесс подвода тепла в цикл осуществляется в *паровом котле* (КП), в котором сжигается топливо, а полученное тепло передается рабочему веществу – воде, подаваемой в котел. В результате этого она превращается в пар. Перегрев пара происходит в *пароперегревателе* (ПП). В результате на выходе из парового котла получают перегретый пар с температурой $\sim 565^{\circ}\text{C}$ и давлением 23,5 МПа, поступающий далее через систему парораспределения (блоки стопорных – СК и регулирующих – РК клапанов) в *паровую турбину* (ТП), где происходит преобразование тепловой энергии в механическую. В рассматриваемом примере представлена паровая турбина К – 300 – 240, конденсационная, мощностью 300 МВт и с начальным давлением пара 23,5 МПа. Турбина состоит из трех цилиндров, размещенных

конструктивно на одном валу: высокого, среднего и низкого давлений (ЦВД, ЦСД, ЦНД). В каждом цилиндре находятся ступени из неподвижных (направляющих, сопловых) и рабочих (вращающихся вместе с валом) лопаток. Перегретый пар после прохождения через неподвижные сопловые лопатки оказывает давление на рабочие лопатки, заставляя ротор турбины вращаться. Пар при этом расширяется, теряет энергию и к каждой последующей ступени подводится с потерей температуры и давления. В частности, на выходе из цилиндра высокого давления (ЦВД) давление рабочего вещества падает с 23,5 МПа до 4 МПа. С целью повышения работоспособности пара его направляют в промежуточный пароперегреватель (ППП), также встроенный в паровой котел. После этого пар с температурой 540°C поступает в цилиндр среднего давления (ЦСД), а после его прохождения – в цилиндр низкого давления (ЦНД). Процесс расширения пара в этих цилиндрах аналогичен предыдущему с той лишь разницей, что, вследствие увеличения удельного объема пара, высоты сопловых и рабочих лопаток существенно выше высот аналогичных лопаток в ЦВД. Заметим еще, что ЦНД в рассматриваемом варианте выполнен двухпоточным: пар подводится в его среднюю часть и расширяется в противоположных направлениях, уравнивая осевые усилия пара на рабочие лопатки.

Движение пара в турбине происходит за счет разности давлений на входе в турбины и выходе из нее (на входе $p = 23,5$ МПа, а на выходе $p = 0,004$ МПа). Низкое давление на выходе из турбины создается работой конденсатора (К), который через переходное устройство соединяется с выхлопными патрубками цилиндра низкого давления. Конденсатор – это теплообменник поверхностного типа, в котором две контактирующие среды (пар и охлаждающая вода) не смешиваются между собой: рис. 1.5. Конденсатор охлаждается технической водой и обеспечивает конденсацию пара после турбины.

Процесс выработки электрической энергии происходит в *генераторе электрического тока* (Г), ротор которого вращается паровой турбиной с частотой $n = 3000$ об/мин.

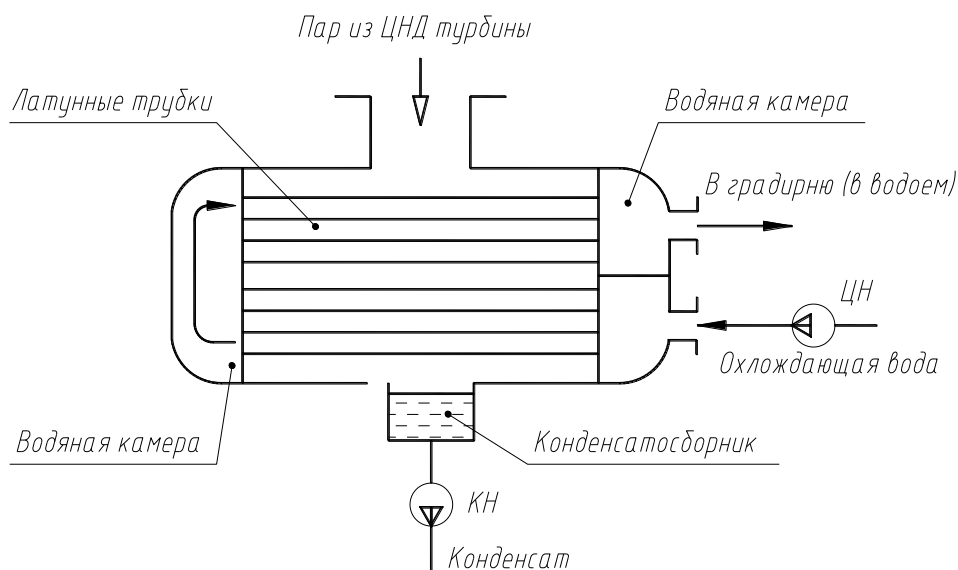


Рис. 1.5. Упрощенная схема конденсатора

Поскольку объемные расходы пара, проходящие через турбину, огромны, для его охлаждения и превращения в воду требуется соответствующее количество охлаждающей воды. Именно поэтому тепловые и атомные электростанции строят вблизи крупных водоемов (реки, озера, морского побережья). Охлаждающая вода из водоема закачивается циркуляционным насосом (ЦН) в водяную камеру конденсатора, протекает под давлением по латунным трубкам и возвращается обратно через вторую водяную камеру и другую секцию латунных трубок. Разреженный пар из ЦНД турбины омывает снаружи холодные трубки, конденсируется на них в виде капельной влаги, собирается в нижней части конденсатора (конденсатосборнике), а затем в виде конденсата (воды) откачивается конденсатным насосом (КН).

В случае, когда вблизи ТЭС отсутствует крупный естественный водоем, в качестве источника охлаждающей воды применяют искусственные сооружения – градирни (ГР): рис. 1.6. В них нагретая после конденсатора охлаждающая циркуляционная вода стекает сверху вниз по поверхности специального устройства тонкой пленкой, охлаждаясь при этом поднимающимся воздухом, и снова поступает в конденсатор для охлаждения пара.

Оставшаяся часть цикла КЭС посвящена возвращению сконденсированного рабочего вещества в паровой котел КП. Задача состоит в том, чтобы подвести воду к котлу уже нагретой, экономя при этом расход топлива. С этой целью холодный конденсат после конденсатного насоса поступает в подогреватель низкого давления (ПНД). Это, как и конденсатор,

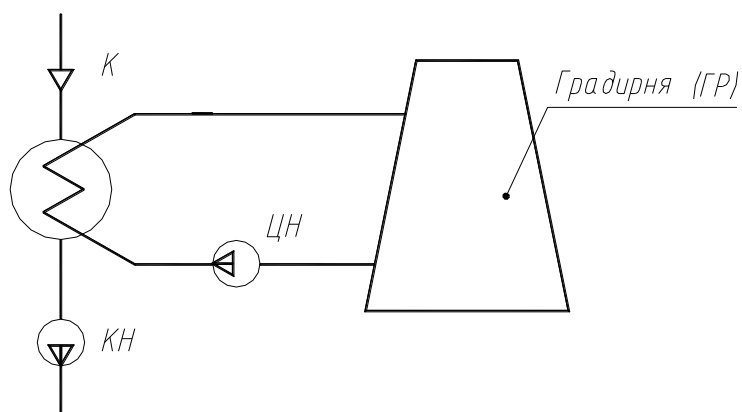


Рис. 1.6. Схема циркуляции охлаждающей воды

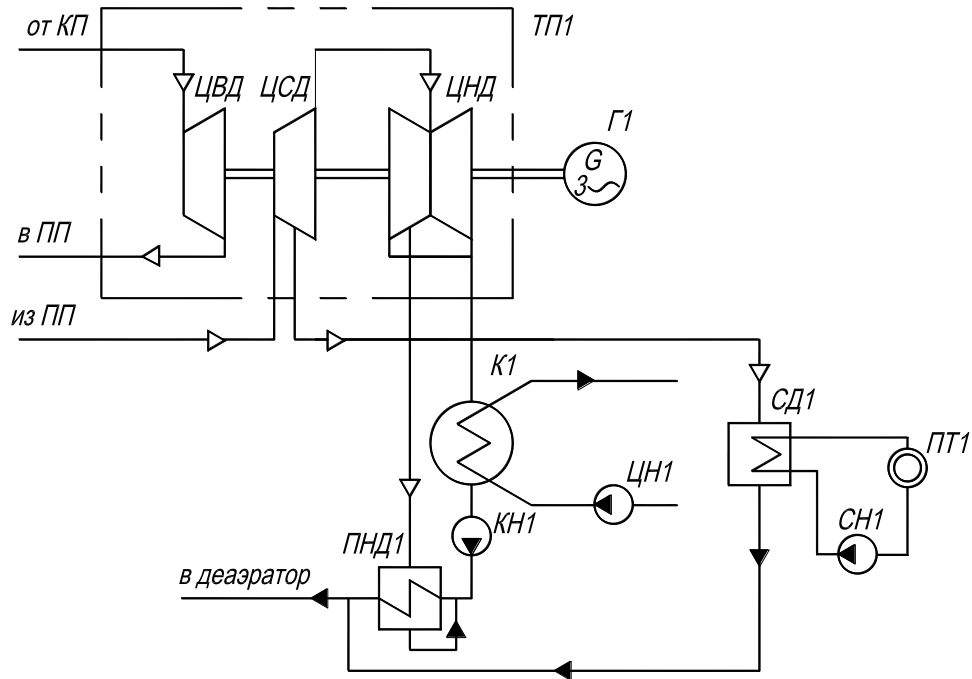
подогреватель поверхностного типа (рабочие среды в нем не смешиваются). Конденсат, протекающий по змеевику подогревателя, омываемому снаружи паром низких параметров из промежуточного отбора ЦНД, при этом подогревается. Пар отбора, наоборот, отдав свое тепло, конденсируется и уже в виде воды поступает на вход подогревателя.

