

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования «Московский архитектурный институт»**

Кафедра «Архитектура промышленных сооружений»

О.А. Охлопкова

ТЕПЛОВАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ (ТЭЦ)

Учебное пособие

для студентов очной формы обучения
по направлению подготовки 270100 «Архитектура»
(квалификация «бакалавр»)

Москва
МАРХИ
2019

УДК 725.1: 621.311

ББК 85.11:38.72

*Издается по решению кафедры «Архитектура промышленных сооружений»
Московского архитектурного института (государственной академии).
Протокол № 25 заседания кафедры от 15. 02. 2019 г.*

Рецензенты:

*К.Ю. Чистяков, кандидат архитектуры, профессор кафедры «Архитектура
промышленных сооружений»*

*М.Н. Канунников, кандидат архитектуры, профессор, главный архитектор
ООО «Архитектурное бюро «Четвертое измерение»*

Охлопкова О.А.

Тепловая электростанция (ТЭЦ): Учебное пособие. – М.: 2019. – 70 с., цв. илл.

Учебное пособие, состоящее из текстового и иллюстративного материала, предназначено для студентов Московского архитектурного института (государственной академии), выполняющих курсовой проект в рамках учебного процесса на кафедре «Архитектура промышленных сооружений» на 5 курсе в IX семестре.

В пособии рассмотрены вопросы зонирования территории, наглядно представлены требования к проектированию генерального плана тепловых электростанций и теплоэлектроцентралей (ТЭЦ). Дано описание общей технологической схемы ТЭЦ, а также принципиальных подходов к объемно-планировочным и конструктивным решениям главного корпуса.

Пособие содержит сведения, необходимые студентам для изучения особенностей формирования архитектурного объема и создания внутреннего пространства здания главного корпуса ТЭЦ. В пособии представлены материалы, иллюстрирующие архитектуру современных комплексов тепловых электростанций, а также примеры учебных проектов предыдущих лет, выполненных по данной тематике на кафедре.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	2
Введение.....	3
1. Классификация тепловых электростанций	4
2. Генеральный план и функциональное зонирование территории	8
3. Здания и сооружения.....	9
4. Транспортирование, хранение и подготовка топлива	10
5. Выработка пара и теплофикация	10
6. Главный корпус	12
7. Организация бытового обслуживания	14
Контрольные вопросы	15
Заключение	15
Библиография.....	16
Приложение 1. История, проектирование и строительство ТЭЦ	17
Приложение 2. Дипломные и курсовые проекты МАрхИ.....	67

ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебное пособие, разработанное на кафедре «Архитектура промышленных сооружений» Московского архитектурного института (государственной академии), является изданием, выполненным в соответствии с учебным стандартом III+.

Целью данного учебного пособия является освоение студентами специфики проектирования крупного производственного здания сложной конструкции на примере главного корпуса теплоэлектроцентрали (ТЭЦ).

Пособие содержит разделы, посвященные особенностям размещения, функционального зонирования и проектирования генеральных планов тепловых электростанций, специфике объемно-планировочных решений отдельных корпусов предприятий теплоэнергетики, построенных в прошлом и нынешнем столетии в России и за рубежом.

Представлено подробное описание технологической схемы современного процесса выработки электрической и тепловой энергии. Особое внимание уделено особенностям проектирования главного корпуса, где происходит завершающий этап процесса получения электроэнергии. Дана характеристика и классификация основных производственных цехов и участков, рассмотрен выбор принципиальных конструктивных схем и сеток колонн для главного корпуса ТЭЦ.

Рассмотрены вопросы организации рабочего места на производстве, бытового обслуживания работающих и решения интерьеров отдельных цехов главного корпуса.

Пособие содержит примеры современных построенных отечественных и зарубежных предприятий теплоэнергетики, а также примеры проектирования и реновации главных корпусов тепловых электростанций в отечественной и зарубежной проектной практике.

Приведены примеры магистерских дипломных и студенческих курсовых проектов последних лет, посвященных этой тематике.