Дальнейшее повышение температуры рабочего тела происходит в *деаэраторе* (Д). В отличие от предыдущих – это подогреватель смешивающего типа, в котором греющий пар конденсируется на струях воды. Основное назначение деаэратора – удаление из рабочего вещества воздуха и других газов. Принцип работы деаэратора основан на уменьшении растворимости газов в воде с повышением температуры (закон Оствальда). Для повышения температуры конденсата используется пар из промежуточного отбора ЦСД. Воздух выделяется из воды и выводится из верхней части деаэратора. Вода на выходе из деаэратора называется питательной и питательным насосом (ПН) через подогреватель высокого давления ПВД (его работа аналогична работе ПНД, за исключением того, что здесь задействован пар отбора ЦВД, то есть более высоких параметров) поступает в паровой котел. Цикл паротурбинной установки таким образом замыкается.

На тепловой схеме КЭС показан еще один элемент – *редукционно-охлаждающая установка* (РОУ). РОУ – устройство для резкого снижения давления и температуры пара. Его наличие обусловлено рядом факторов. Во-первых, во время пуска паротурбинной установки паровой котел не сразу выходит на расчетные параметры. Поэтому на время розжига котла пар через РОУ сбрасывают в конденсатор, минуя паровую турбину (стопорные и регулирующие клапаны турбины на период пуска закрывают). Кроме того, во время работы КЭС возможны нештатные ситуации, например, внезапное отключение электрического генератора от сети. В результате снятия нагрузки возможно резкое увеличение оборотов ротора турбины, что может привести к аварии. На эту ситуацию реагирует специальное устройство – автомат

безопасности турбины, при помощи которого, как и в первом случае, происходит закрытие стопорных и регулирующих клапанов и открывается проход острого пара через РОУ в конденсатор.

Завершая обзор работы конденсационных энергоустановок, обратимся к тепловой схеме теплоэлектростанции (ТЭЦ). Различие в схемах ТЭЦ и рассмотренной выше КЭС невелико (рис. 1.7) и состоит в том, что в цикл добавлен подогреватель воды для внешнего потребителя тепла (ПТ), в который подается пар из промежуточного отбора турбины с последующим его возвратом в цикл в виде конденсата при помощи сетевого насоса (СН).



*КП - котел паровой; ТП - турбина паровая; Г - генератор; К - конденсатор;
ЦН - насос циркуляционный; КН - насос конденсатный; ПНД - подогреватель
низкого давления; ПП - пароперегреватель; ПТ - потребитель тепла*

Рис. 1.7. Схема теплоэлектростанции

Еще одним типом теплового двигателя является газотурбинная установка (ГТУ). ГТУ получила широкое распространение на транспорте (двигатели воздушных и морских судов, локомотивов), в качестве приводов центробежных нагнетателей для перекачки по трубопроводам природного газа, в промышленной энергетике в составе блоков для выработки электроэнергии и в других отраслях промышленности.

На рис. 1.8 приведена схема простейшей ГТУ открытого цикла с регенерацией тепла. Термин «открытый цикл» означает, что применяемый в качестве рабочего вещества воздух далее в виде смеси воздуха и продуктов сгорания возвращается в атмосферу. ГТУ состоит из шумоглушителя (ШГ), компрессора (КМ), регенеративного подогревателя (РП), камеры сгорания (КС), газовой турбины (ТГ) и генератора (Г). Как и в паротурбинной

установке (ПТУ), турбина (в данном случае газовая) выполняет роль привода электрического генератора. Топливо впрыскивается в камеру сгорания, где

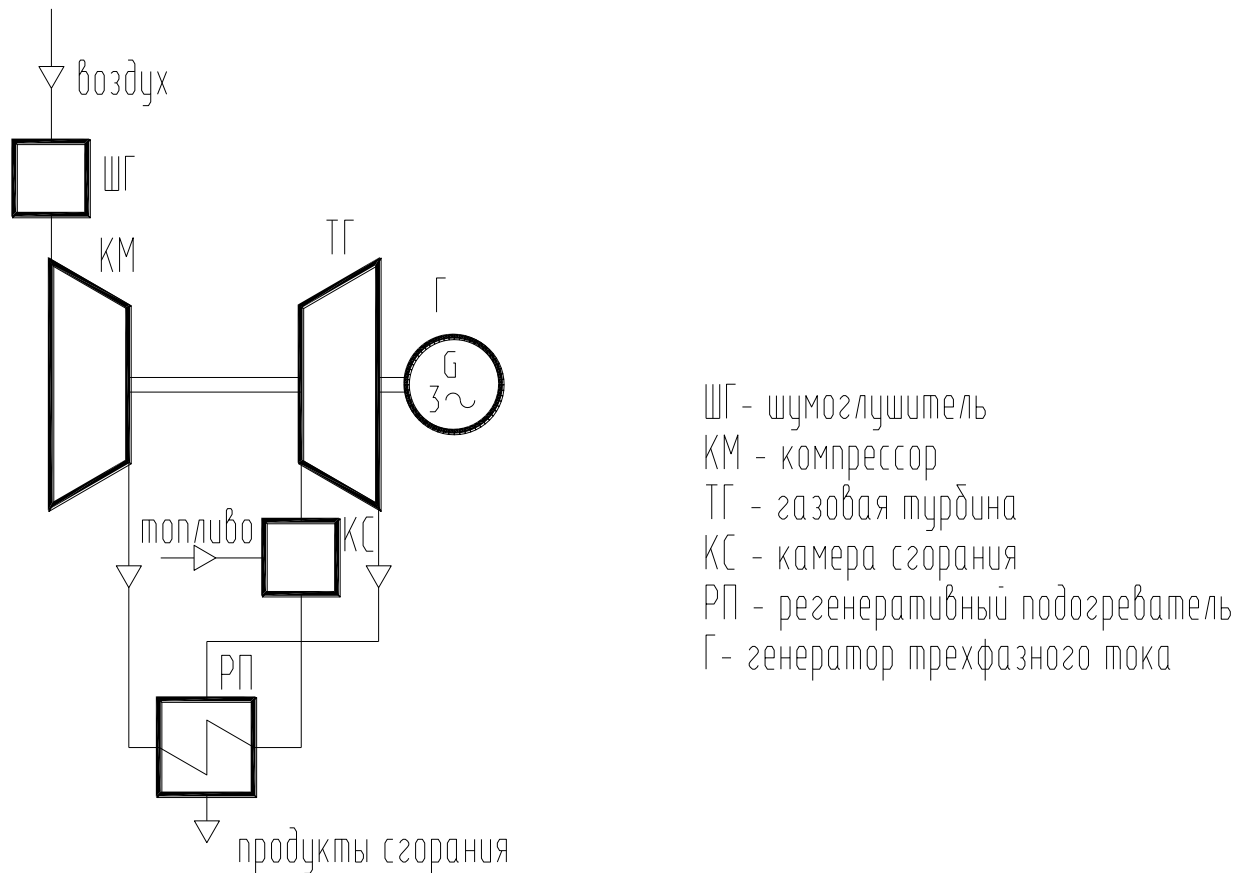


Рис. 1.8. Схема газотурбинной установки

смешивается с воздухом и сгорает. Горячие газы воздействуют на лопатки рабочего колеса турбины и приводят вал во вращение. На валу турбины смонтирован компрессор (КМ), который через шумоглушитель всасывает воздух из атмосферы, сжимает его и нагнетает в камеру сгорания. По пути сжатый воздух для повышения к.п.д. теплового цикла подогревается в *регенеративном подогревателе* (РП) горячими газами, истекающими из газовой турбины.

Шумоглушитель (ШГ) – обязательный элемент стационарной ГТУ, так как шум, создаваемый установкой, превышает болевой порог для уха человека.

Большая часть мощности, развиваемая газовой турбиной (~ 70%), расходуется на вращение компрессора с целью получения большого объема сжатого воздуха для полного сгорания топлива в камере сгорания и охлаждения элементов газовой турбины, поэтому к.п.д. ГТУ сравнительно невысок и значительно уступает к.п.д. ПТУ. По мощности ГТУ также серьезно уступают паротурбинным установкам, что ограничивает их применение в энергетике.

Но ГТУ незаменимы в качестве двигателей для перекачки природного газа, так как топливо для их работы отбирается непосредственно из самого газопровода.

И, наконец, остановимся на анализе тепловых схем *атомных электрических станций*. АЭС строят по одной-, двух- и трехконтурным схемам. Первые два типа станций предназначены для работы с реакторами на тепловых нейтронах (водо-водяной энергетический реактор ВВЭР). В третьем установлены реакторы на быстрых нейтронах (БН).