ВВЕДЕНИЕ

Тепловая электростанция (ТЭС) является промышленным предприятием, осуществляющим выработку тепловой и электрической энергии для промышленных производств и муниципальных потребителей. Тепловая электростанция вырабатывает электрическую мощность путем преобразования химической энергии топлива через тепловую энергию сгорания в механическую энергию вращения вала электрогенератора по схеме:

ХИМИЧЕСКАЯ – ТЕПЛОВАЯ – МЕХАНИЧЕСКАЯ – ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ.

Тепловые электростанции вырабатывают до 60% энергии в мире.

Первые тепловые электростанции возникли в Европе во второй половине XIX века. Одна из старейших электростанций на переменном токе в России была построена в 1897 году и расположена в Москве на Раушской набережной. Ныне это ГЭС №1 (Государственная электрическая станция) ОАО «МосЭнерго». В 1905 – 1907 годах была построена тепловая электростанция на Болотной набережной, ныне ГЭС №2 ОАО «МосЭнерго», которая до недавних пор являлась действующей (стр.17). Первая тепловая электростанция – КЭС «Электропередача» (ныне ГРЭС-3), построенная под Москвой в городе Электрогорске в 1912–1914 г.г. под руководством инженера Р.Э. Классона, работала на торфе и имела мощность 15 МВт. Первой тепловой электростанцией в Санкт-Петербурге стала построенная в 1886 году электростанция Зимнего дворца Электродвор, выполненная по проекту инженера В.Л. Пашкова (стр.19).

В 20-е и 30-е годы по плану ГОЭЛРО было построено большое количество тепловых электростанций и теплоцентралей на всей территории СССР, в том числе, в крупных городах европейской части России. После модернизации и реконструкции большинство из них продолжает действовать и в настоящее время. Это ТЭЦ «Красный Октябрь» в Санкт-Петербурге (1922 г.), Дубровская ТЭЦ в Ленинградской области (1933 г.), Безымянская ТЭЦ в Самаре и многие другие (стр. 18, 19).

Первые тепловые электростанции в Европе, дошедшие до наших дней (стр.20), также неоднократно подвергались технической реконструкции и реновации.

Профессорско-преподавательский состав и студенты кафедры промышленных сооружений МАрхИ (на тот момент АСИ-МАИ) активно подключились к проектированию ТЭЦ ещё в начале 30-х годов XX века. Для обеспечения руководства дипломным проектированием студентов на факультете промышленных сооружений создавались бригады ответственных руководителей – профессоров и консультантов инженеров-технологов. Так, например, в 1933 году, как следует из архивных данных, приказом по институту была утверждена бригада в составе восьми студентов с дипломной темой «Теплоэнергоцентральный». Ответственными руководителями этой бригады были назначены профессор В.А. Веснин, доценты Г.М. Орлов и В.В. Каптерев, технолог И.З. Миттельман [3].

По сохранившимся архивным данным, предоставленным отделом редких книг библиотеки МАрхИ, в довоенные и первые послевоенные годы дипломным, преддипломным и курсовым проектированием по данной тематике руководили известные профессора, в том числе, П.А. Голосов (1935 г.), В.Я. Мовчан, Г.Я. Мовчан (1937 – 1938 г.г.), В.И. Николаев, В.А. Мыслин (1938 г.), Н.В. Марковников, М.Н. Гинзбург, И.А. Голосов, Е.М. Попов (1939 г.), И.В. Жолтовский, М.О. Барщ (1941 г.), Г.Б. Бархин, М.Г. Бархин, Б.Г. Бархин (1945 г.), А.С. Фисенко, Ф.Г. Топунов (1947 – 1948 г.г.), а также другие профессора и преподаватели.

Фотографии некоторых дипломных и курсовых проектов ТЭЦ того времени и сейчас хранятся в отделе редких книг библиотеки МАрхИ. Часть из них представлена на стр. 21–24.

Позднее темой ТЭЦ продолжали активно заниматься в мастерских курсового и дипломного проектирования известнейшие педагоги кафедры промышленных сооружений МАрхИ. В настоящее время кафедра продолжает работу по этой тематике.

1. КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Тепловые электростанции подразделяются:

- по назначению и местоположению;
- по видам используемого топлива;
- по характеристикам применяемого технологического оборудования.

Назначение и расположение тепловых электростанций определяется по преимущественному виду конечной продукции. *Промышленные* и *отопительные* тепловые электростанции осуществляют комбинированную выработку электрической энергии, пара и горячей воды. *Промышленные* тепловые электростанции с преимущественным потреблением тепла размещают в непосредственной близости от предприятий-потребителей. На выбор площадок для отопительных станций, предназначенных для снабжения городов, влияют возрастающие требования по охране окружающей среды и особенности перспективного развития городской застройки. Современные *отопительные* тепловые электростанции размещают за пределами городов, что значительно увеличивает радиус транспортировки тепла.

Тепловые электростанции используют в качестве основного **топлива** природный газ, мазут, твердое топливо (уголь и торф). Реже для работы используются отходы лесозаготовительной и деревообрабатывающей промышленности, биогаз и некоторые другие источники энергии. Такие станции имеют значительно меньшую мощность и используются для выполнения отдельных локальных задач.

Разведанных запасов основных видов потребляемого топлива, по оценке экспертов, хватит (в мире/в РФ): нефти – на 46/20 лет, газа – 63/94 года, угля – 119/более чем на 500 лет.

Разнообразие основного **технологического оборудования** определило несколько типов тепловых электростанций, к которым относятся:

- **Котлотурбинные электростанции** [17]:
конденсационные электростанции (КЭС или ГРЭС);
теплоэлектроцентрали (теплофикационные электростанции, ТЭЦ);
- **Газотурбинные электростанции**
- **Электростанции на базе парогазовых установок (комбинированного цикла)**
- **Электростанции на основе поршневых двигателей (дизель).**

Конденсационные электростанции (КЭС) обеспечивают снабжение потребителей только электрической энергией (стр. 5, рис. 1, 2), которая вырабатывается за счет сжигания органического топлива. Обычно их строят вблизи месторождений топлива, чтобы избежать дорогостоящей транспортировки. Устаревшее наименование – ГРЭС (государственная районная электростанция). В современном понимании ГРЭС – это КЭС мощностью ~ 1000 МВт, работающая в объединенной системе с другими крупными станциями.

Принцип действия КЭС основан на получении в парогенераторе водяного пара высокого давления с температурой 540° С за счет сжигания угольной пыли, газа или мазута. Полученный пар поступает к турбине, где его потенциальная энергия преобразуется в кинетическую энергию вращения ротора турбины и электрогенератора. Отработанный пар попадает в конденсатор, внутри которого расположены латунные трубки, по которым циркулирует охлаждающая вода. Пар обтекает трубки, конденсируется, стекает и удаляется. Полученная вода поступает в деаэратор, где удаляется кислород и добавляется очищенная вода, а из деаэратора вода попадает обратно в котёл. Процесс получения электроэнергии ведётся непрерывно.

Расход охлаждающей воды составляет 50 – 100 кг/1 кг пара. (Например, для охлаждения воды на КЭС мощностью 1 ГВт требуется 40 куб.м. воды в секунду, что соответствует расходу воды в Москве-реке).

Для охлаждения воды, подогретой в конденсаторе, сооружаются градирни – обычно гиперболические – башни высотой от 55м до 150 м. Градирни бывают испарительные (вода

соприкасается с потоком воздуха и охлаждение происходит, в основном, за счет испарения) и сухие или радиаторные (для рассеивания теплоты используется эффект теплопередачи). Потери воды в этом случае практически отсутствуют. Недостатком градирен является большая площадь, занимаемая ими на участке, неэффективное использование энергии.

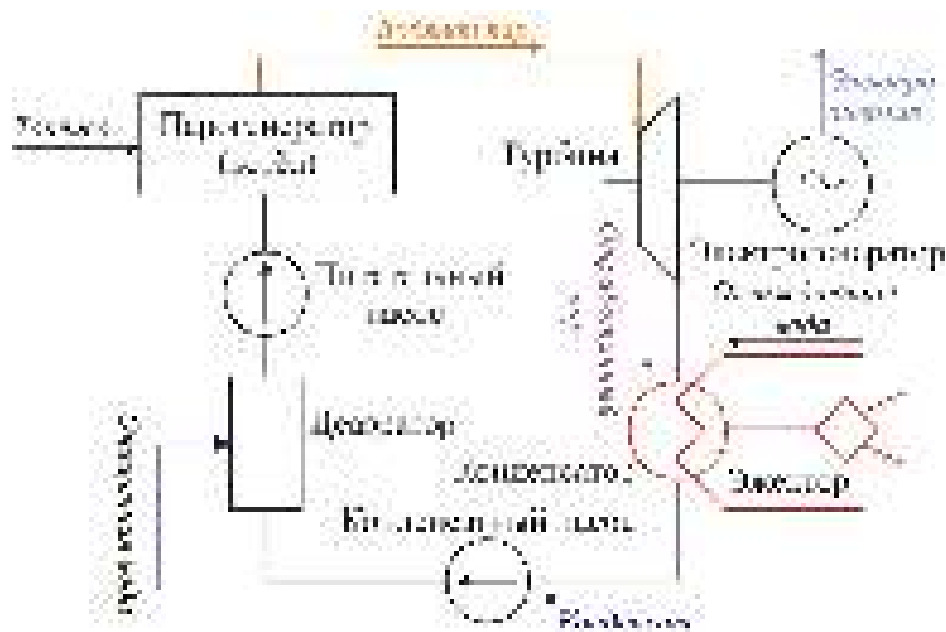


Рис. 1. Технологическая схема КЭС



Рис. 2. Принципиальная схема работы КЭС

Компенсирует эти потери отсутствие необходимости строить и обслуживать коммуникации для доставки потребителям горячей воды и пара.

Крупнейшей в мире действующей КЭС является Сургутская ГРЭС-2 (1985) – 4800 МВт (в проекте – до 5600 МВт), 35 млрд. кВт.ч. К другим крупнейшим российским ГРЭС относятся Костромская ГРЭС (1969) – 3600 МВт, 12 млрд. кВт.ч.; Пермская ГРЭС (1979) – 2400 МВт, 13 млрд. кВт.ч.; Конаковская ГРЭС (1970) – 2400 МВт, 6 млрд. кВт.ч.

Потери тепла на КЭС очень велики и радикальным способом улучшения энергетического баланса ТЭС является производство электрической и тепловой энергии с уменьшением пропуска отработанного пара через конденсатор, в котором происходят основные потери.

Теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) решают не только задачи сохранения получаемой ими