Схема *одноконтурной АЭС* (рис. 1.9) практически не отличается от схемы ТЭС. Формально место парового котла в ней занимает *ядерный реактор (Р)*, в котором питательная вода доводится до состояния влажного пара давлением 6,0 МПа, после чего последний направляется в паровую

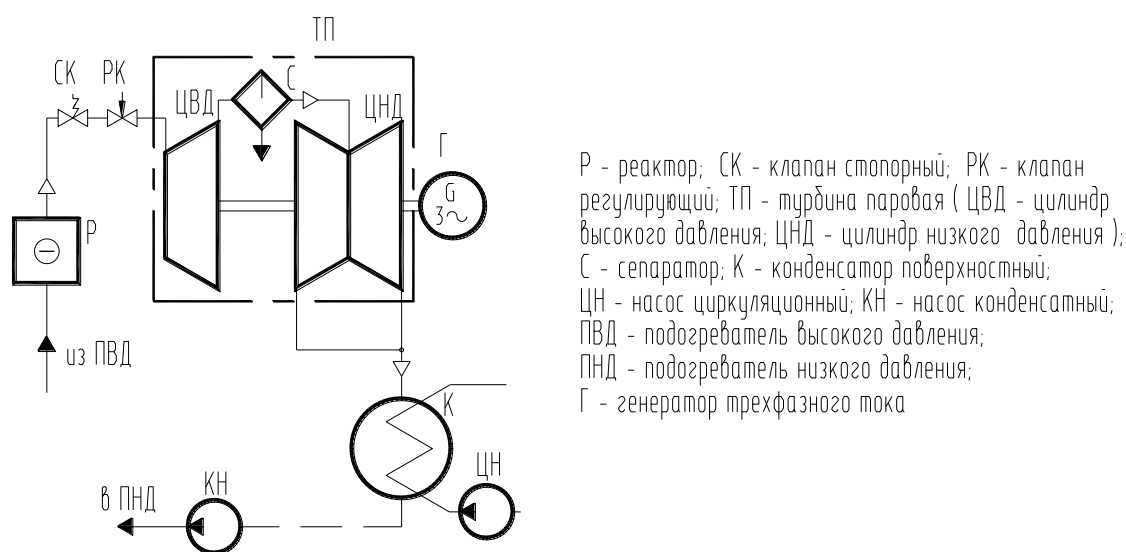
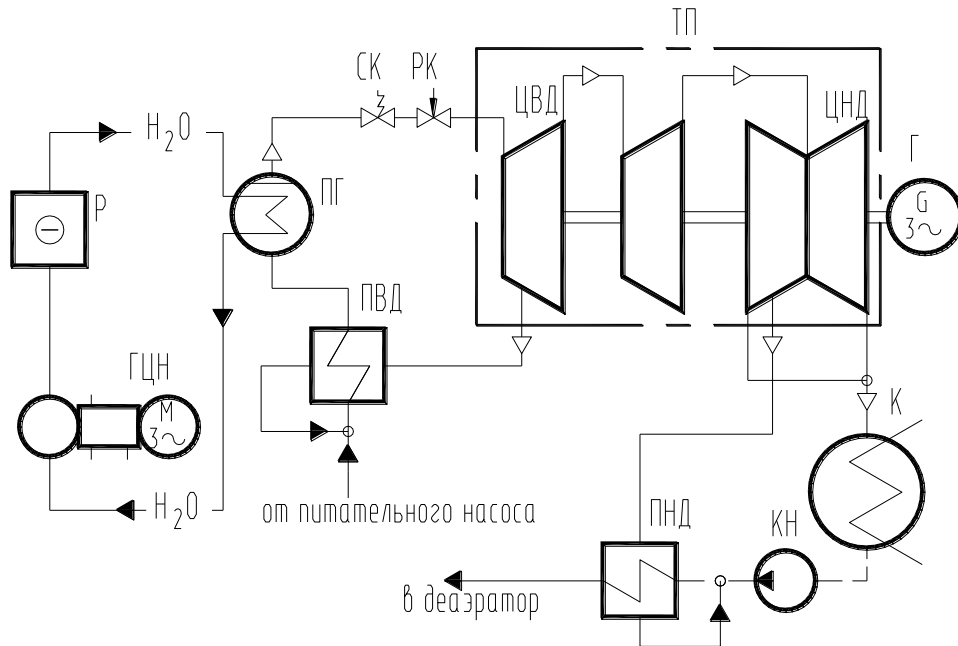


Рис. 1.9. Схема одноконтурной АЭС

турбину. Из-за высоких объемных расходов пара в турбине отсутствует цилиндр среднего давления и частота вращения понижена до $n = 1500$ об/мин. Между ЦВД и ЦНД установлен сепаратор (С) для удаления из рабочего *вещества* капельной влаги. В одноконтурной АЭС циркулирует слабо радиоактивный пар.

Двухконтурные АЭС (рис. 1.10) оборудованы реакторами типа ВВЭР (водо – водяной энергетический реактор; рабочее тело – вода, замедлитель нейтронов – вода). На выходе из реактора получают воду высокой температуры под большим давлением и направляют ее в парогенератор ПГ (теплообменник поверхностного типа), в котором происходит теплообмен с рабочим веществом второго контура. В результате теплообмена вода во втором контуре превращается в пар, поступает в турбину и работает далее в обычном цикле паротурбинной установки, а охлажденная после парогенератора вода первого контура главным циркуляционным насосом ГЦН нагнетается в реактор Р для очередного нагрева.

Трехконтурные схемы АЭС широкого распространения пока не получили.



Р - реактор; ПГ - пароперегреватель; ГЦН - насос главный циркуляционный; СК - клапан стопорный; РК - клапан регулирующий; ТП - турбина паровая (ЦВД - цилиндр высокого давления; ЦНД - цилиндр низкого давления); К - конденсатор поверхностный; КН - насос конденсатный; ПВД - подогреватель высокого давления; ПНД - подогреватель низкого давления; Г - генератор трехфазного тока

Рис. 1.10. Схема двухконтурной АЭС

2. КЛАССИФИКАЦИЯ СХЕМ

Согласно ГОСТ 2.102-68 [1] *схема* – это конструкторский документ, на котором показаны в виде условных изображений или обозначений составные части изделия и связи между ними.

Классификацию схем и общие требования к их выполнению устанавливает ГОСТ 2.701-84 [2]. В зависимости от элементов, составляющих изделие, и связей между ними схемы разделяются на *виды*. Каждому виду присваивается буквенный код по первой букве названия схемы (табл. 2.1).

Таблица 2.1. Виды схем

Вид схемы	Код	Вид схемы	Код
Электрическая	Э	Вакуумная	В
Гидравлическая	Г	Газовая	Х
Пневматическая	П	Деления	Е

Кинематическая	К	Комбинированная	С
Оптическая	Л	Энергетическая	Р

Вид схемы «тепловая» в данном стандарте отсутствует. Но так как тепловые схемы разрабатываются для различных энергетических объектов, их можно отнести к *энергетическим* схемам и присваивать им буквенный код «Р». Но в основной надписи должно быть написано: «Схема *тепловая*», т.к. это устойчивый и широко распространенный термин.

В зависимости от назначения схемы подразделяют на *типы*. Всего предусмотрено 8 типов схем. Каждому типу схем присваивается цифровой код, начиная с единицы (табл. 2.2).

Таблица 2.2. Типы схем

Тип схемы	Код	Тип схемы	Код
Структурная	1	Подключения	5
Функциональная	2	Общая	6
Принципиальная (полная)	3	Расположения	7
Соединений (монтажная)	4	Объединенные	0

Каждой схеме присваивается буквенно-цифровой код, соответствующий ее виду и типу.

Тепловые схемы чаще всего выполняются двух типов: *принципиальные* (упрощенные) и *полные* или развернутые.

Принципиальная тепловая схема – это упрощенная схема, включающая условные графические обозначения (УГО) только основного оборудования, обеспечивающего осуществление основного технологического процесса (в данном случае выработку электроэнергии), и линии связи между ними (см. рис. 1.1). При этом на схеме может отсутствовать резервное оборудование, перепускные и дренажные линии связи, регулирующая и запорная арматура и другие устройства, которые обеспечивают длительную эксплуатацию энергоустановок или необходимы для осуществления переходных режимов работы (пуска и останова). Такие схемы широко используются на стадии эскизного проектирования, в учебной и технической литературе.

Полная (развернутая) тепловая схема включает в себя полный состав элементов: резервное оборудование, регулирующую и запорную арматуру, и все линии связи между ними: перепускные, дренажные и др. Полные тепловые схемы разрабатываются на стадии технического и рабочего проектирования.

В стандарте [2] схема принципиальная и полная считаются одного типа и имеют одинаковый цифровой код – 3. Чтобы конкретизировать классификацию тепловых схем, *принципиальной* тепловой схеме присваивается код – Р3.1, а *полной* – Р3.2, который ставится после классификационного номера в основной надписи.

При этом в основной надписи должен быть указан тип схемы: «Схема тепловая *принципиальная*» или «Схема тепловая *полная*».

При проведении тепловых расчетов энергетических установок или всей станции выполняются схемы, которые включают в себя только то оборудование, в котором происходит изменение термодинамического состояния рабочей среды. Такие схемы можно назвать «Расчетными». Количество элементов, входящих в них, может отличаться и от принципиальных, и от полных схем. Расчетные схемы не выделяются в отдельный тип схем и не оформляются как самостоятельный конструкторский документ, а входят в состав расчетно-пояснительных записок. На расчетных схемах указываются параметры рабочей среды (давление, температура, сухость пара и т.д.) на входе в каждый элемент и выходе из него. Номенклатура типов схем на энергетическую установку должна определяться особенностями установки. Обязательно должно выполняться требование, чтобы комплект схем содержал сведения, достаточные для проектирования, монтажа, эксплуатации и ремонта установки.

3. ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ СХЕМ

3.1. Общие требования к схемам

Общие правила выполнения схем тепловых установок и энергетических сооружений устанавливаются в [2]. Они выполняются без соблюдения масштаба, действительное пространственное расположение составных частей не учитывается или учитывается приближенно. УГО элементов располагаются в том же порядке, в котором они находятся в установке.

Схемы должны быть выполнены компактно, но без ущерба для ясности и удобства их чтения. Форматы, на которых выполняется схема, должны быть удобны для пользования при монтаже и эксплуатации установок. УГО элементов и соединяющие их линии связи следует располагать таким образом, чтобы обеспечить наилучшее представление о составе установки и взаимодействии ее составных частей.

Линии связи должны состоять только из горизонтальных и вертикальных участков и иметь наименьшее количество пересечений и изломов. Расстояние между соседними линиями связи должно быть не менее 3-х мм. Если большое количество линий связи затрудняет чтение схемы, допускается обрывать их, заканчивая стрелками и указывая адрес направления. (Рис. 3.1).

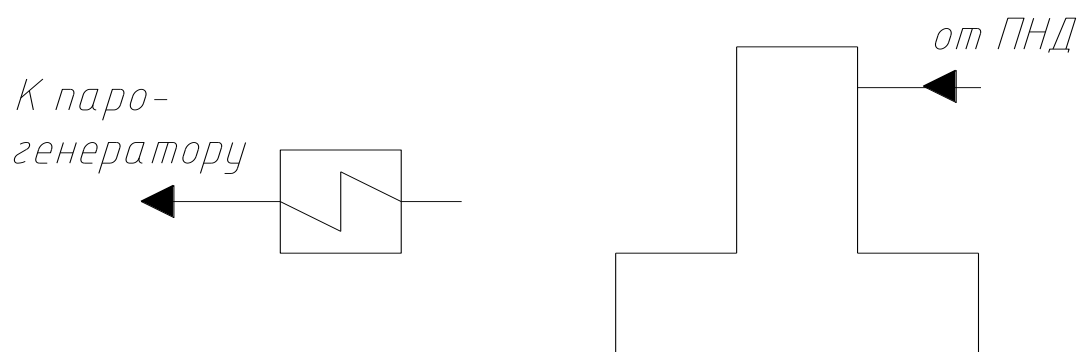


Рис. 3.1 Обозначение направлений рабочей среды

Около стрелок можно указывать параметры рабочей среды и характеристики трубопроводов (диаметр условного прохода D_y и др.).

Если рабочая среда – жидкость, то стрелки зачерняют или заштриховывают. Форма и размеры стрелок регламентируются ГОСТ 2.721-74 [3]. (Рис. 3.2).

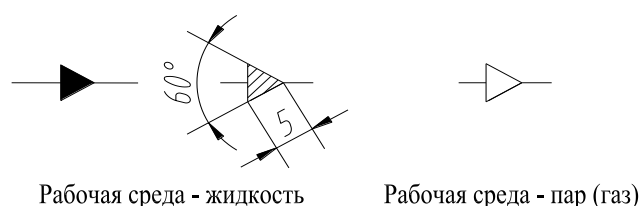


Рис. 3.2. Форма и размеры стрелок

Компоновка элементов тепловых схем на форматах выполняется с соблюдением установившихся правил. Обычно на тепловых схемах АЭС реакторную установку, а на схемах ТЭС – парогенератор располагают в левой части формата. В верхней части располагают условные графические обозначения (УГО) стопорных и регулирующих клапанов, а затем турбины вместе с электрическим генератором таким образом, чтобы линия их общего вала была горизонтальной. Согласно [3] линии механической связи отдельных элементов (валы) изображаются двумя параллельными линиями.

В правой части формата вниз от турбины на вертикальных участках линий связи располагаются конденсаторы с конденсатными насосами, эжекторами и т.д., а затем на горизонтальных участках – подогреватели низкого давления (ПНД) с насосами, деаэратор. Если на схеме изображаются внешние потребители тепла, а также охлаждающие сооружения (градирни), то их УГО размещают вправо от конденсатора.

В зависимости от размеров формата и насыщенности схемы подогреватели высокого давления (ПВД) могут быть расположены как на горизонтальных, так и на вертикальных участках линий связи. Регулирующая и запорная арматура располагается на свободных участках линий связи, а вспомогательное оборудование – на свободных местах схемы. Соединяют все элементы на схеме в той же последовательности, как они соединены в установке.

3.2. Условные графические обозначения (УГО) элементов в тепловых схемах

Условные графические обозначения (УГО), применяемые в тепловых схемах, изображают различные элементы и устройства и регламентируются различными стандартами. Так в тепловые схемы в общем случае входят: энергетическое оборудование (реакторы, парогенераторы, турбины и т.д.), гидравлические и электрические машины, арматура трубопроводная (регулирующая, запорная и др.), измерительные приборы. Поэтому перечень стандартов, определяющих УГО элементов схем, достаточно широкий [4...10].

Размеры УГО элементов тепловых схем задаются в стандартах. Если в стандарте отсутствуют размеры некоторых элементов, то они должны изображаться такой величины и конфигурации как соответствующие УГО в таблице стандарта. При выполнении схемы на больших форматах в виде плаката размеры УГО допускается увеличивать пропорционально в 2- 3 раза. В основном УГО энергетического оборудования приближенно отражают конфигурацию устройства и характер протекающих в нем процессов. Это УГО турбины, конденсатора, подогревателей. С этой точки зрения не совсем удачным является стандартное УГО модульного парогенератора реактора на быстрых нейтронах (реактора БН). Этот парогенератор включает в себя пароперегреватель (1), испаритель (2) и промежуточный пароперегреватель (3), т.е. три теплообменных аппарата. На рис. 3.3 представлено УГО парогенератора реактора типа БН, составленное как композиция УГО теплообменников и рекомендуемое для применения в схемах, выполняемых в учебных работах. В некоторых схемах используются только два модуля: испаритель и пароперегреватель. Такое УГО позволяет проследить процесс образования пара в парогенераторе и его последующего перегрева.

Положение УГО элементов тепловых схем по отношению к основной надписи рекомендуется в том виде, как они расположены в стандарте. Например, УГО деаэратора, сепаратора реактора РБМК (реактор большой мощности канальный), компенсатора давления, гидроемкости. УГО турбины, конденсатора, турбонасоса допускается изображать зеркально перевернутыми. УГО главного циркуляционного насоса (ГЦН) рекомендуется располагать только на вертикальных участках линий связи, сепаратор – пароперегреватель (СПП) – только на горизонтальных. УГО насосов, подогревателей, потребителей тепла допускается изображать

повернутыми на 90^0 , т.е. располагать на вертикальных и горизонтальных линиях связи.

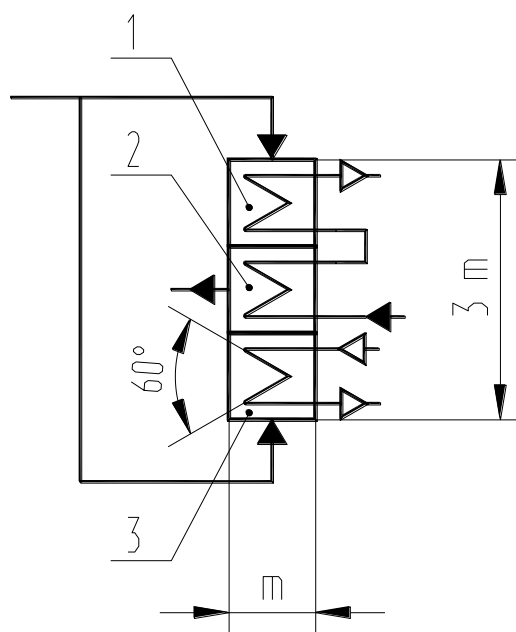


Рис. 3.3. Условное графическое обозначение модульного парогенератора реактора типа БН

Все УГО на схемах изображают сплошной основной линией толщиной $S = 0,5 \dots 1,4$ мм в зависимости от размеров схемы.

Кроме УГО, предусмотренных стандартами, можно применять другие графические обозначения: прямоугольники произвольных размеров, содержащие пояснительный текст; внешние очертания конкретных устройств; схематические разрезы. Нестандартные УГО на схемах должны быть пояснены.

В приложении к данному пособию приведены стандартные УГО энергетического оборудования, гидравлических устройств, арматуры трубопроводной и других устройств, входящих в схемы.

3.3. Буквенно-цифровые позиционные обозначения элементов тепловых схем

Каждому элементу схемы должно быть присвоено **обозначение**: буквенное, цифровое или буквенно-цифровое. В учебной и технической литературе в тепловых схемах традиционно используются цифровые обозначения, а под схемой дается их пояснение.

На схемах, входящих в состав проектной и рабочей документации, а также в расчетно-пояснительные записки, применяются буквенно-цифровые позиционные обозначения. Буквенные обозначения составляются по начальным или характерным буквам названий элементов (например, парогенератор модульный – ПГМ, турбина паровая – ТП) и пишутся заглавными буквами над элементом или справа от него. В приложении

приведены рекомендуемые буквенные обозначения элементов тепловых схем.

Цифровые обозначения присваиваются однотипным элементам тепловых схем в порядке их расположения по *ходу движения рабочей среды*. Для многоконтурных схем присвоение порядковых номеров однотипным элементам происходит в пределах каждого контура последовательно.

Если необходимо, можно размещать поясняющие надписи возле некоторых элементов. Например, турбина паровая состоит из трех цилиндров: высокого, среднего и низкого давления, то возле каждой части указывается ее обозначение: ЦВД, ЦСД, ЦНД. Затем все три цилиндра заключаются в прямоугольную рамку штрих пунктирной линией с двумя точками, и над рамкой пишется обозначение турбины – ТП1.

3.4. Составление перечня элементов тепловой схемы

Технические данные элементов, входящих в схему, должны быть записаны в *перечень элементов*.

Связь перечня с УГО элементов должна осуществляться через позиционные обозначения. Для принципиальных схем, содержащих небольшое количество элементов, допускается данные об элементах размещать около УГО на полках линий-выносок. Полки рекомендуется располагать относительно одной горизонтали или вертикали.

Перечень элементов оформляется в виде таблицы, которую размещают на первом листе схемы над основной надписью на расстоянии не менее 12 мм от нее. Продолжение перечня размещают слева от основной надписи, повторяя заголовок таблицы. Форма и размеры таблицы перечня показана на рис. 3.4.

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание

Рис. 3.4. Форма таблицы перечня

В графах перечня указывают следующие данные: «Поз. обозначение» (позиционное) – буквенно-цифровое или цифровое обозначение элемента или устройства схемы; «Наименование» – наименование элемента в

соответствии с документом, на основании которого этот элемент применен, и обозначение этого документа (ГОСТ, ОСТ, ТУ, каталог). При необходимости указания технических данных элемента, не содержащихся в его наименовании, их рекомендуется указывать в графе «Примечание». При необходимости в перечень допускается вводить дополнительные графы, если они не дублируют сведений в основных графах. В графе «Кол.» указывается количество одноименных элементов схем.

Сложные схемы с большим количеством элементов, многоконтурные, разбиваются на зоны – квадраты выбранного размера: А1, Б2, которые указывают зону расположения каждого элемента схемы. Графа «Зона» размещается перед графой «Поз. обозначение» и имеет размер 8 мм. При этом настолько же сокращается графа «Наименование».

Перечень элементов заполняется сверху вниз. Для тепловых схем порядок его заполнения должен соответствовать направлению движения рабочей среды в контуре, т.е. начинаться с парового котла для ТЭС и с реактора для АЭС. Если схема многоконтурная, то порядок заполнения перечня определяется движением рабочей среды в каждом контуре. Элементы схем, через которые рабочая среда не проходит (электрогенератор, двигатели и т.д.), рекомендуется записывать после того элемента, с которым они соединены общим валом или же в конце перечня.

Однотипные элементы, имеющие одинаковые буквенные обозначения, но разные порядковые номера, следует объединять в группы. В пределах группы элементы располагают по возрастанию порядковых номеров. В этом случае в графе «Наименование» указывается общее название элементов группы во множественном числе с указанием нормативного документа, на основании которого эти элементы применены. Название группы подчеркивается в пределах строки. При автоматизированном проектировании допускается название группы элементов не подчеркивать. Название группы выделяется сверху и снизу одной свободной строкой. Между отдельными элементами или группами элементов рекомендуется оставлять одну-две свободные строки. Это обеспечивает возможность внесения изменений в перечень или дополнение его.

При отсутствии места на поле схемы для размещения перечня его можно оформить в виде самостоятельного документа на отдельных листах формата А4 (210x297 мм). На первом листе перечня выполняется основная надпись по форме 2 для текстовых документов (ГОСТ 2.104-2006 [11]) с размерами 40x185, в графе 1 которой указывают наименование установки, а также наименование документа: «Перечень элементов». При этом ему присваивается дополнительный буквенный код «П», который проставляется перед кодом схемы: ПР3.1 – перечень элементов к принципиальной тепловой схеме. На последующих листах основная надпись выполняется по форме 2а (размеры 15x185).

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Р1	Реактор типа БН	1	
ПГ1	Парогенератор ПГК-200М	1	
ПТ1	Промежуточный теплообменник	1	
	Насосы		
Н1	ГЦН	1	
Н2		1	
Н3	Конденсатный	1	
Н4	Питательный	1	
ТП1	Турбина паровая К-200-130 ПОТ ЛМЗ	1	
	ЦВД-однопоточный	1	
	ЦСД-однопоточный	1	
	ЦНД-двухпоточный	1	
К1	Конденсатор поверхностный 200 КЦС-2	1	
	Подогреватели ОСТ 108.271.28-81		
П1, П2	ПН-350-16-7-1	2	
П3	ПВ-700-265-13	1	
Д1	Деаэратор ДП-1000	1	
Г1	Генератор трехфазного тока	1	
МИФТ.562527.011 ПР3.1			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.
Дата			
Разраб.			
Проб.			
Н. контр.			
Чтв.			
Энергоблок с реактором типа БН Перечень элементов			Лист
			Лист
			Листов
			1
			2
			МЭИ

Рис. 3.5. Пример заполнения перечня элементов

Если установки, входящие в тепловую схему, состоят из нескольких отдельных частей, в перечне элементов они образуют группу с общим

наименованием и пояснениями около составных частей. Например, паровая турбина, состоящая из трех цилиндров: ЦВД, ЦСД и ЦНД. Наименование группы: Турбина паровая. Ниже записываются составные части турбины с их характеристиками: ЦВД – однопоточный, ЦСД – однопоточный, ЦНД – двухпоточный. Пример заполнения перечня элементов показан на рис. 3.5.

3.5. Условные обозначения рабочей среды в тепловой схеме

Линии связи на тепловых схемах обозначают трубопроводы, в которых циркулирует *рабочая среда*. На разных участках схемы ее агрегатное состояние различное: в реакторном контуре АЭС – теплоноситель (вода, жидкий металл), после парогенератора – острый пар, из турбины отбирается пар регулируемых или нерегулируемых отборов, после конденсатора – конденсат, после деаэрата – питательная вода и т.д. Для того, чтобы на схеме можно было сразу понять, какая рабочая среда и в каком состоянии находится на каждом участке для линий связи используются линии разной толщины и начертания. Рекомендуемые условные обозначения *рабочей среды* приведены в приложении.

На принципиальных тепловых схемах ТЭС и АЭС, предназначенных для иллюстраций в тексте пособий или пояснительных записок, а также на расчетных схемах при выполнении тепловых расчетов отдельных элементов (турбин, подогревателей и др.) все линии связи изображают сплошной толстой линией, т.к. в этих случаях характер рабочей среды не так важен, а необходимы ее параметры и их изменение.

В условиях автоматизированного проектирования можно использовать линии одинаковой толщины, но с разными маркерами (V, X, // и т.д.) для разных рабочих сред. Можно использовать линии разных цветов.

На свободном поле схемы должна быть дана расшифровка условных обозначений рабочих сред на разных участках.

3.6. Текстовая информация на схемах

На поле схемы допускается помещать *текстовую информацию*. Это могут быть различные технические параметры, требования к монтажу и др., которые желательно располагать на первом листе схемы (если она выполняется на нескольких листах) над основной надписью (если перечень элементов выполняется на отдельных форматах).

Содержание текста должно быть кратким и точным, без применения сокращения слов за исключением общепринятых или установленных в стандартах.

На свободном поле схемы даются также пояснения об агрегатном состоянии рабочей среды.

Текстовая информация в зависимости от содержания и назначения может быть расположена: рядом с графическими обозначениями; внутри

графических обозначений; над линиями связи; в разрыве линий связи; у концов линий связи; на свободном поле схемы.

Пример выполнения тепловой принципиальной схемы «Энергоблок с реактором типа БН» приведен на рис. 3.6.