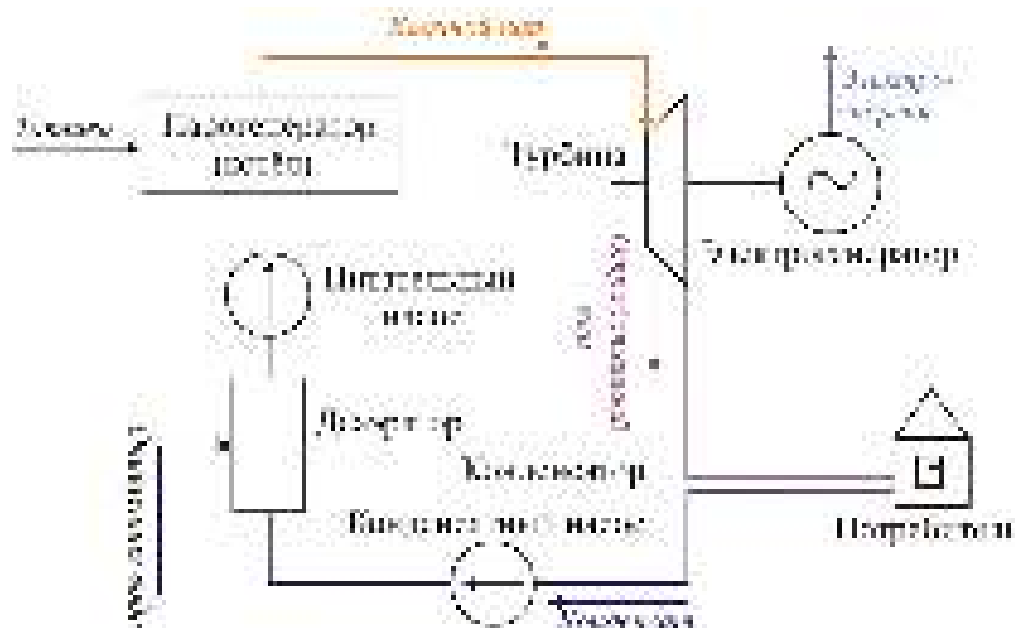


Рис. 3. Технологическая схема ТЭЦ



Рис. 4. Принципиальная схема работы ТЭЦ

энергии, но дают возможность дополнительного обеспечения потребителей паром низкого давления, необходимого многим промышленным предприятиям, а также горячей водой.

Очевидно, что оборудование ТЭЦ отличается от оборудования КЭС лишь в той его части, которая связана с отбором пара и горячей воды из контура и передачей их для снабжения внешних потребителей (стр. 6, рис. 3, 4). Пар для технологических целей и нагрева воды может быть получен отбором из последних ступеней турбин. При этом сокращается объем пропуска пара через конденсатор и снижаются потери тепловой энергии.

Различают два типа теплоэлектроцентралей: ТЭЦ, оснащенные турбинами с противодавлением и ТЭЦ с регулируемым отбором пара.

В теплоцентралях первого типа отработанный пар поступает по теплосетям к потребителям, а также используется в теплообменниках для нагрева воды, применяемой для теплоснабжения. Отработанный пар конденсируется у потребителей тепла и с помощью насосов подается обратно в парогенератор. Основной недостаток таких ТЭЦ – необходимость работы по тепловому графику потребителей, то есть если ТЭЦ должна выдать потребителю значительное количество электричества при низком запросе на пар, то отработанный пар придется сбрасывать. В противном случае пар придется пропускать мимо турбины и остужать до требуемых потребителем параметров, что предполагает лишние затраты энергии. Поэтому мощность турбогенератора используется неравномерно и необходимо дублирование электрических мощностей ТЭЦ конденсационными агрегатами.

Схема работы ТЭЦ с регулируемым отбором пара более близка к схеме КЭС. В этом случае не весь пар подается потребителю. Регулируемая его часть отводится из промежуточных ступеней турбины на нужды тепло- и пароснабжения, а остальное попадает в конденсатор. Таким образом, обеспечивается как тепловой, так и электрический график нагрузки.

ТЭЦ с регулируемым отбором позволяет развивать полную электрическую мощность при отсутствии расхода пара у тепловых потребителей.

ТЭЦ имеет меньшие по сравнению с КЭС потери тепла. КПД достигает 60–65% в среднем радиусе действия ТЭЦ в 1–2 км по технологическому пару и в 5–8 км по горячей воде. К недостаткам КЭС и ТЭЦ относится большая площадь участка, высокая стоимость и минимальная гибкость технологического процесса. Поэтому строительство этих объектов оправдано в случае обслуживания большого числа потребителей, то есть строительства в крупных городах или при энергоёмких производствах.

Электростанции на основе газотурбинных установок (ГТУ), парогазовых установок (ПГУ) и на основе поршневых двигателей имеют меньшие мощности по сравнению с КЭС и ТЭЦ и чаще используются в качестве источников электроэнергии для обслуживания небольших предприятий и поселков, но есть и примеры ПГУ большой мощности.

Газотурбинные установки (ГТУ) предназначены для получения электроэнергии при сжигании топлива, когда вращение турбины электрогенератора производится газообразными продуктами сгорания, а не посредством водяного пара. По конструктивному исполнению и принципу преобразования энергии газовые турбины существенно не отличаются от паровых. Вместо громоздкого парогенератора в ГТУ используется относительно малогабаритная камера сгорания. Топливом служит мазут или природный газ. Прошедшие турбину продукты сгорания при необходимости могут быть использованы для нагрева воды и теплоснабжения.