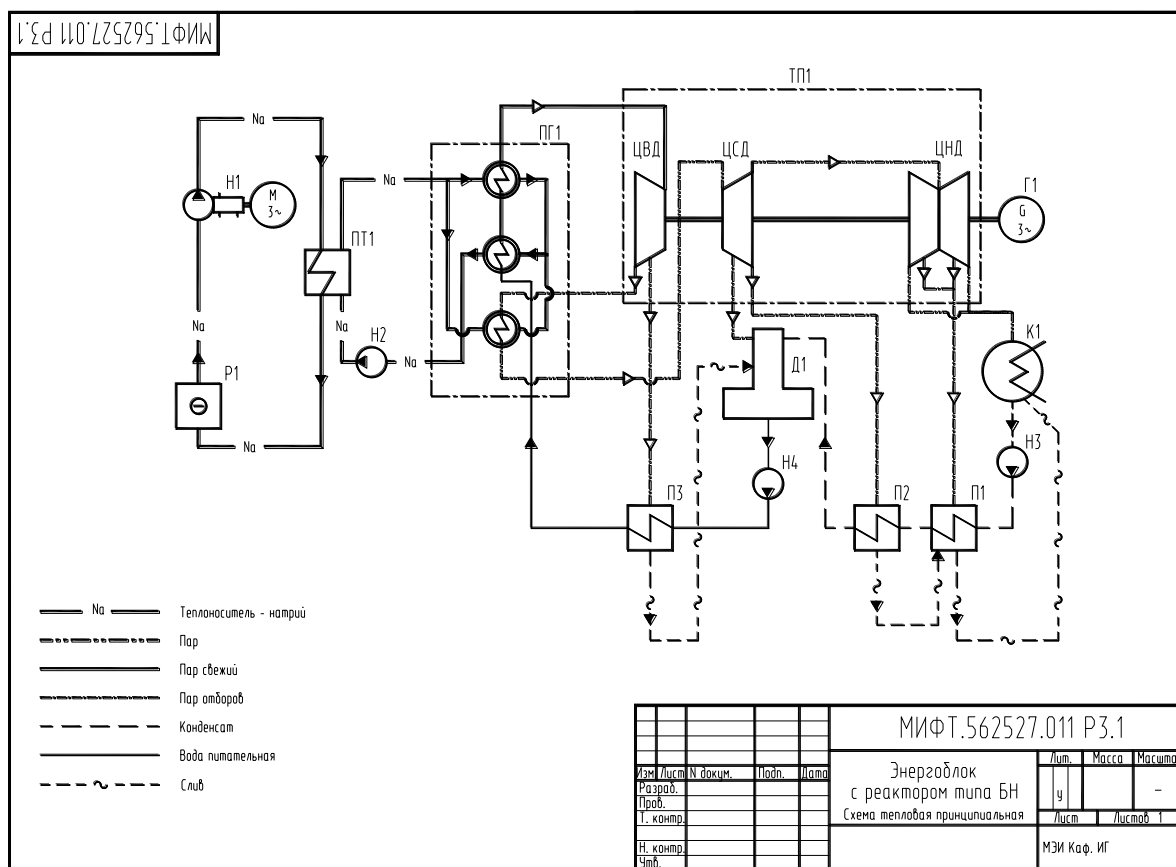


Рис.3.6. Тепловая схема энергоблока с реактором типа БН

3.7. Заполнение основной надписи тепловой схемы

На чертежах и схемах выполняется стандартная по ГОСТ 2.104-2006 [11] основная надпись по форме 1 с размерами 55x185, которая размещается в правом нижнем углу. На рис. 3.7 показана форма основной надписи, ее размеры и заполнение. В графе 1 указывается наименование изделия или устройства, изображенного на чертеже или схеме. В этой же графе указывается название конструкторского документа (КД).

В графе 2 дается обозначение конструкторского документа, которое состоит из нескольких частей. В связи с внедрением вычислительной техники возникла проблема логичного и компактного описания любого конструкторского документа при помощи цифр.

ГОСТ 2.201-80 [12] устанавливает единую обезличенную классификационную систему обозначения изделий и их конструкторских документов (КД) для всех отраслей промышленности при их разработке и изготовлении.

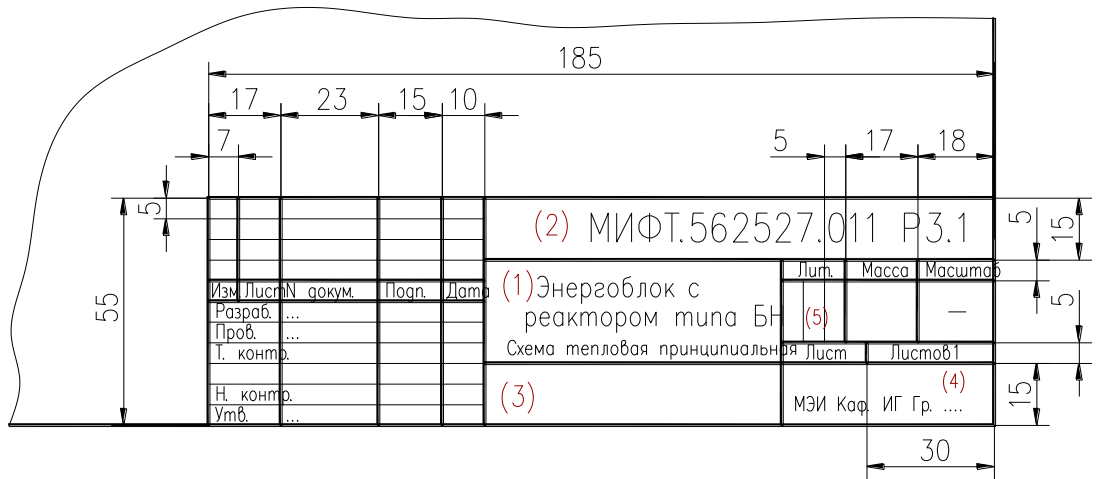


Рис.3.7. Пример заполнения основной надписи тепловой схемы

Структура обозначения изделий и их КД включает в себя: четырехзначный буквенный код организации-разработчика (для МЭИ – МИФТ), шестизначный код классификационной характеристики, трехзначный порядковый номер изделия и код документа, установленный соответствующими стандартами ЕСКД (СБ, ТЧ, РЗ.1). Не имеют кода только основные КД – спецификация и чертеж детали. Пример обозначения КД приведен на рис. 3.8.

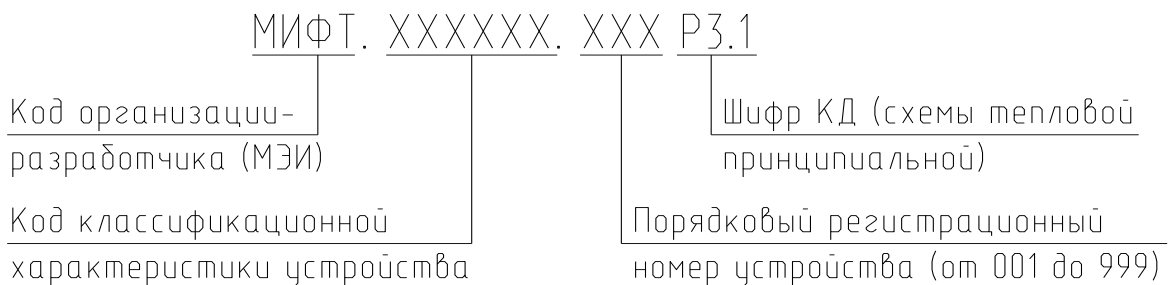


Рис. 3.8. Структура обозначения конструкторского документа

Код классификационной характеристики присваивают изделию по классификатору ЕСКД. [13].

Классификационная характеристика любого изделия определяется его функциональным назначением (сборочные единицы, устройства) или геометрической формой и способом изготовления (деталь) и не зависит от того, каким предприятием разрабатывается КД. Структура ее следующая:

С углублением уровня классификации(подкласс, группа и т.д.) последовательно конкретизируется функциональное значение и устройство изделия.

В классе 56 классификатора ЕСКД представлены классификационные характеристики различных источников электрической энергии.

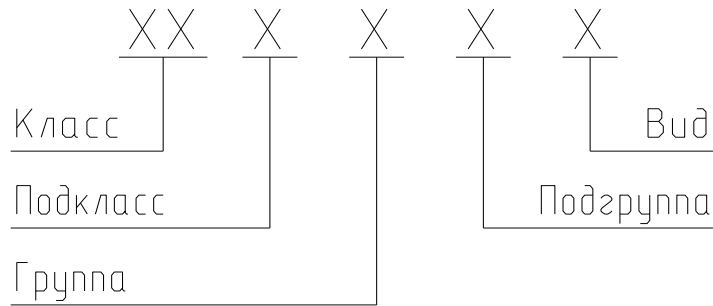


Рис. 3.9. Структура классификационной характеристики

56 – *класс*: Источники электрической энергии, системы электроснабжения;

2 – *подкласс*: Источники электрической энергии турбогенераторные;

5 – *группа*: мощностью свыше 200 кВт;

2 – *подгруппа*: переменного тока частотой 50 Гц;

7 – *вид*: с первичным источником энергии – ядерным реактором.

Таким образом, классификационная характеристика энергоблока с реактором типа БН: 562527.

Для тепловых станций с теми же параметрами, но с первичным источником энергии на *твердом топливе*, классификационная характеристика будет: 562521. Пример классификатора приведен на рис. 3.10.

В учебных работах вместо порядкового регистрационного номера, который присваивается организацией-разработчиком, можно указывать номер варианта задания.

В графе 3 дается обозначение марки материала, из которого изготавливается деталь. На схемах и чертежах сборочных единиц эта графа не заполняется.

В графе 4 указывается название предприятия, выпускающего КД.

В графе 5 – Лит. (литера – буква) указывается буква, обозначающая стадию разработки КД (Э – эскизный проект, Т – технический проект и т.д.). Для *учебных работ* здесь ставится буква «У».

Если схема большая и сложная и выполняется на нескольких листах, то в графе «Листов» указывается общее количество листов, а в графе «Лист» – порядковый номер данного листа. Если лист всего один, то указывается «Листов 1».

Кроме основной надписи в левом верхнем углу формата размещается дополнительная графа с размерами 70x14, где также указывается полное обозначение КД (см. рис. 3.6).

КЛАСС 560000	Источники электрической энергии, системы электроснабжения. Комплекты электрооборудования			
ПОДКЛАСС 562000	Источники электрической энергии турбогенераторные			
ГРУППА 562500	Мощностью св. 200 кВт			
ПОДГРУППА	ВИД			
562510 Постоянного тока	562511	С первичным источником энергии, входящим в состав турбогенераторного источника	На твердом топливе	
		2	На жидком топливе	
		3	- газовом аккумулятором давления	
	4			
	5	С первичным источником энергии, не входящим в состав турбогенераторного источника	- поток газа или жидкости	
			6	- солнечная энергия
			7	- ядерный реактор
			8	
			9	
562520 Переменного тока с частотой 50 Гц	562521	С первичным источником энергии, входящим в состав турбогенераторного источника	На твердом топливе	
		2	На жидком топливе	
		3	- газовом аккумулятором давления	
	4			
	5	С первичным источником энергии, не входящим в состав турбогенераторного источника	- поток газа или жидкости	
			6	- солнечная энергия
			7	- ядерный реактор
			8	
			9	
562530 Переменного тока частотой 400 Гц	562531	С первичным источником энергии, входящим в состав турбогенераторного источника	На твердом топливе	
		2	На жидком топливе	
		3	- газовом аккумулятором давления	
	4			
	5	С первичным источником энергии, не входящим в состав турбогенераторного источника	- поток газа или жидкости	
			6	- солнечная энергия
			7	- ядерный реактор

Рис. 3.10. Пример 56 класса классификатора

4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ СХЕМЫ

Каждый студент получает индивидуальное задание, по которому затем выполняется схема.

Задание представляет собой изображение схемы конкретной установки, но не в таком виде, как она должна выглядеть после выполнения. Пример задания для выполнения тепловой схемы «Энергоблок с реактором типа БН» приведен на рис. 3.11.

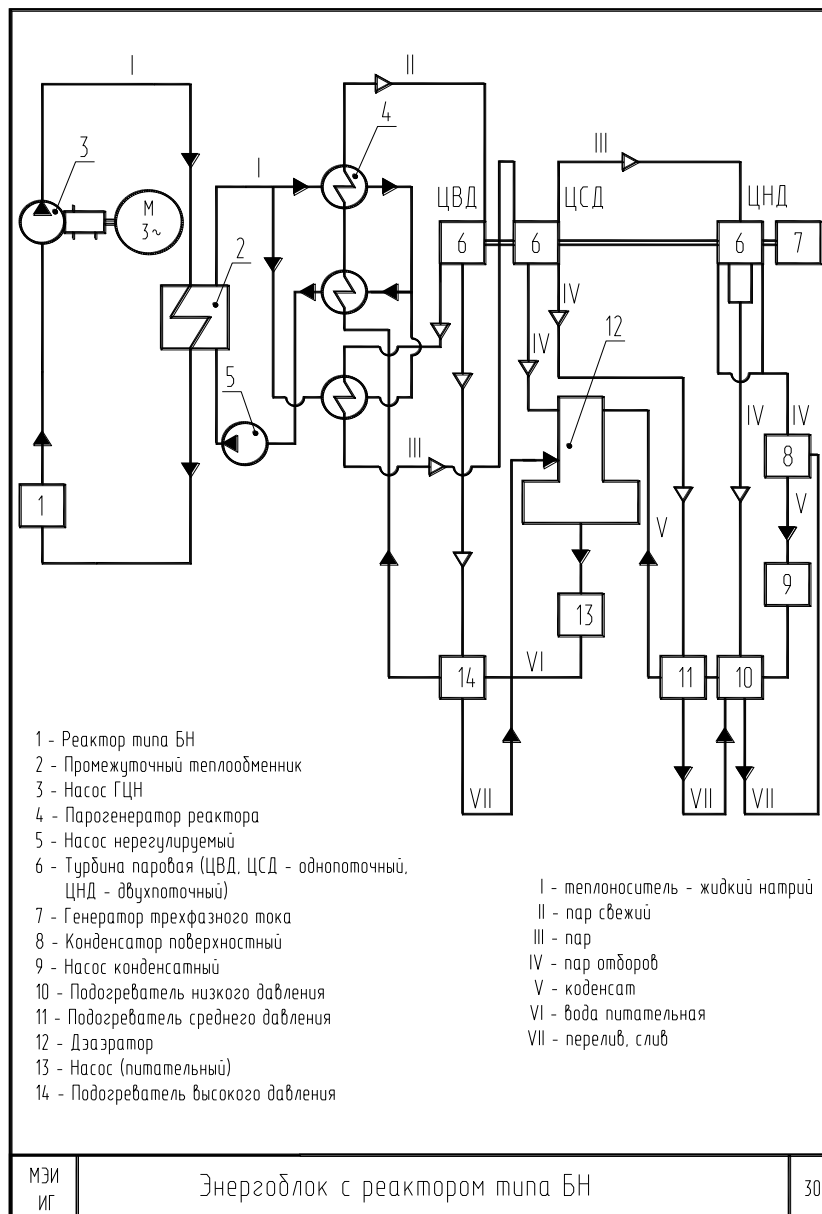


Рис. 3.11. Пример задания для выполнения тепловой схемы «Энергоблок с реактором типа БН»

В задании дается перечень всех элементов, входящих в данную установку. При чем, некоторые элементы изображаются своими УГО, а другие – только квадратами с цифрами. Задача студента найти в приложении к пособию соответствующие УГО всех элементов и разместить их на схеме.

После этого каждому элементу должно быть присвоено буквенно-цифровое позиционное обозначение (см. 3.3).

Как было сказано выше (см. 3.5), на каждом участке тепловой схемы циркулирует рабочая среда с разными параметрами и в разных агрегатных состояниях. В задании над линиями связи проставлены римские цифры, а на поле формата дается расшифровка состояния рабочей среды. Студент должен найти в приложении изображения линий, соответствующие каждому агрегатному состоянию, и изобразить их на схеме. На свободном поле схемы даются пояснения, как изображаются различные состояния рабочей среды. На всех участках линии связи схемы стрелками должно быть указано направление движения рабочей среды (см. рис. 3.2).

После этого должен быть составлен перечень элементов схемы. Если формат позволяет, он размещается над основной надписью схемы на расстоянии 12 – 15 мм от нее. А если нет места, то перечень выполняется на отдельном формате А4 с основной надписью по форме 2 с размерами 40x185 (см. 3.4 и рис. 3.5).

Затем должна быть заполнена основная надпись: подобрана классификационная характеристика, указано название установки и конструкторского документа, указан разработчик схем (см. 3.7). Классификационные характеристики энергетических установок, схемы которых входят в комплект заданий, приведены в приложении 3.

После этого работа защищается и оценивается преподавателем.

Вопросы к защите тепловой схемы

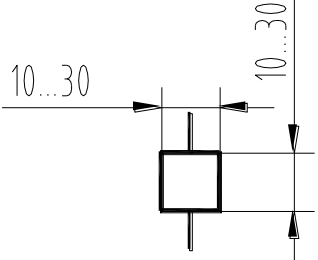
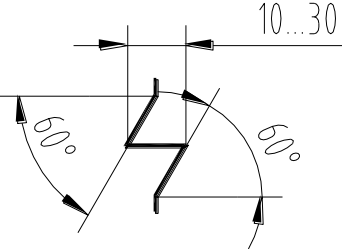

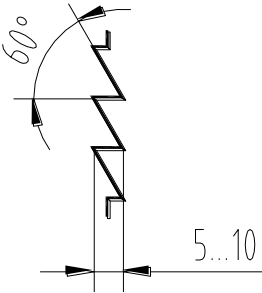
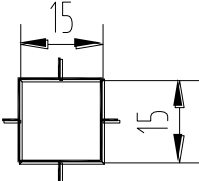
1. Общая классификация схем.
2. Особенности классификаций тепловых схем. Шифр тепловых схем.
3. Общие требования к выполнению схем. Рекомендации по компоновке тепловых схем.
4. Как присваиваются буквенно-цифровые позиционные обозначения элементам схем?
5. Как изображается и поясняется на тепловых схемах рабочая среда?
6. Правила составления перечня элементов в схемах.

Список использованных источников

1. ГОСТ 2.102-68. Виды и комплектность конструкторских документов.
2. ГОСТ 2.701-84. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению.
3. ГОСТ 2.721-74*. Обозначения графические условные в схемах. Обозначения общения применения.
4. ГОСТ 21.403-80. Обозначения условные графические в схемах. Оборудование энергетическое.
5. ГОСТ 2.780-96. Обозначения условные графические. Кондиционеры рабочей среды, емкости гидравлические и пневматические.
6. ГОСТ 2.781-96. Обозначения условные графические. Аппараты гидравлические и пневматические, устройства управления и приборы контрольно-измерительные.
7. ГОСТ 2.782-96. Обозначения условные графические. Машины гидравлические и пневматические.
8. ГОСТ 2.784-96. Обозначения условные графические. Элементы трубопроводов.
9. ГОСТ 2.785-70. Обозначения условные графические. Арматура трубопроводная.
10. ГОСТ 2.722-68*. Обозначения условные графические в схемах. Машины электрические.
11. ГОСТ 2.104-2006. Основные надписи
12. ГОСТ 2.201-80 ЕСКД. Обозначение изделий и конструкторских документов
13. Классификатор ЕСКД. Класс 56. Источники электрической энергии, системы электроснабжения. Москва, «Книга», 1986.

ОБОЗНАЧЕНИЯ УСЛОВНЫЕ ГРАФИЧЕСКИЕ В СХЕМАХ.
 ОБОРУДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ (по ГОСТ 21.403 - 80)

1. Условные графические обозначение котлов.

НАИМЕНОВАНИЕ		ОБОЗНАЧЕНИЕ	
		графическое	буквенное
1	Котел паровой Котел водяной (бойлер)		КП КВ
2	Пароперегреватель		ПП
3	Котел с пароперегревателем		КПП
4	Экономайзер		Э
5	Теплообменник смешивающий		ТО

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛ. 1

2. Условные графические обозначение реакторов для атомных электростанций и оборудования I контура.