Положительными сторонами ГТУ является то, что они позволяют осуществлять работу при резко переменной нагрузке, могут часто останавливаться, быстро запускаться, обеспечивать интенсивную скорость набора мощности и достаточно экономичную работу в широком диапазоне нагрузки. Объем строительно-монтажных работ на газотурбинных электростанциях уменьшается в два раза, так как нет необходимости в сооружении котельного цеха и насосной станции. К недостаткам относится то, что стандартная мощность ГТУ составляет порядка 100 МВт, а КПД при полной нагрузке 28–42%.

В технологической схеме парогазовых электростанций (ПГУ) используется принцип сочетания паровых и газовых турбин. Эта схема используется в случаях, когда необходимо максимизировать производство электроэнергии. Такое объединение позволяет снизить потери тепловой энергии в газовых турбинах или теплоты уходящих газов паровых котлов. Тем самым обеспечивается повышение электрического КПД до 58%. Парогазовые установки потребляют существенно меньше воды на единицу вырабатываемой электроэнергии по сравнению с паросиловыми установками, а система водяного охлаждения более компактна. В качестве топлива для работы ПГУ используются мазут или природный газ. Положительной стороной применения технологии ПГУ является минимизация вредных воздействий на окружающую среду. Использование парогазового цикла обеспечивает

снижение выбросов в атмосферу до 25%. Максимальные приземные концентрации вредных веществ по всем ингредиентам с учётом фона не превышают 0,5 ПДК. Мощность энергоблока ПГУ в среднем составляет 250 – 450 МВт.

Первая в России крупная ТЭЦ с парогазовым циклом – это Северо-Западная ТЭЦ (г. Санкт-Петербург, Ольгино) мощностью 900 МВт (2 блока по 450 МВт). Потребителями являются ЛенЭнерго, Псковская, Новгородская, Мурманская области, энергосистема Финляндии.

Несмотря на постоянное совершенствование технологий, тепловые электростанции оказывают негативное воздействие на окружающую среду, связанное с расходом большого количества кислорода на горение топлива, выбросом в атмосферу углекислого газа, повышением температуры окружающего воздуха, загрязнением окружающей среды окислами азота, серы, углерода, а также углеводородами. Поэтому при выборе участка для строительства необходимо строго соблюдать требование норм по удалению от окружающей застройки в зависимости от мощности и вида топлива, используемого на ТЭС. В условиях крупных городов, требующих больших энергонагрузок, необходимым требованием является использование в качестве топлива природного газа.

1. ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПЛАН И ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ЗОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ

Теплоэлектроцентраль (ТЭЦ) предназначена для выработки электроэнергии, пара и горячей воды. Её технологическая схема состоит из следующих производственных процессов:

- транспортирования, складирования и подготовки топлива для сжигания;
- сжигания топлива в топках котлов и получения пара;
- использования пара для вращения турбин и выработки генератором электроэнергии;
- отбора из турбин отработанного пара для нужд теплофикации;
- передачи потребителям пара и горячей воды с возвращением конденсата и охлажденной воды;
- трансформирования электроэнергии на другие напряжения и передачи ее в потребительскую сеть.

Технологические связи между производственными процессами определяют функциональную структуру генерального плана ТЭЦ, учитывающую места вводов автомобильных и железнодорожных путей, выводов линий электропередачи (ЛЭП) и других коммуникаций. Генеральный план ТЭЦ выполняется с учётом перспективы выхода на полную проектную мощность. Размер территории находится в прямой зависимости от максимальной мощности ТЭЦ, вида топлива, качества воды, системы водоснабжения [15].

Основной производственный процесс на ТЭЦ осуществляется в главном корпусе, и на него ориентированы все вспомогательные службы, связанные посредством сложных коммуникаций. Поэтому главным принципом решения генерального плана является максимально возможное сокращение протяжённости этих коммуникаций с учётом специфики всех технологических процессов. Эти особенности предусматривают зонирование территории с подразделением на основные и вспомогательные зоны, составляющие основу генерального плана *промплощадки*.

Основные производственные зоны: главный производственный корпус с прилегающей территорией и зданием управления ТЭЦ.

Вспомогательные зоны: цехи технического обслуживания и подсобных производств, открытое распределительное устройство (ОРУ), гидротехнические сооружения, топливно-транспортное хозяйство и административно-служебная зона на пристанционной площадке.

Временная зона: на период строительства – территория строительной базы.

Принципиальные схемы решения генеральных планов для ТЭЦ разного типа приведены на стр. 25 (рис. 27), стр. 26 (рис. 29), стр. 27 (рис. 30), стр. 28 (рис. 31, 32).

Примерные технико-экономические показатели по генпланам приведены в таблице 1 [15].

Таблица 1

Показатель	Единица измерения	угольные	газодизельные
Мощность	тыс. кВт	470-1040	300-760
Общая площадь территории, в том числе:	га	170-360	80-130
промплощадки	«	35-80	22-30
стройбазы	«	30-32	24-35
зона складского назначения	«	112-249	9-19
склада мазута	«	-	13-16
Площадь под зданиями и сооружениями промплощадки	«	12-31	6,6-10,5
Плотность застройки	%	34-45	30-35

Существуют требования норм по удалённости границ территории от селитебной застройки в зависимости от мощности станции.¹

2. ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

Главный корпус с примыкающими к нему сооружениями для очистки дымовых газов с дымовыми трубами является основным объектом генерального плана ТЭЦ. Торцы главного корпуса со стороны установки первых агрегатов – постоянный, со стороны расширения – временный.

Открытое распределительное устройство (ОРУ), а при определенных условиях – закрытое – (**ЗРУ**), располагается рядом с главным корпусом со стороны турбинного отделения, в котором вырабатывается электроэнергия. От него расходятся высоковольтные линии электропередачи (**ЛЭП**).

Градиентные обычно размещаются со стороны постоянного торца турбинного отделения на таком расстоянии от ОРУ, которое исключает воздействие на него испаряющейся воды.

Административно-бытовой и объединённый вспомогательный корпус размещают, как правило, со стороны постоянного торца главного корпуса, что обеспечивает наиболее удобную связь с ним.

Водогрейная котельная располагается параллельно или перпендикулярно главному корпусу так, что её котлы подключают к общей дымовой трубе, а на твердотопливных ТЭЦ подача топлива обеспечивается по галерее, присоединенной к основному тракту топливоподачи. При проектировании генерального плана ТЭЦ предусматривается место для расширения главного корпуса, ОРУ, химводоочистки (обычно входящей в состав объединённого вспомогательного корпуса) и водогрейной котельной. Эти здания сооружают в несколько очередей, по мере ввода новых энергоблоков станции.

Параллельно продольным осям главного корпуса прокладывают железнодорожные пути. Они вводятся внутрь турбинного и котельного отделений со стороны временного торца главного корпуса, а также подводятся к ОРУ, складам, строительной базе.

¹ Тепловые электростанции (ТЭС) эквивалентной электрической мощностью 600 мВт и выше, использующие в качестве топлива уголь и мазут, относятся к предприятиям первого класса и должны иметь СЗЗ не менее 1000 м, работающие на газовом и газо-мазутном топливе, относятся к предприятиям второго класса и должны иметь СЗЗ не менее 500 м.

Тепловые электростанции (ТЭС) эквивалентной электрической мощностью менее 600 мВт, использующие в качестве топлива уголь и мазут, относятся к предприятиям второго класса и должны иметь СЗЗ не менее 500 м, работающие на газовом и газо-мазутном топливе, относятся к предприятиям третьего класса и должны иметь СЗЗ не менее 300 м.

Основные сооружения топливоподачи и склад угля на твердотопливных ТЭЦ, большие ёмкости для мазута на газомазутных ТЭЦ расположены, как правило, за железнодорожными путями, вне ограды промышленной площадки. С основной территорией они соединяются эстакадами для технологических коммуникаций (трактами) и пешеходным мостом для персонала.