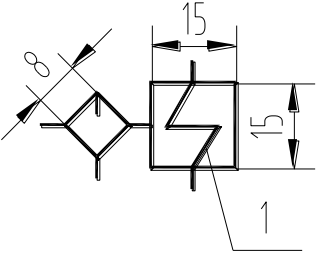
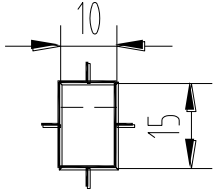
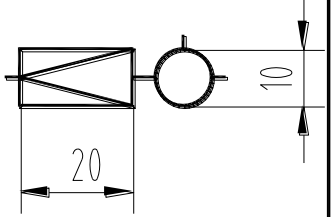
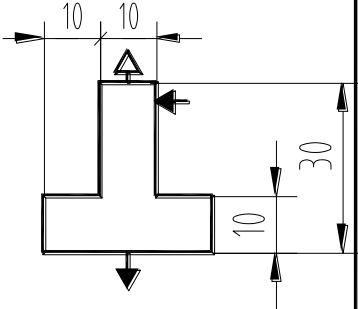
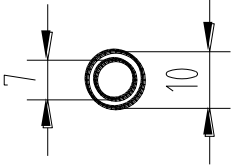
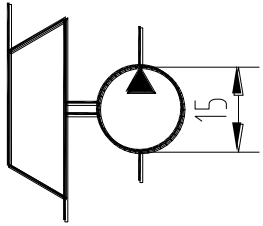
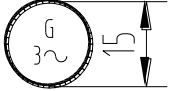
НАИМЕНОВАНИЕ	ОБОЗНАЧЕНИЕ	
	графическое	буквенное
1 Реактор ядерный		Р
2 Парогенератор реактора ВВЭР		ПГ
3 Парогенератор модульный реактора БН		ПГМ
4 Сепаратор реактора РБМК		СР
5 Компенсатор давления (объема) теплоносителя реактора		К
6 Гидроемкость (конденсатосборник)		ГЕ
7 Насос ГЦН		Н

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛ. 1

3. Условные графические обозначение турбин и турбинного оборудования .

НАИМЕНОВАНИЕ	ОБОЗНАЧЕНИЕ	
	графическое	буквенное
1 Турбина паровая (газовая). Цилиндр турбины однопоточный		ТП
2 Турбина паровая с промежуточным перегревом		ТП
3 Турбина паровая двухпоточная. Цилиндр турбины двухпоточный		ТП
4 Конденсатор поверхностный		К
5 Подогреватель поверхностный (общее обозначение)		П
6 Сепаратор		СС

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛ. 1

<p>7 Сепаратор-пароперегреватель промежуточный однопоточный (В многоступенчатом пароперегревателе поз. 1 повторяется в зависимости от числа ступеней)</p>		СПП
<p>8 Колонка разделительная (сепаратор-расширитель)</p>		КР
<p>9 Редукционно-охлаждающая установка</p>		РОУ
<p>10 Деаэратор (рабочее давление проставляется в контуре бака)</p>		Д
<p>11 Потребитель тепла</p>		ПТ
<p>12 Турбинасос</p>		ТН
<p>13 Генератор трехфазного тока (ГОСТ 2. 722-68)</p>		Г

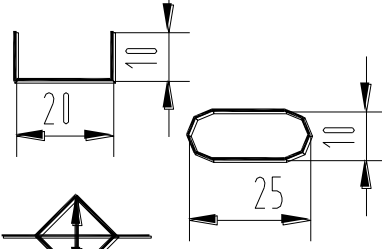
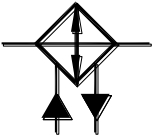
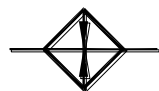
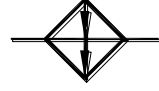
ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛ. 1

ОБОЗНАЧЕНИЯ УСЛОВНЫЕ ГРАФИЧЕСКИЕ. АРМАТУРА ТРУБОПРОВОДНАЯ

| по ГОСТ 2.785 - 70 |

НАИМЕНОВАНИЕ	ОБОЗНАЧЕНИЕ	
	графическое	буквенное
1 Клапан запорный проходной, угловой, трехходовой		КЗ КУ КТ
2 Клапан регулирующий проходной, угловой		КР
3 Клапан обратный (невозвратный) [движение рабочей среды от белого треугольника к черному]		КО
4 Клапан предохранительный		КД
5 Клапан дроссельный		КДР
6 Клапан редукционный [вершина треугольника направлена в сторону повышенного давления]		КЦ ЗД

ОБОЗНАЧЕНИЯ УСЛОВНЫЕ ГРАФИЧЕСКИЕ. КОНДИЦИОНЕРЫ РАБОЧЕЙ СРЕДЫ, ЕМКОСТИ ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ И ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ | по ГОСТ 2.780 - 96 |

НАИМЕНОВАНИЕ	ОБОЗНАЧЕНИЕ	
	графическое	буквенное
1 Гидробак: а) под атмосферным давлением б) с внутренним давлением выше атмосферного		Б
2 Охладитель		ОД
3 Подогреватель		П
4 Охладитель и подогреватель		ОП

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛ. 1

ОБОЗНАЧЕНИЯ УСЛОВНЫЕ ГРАФИЧЕСКИЕ.

МАШИНЫ ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ И ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ (по ГОСТ 2.782 - 96)

НАИМЕНОВАНИЕ	ОБОЗНАЧЕНИЕ	
	графическое	буквенное
1 Насос нерегулируемый: а) с нереверсивным потоком б) с реверсивным потоком		Н Н
2 Компрессор		КМ
3 Насос струйный (эжектор, инжектор): а) с жидкостным внешним потоком б) с газовым (паровым) внешним потоком		ЭВ ЭП

ОБОЗНАЧЕНИЯ УСЛОВНЫЕ ГРАФИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТРУБОПРОВОДОВ

(по ГОСТ 2.784 -96)

НАИМЕНОВАНИЕ	ОБОЗНАЧЕНИЕ
1 Трубопровод (общее обозначение)	
2 Соединение трубопроводов	
3 Перекрещивание трубопроводов (без соединения)	
4 Компенсатор (общее обозначение)	
5 Шайба дроссельная, сужающее устройство расходомерное (диафрагма)	
6 Направление потока жидкости	
7 Направление потока воздуха (газа)	
8 Линия механической связи (по ГОСТ 2.721-74)	

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ РАБОЧЕЙ СРЕДЫ
(по ОСТ 108.001.105-77)

НАИМЕНОВАНИЕ	ОБОЗНАЧЕНИЕ	ПРИМЕЧАНИЕ
Пар, газ, воздух		
1 Пар		Толщина линий 0.8...1.5 мм
2 Пар свежий		
3 Пар промперегрева		
4 Пар производственного и теплофикационного отбора		
5 Пар нерегулируемого отбора		
6 Паровоздушная смесь		Толщина линий 0.2...1.0 мм
7 Газ		
8 Воздух		
9 Воздух сжатый		
Вода		
10 Вода питательная		Толщина линий 0.2...1.0 мм
11 Вода сетевая, подпиточная		
12 Вода сырая, техническая, циркуляционная		
13 Вода химочищенная		
14 Конденсат		
15 Дренаж, переливы, сливы		

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Классификационные характеристики установок

Вар.	Название установки	Классификационная характеристика
1.	Станция с газовым промежуточным перегревом	562521
2.	Пароснабжение от ТЭЦ (однотрубное)	624122
3.	АЭС	562527
4.	Станция с турбинами К-100-90	562521
5.	ТЭС	
6.	АЭС	562527
7.	АЭС	
8.	АЭС с водным теплоносителем (схема одноконтурная)	562527
9.	АЭС с турбинами К-200-44 ХТГЗ	
10.	Турбоустановка К-200-130 ЛМЗ	624111
11.	АЭС с реактором БН-600 и турбиной К-200-130	
12.	АЭС с реактором, охлаждаемым водой под давлением	
13.	АЭС с реактором, охлаждаемым водой под давлением (с ядерным перегревом пара)	562527
14.	АЭС с реактором, охлаждаемым водой под давлением (с ядерным перегревом пара)	
15.	Электростанция, использующая геотермальное тепло и органическое топливо	562525
16.	Электростанция, использующая геотермальное тепло и органическое топливо	
17.	АЭС	
18.	АЭС с газотурбинными установками (с промежуточным охлаждением газа)	562527
19.	АЭС с газотурбинными установками (с промежуточным нагревом и охлаждением газа)	
20.	АЭС на быстрых нейтронах	
21.	АЭС с газоохлаждаемым реактором	
22.	Частично двухконтурная АЭС	562527
23.	АЭС	
24.	Подогрев сетевой воды	624122
25.	Нововоронежская АЭС с реактором ВВЭР	562527
26.	Турбоустановка К-1000-60/1500	624111

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. Циклы тепловых и атомных электростанций.....	3
1.1. Основные способы получения электрической энергии.....	3
1.2. Циклы тепловых станций.....	4
1.3. Назначение и принципы работы основного энергетического оборудования электростанций.....	6
2. Классификация схем.....	14
3. Правила выполнения тепловых схем.....	16
3.1. Общие требования к схемам	16
3.2. Условные графические обозначения (УГО) элементов в тепловых схемах.....	17
3.3. Буквенно-цифровые позиционные обозначения элементов тепловых схем.....	19
3.4. Составление перечня элементов тепловой схемы.....	20
3.5. Условные обозначения рабочей среды в тепловой схеме	23
3.6. Текстовая информация на схемах.....	23
3.7. Заполнение основной надписи тепловой схемы.....	24
4. Порядок выполнения тепловой схемы.....	28
Вопросы к защите тепловой схемы.....	29
Список использованных источников.....	30
Приложения.....	31