Площадка строительной базы размещается также вне основной территории, со стороны временного торца главного корпуса. Коммуникации, включающие тепловые сети, мазутопроводы, газопроводы, кабельные короба и другие межцеховые трубопроводы, размещают на двух- трехъярусных эстакадах.

3. ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ, ХРАНЕНИЕ И ПОДГОТОВКА ТОПЛИВА

Технологическая схема доставки, хранения и подготовки топлива для сжигания зависит от его вида. Выбор определяется близостью источников добычи, способом транспортирования и другими условиями. На твердотопливных ТЭЦ – это уголь, торф, горючие сланцы. Для растопки котлов служат мазут или газ. На газомазутных ТЭЦ применяют мазуты различных марок, в качестве газообразного топлива используется природный, коксовый или доменный газ.

Уголь, как правило, доставляется по железной дороге. Система топливоподачи современных ТЭЦ – это сложный комплекс машин и механизмов, предназначенных для разгрузки железнодорожных составов, хранения, дробления, размораживания и внутристанционного транспортирования топлива с помощью системы конвейерных галерей и эстакад. Разгрузка топлива из вагонов осуществляется роторными вагоноопрокидывателями (стр. 25, рис. 27(5), стр. 41, рис. 61), с последующим дроблением. Склады твёрдого топлива могут быть как открытыми, так и закрытыми. Закрытые склады сооружаются на ТЭЦ, расположенных в больших городах, в условиях стесненной застройки и в отдаленных северных районах. Уголь, поступивший на эстакаду топливоподачи (стр. 25, рис. 27(6)), направляется в дробильное устройство (стр. 25, рис. 27(8)), где проходит вторую стадию дробления, а затем – в главный корпус. По ленточным конвейерам галереи главного корпуса уголь подается в бункеры сырого угля (стр. 29, рис. 33(11)), а затем – в мельницы (стр. 29, рис. 33(9)), расположенные на нулевой отметке бункерного и котельного отделений. Из мельниц смесь пыли с воздухом подается в пылевые бункеры, а затем – в топку котла.

Большинство зданий топливоподачи имеет значительное заглубление, в частности, разгрузочное устройство заглублено на 10,35 м. Угол наклона галереи топливоподачи составляет не более 18°.

Мазут поступает на ТЭЦ по железной дороге в цистернах, разгружаемых на сливных эстакадах. Объем мазутохранилищ зависит от характера использования этого вида топлива. На современных ТЭЦ в качестве единственного вида он используется крайне редко. Подогретый и слитый мазут хранят в металлических резервуарах емкостью от 3 до 30 тысяч тонн.

Газ подается на ТЭЦ и транспортируется по её территории по наземным трубопроводам с предварительным снижением давления на газораспределительной станции.

4. ВЫРАБОТКА ПАРА И ТЕПЛОФИКАЦИЯ

Паровые котлы, вырабатывающие пар, бывают различных типов и производительности. Вода, циркулирующая в трубах котла, нагреваясь и превращаясь в пар, поступает в пароперегреватель, а затем в турбину. В теплофикационных турбинах, устанавливаемых на ТЭЦ, на различных участках движения пара производится один или несколько отборов пара для нужд теплофикации. В зависимости от соотношения потребности в электроэнергии и паре устанавливаются турбоагрегаты разного типа [14]. Качество воды определяет выбор системы открытого или закрытого водоснабжения. При закрытой системе теплоноситель

нагревает водопроводную воду в специальном подогревателе на центральном тепловом пункте, после чего возвращается на ТЭЦ для повторного нагрева. При открытой системе теплоноситель в виде горячей воды используется непосредственно для горячего водоснабжения и обратно на ТЭЦ не возвращается. Перед поступлением в повторный цикл парообразования конденсат проходит очистку от газов в деаэраторах, устанавливаемых в деаэраторной этажерке. Для покрытия увеличенного потребления горячей воды в пиковый период суток на ТЭЦ устанавливают баки-аккумуляторы подготовленной воды ёмкостью от 2 до 20 тыс. м³ (рис. 55).

Водоснабжение. Вода, поступающая на ТЭЦ, расходуется на внутреннее техническое водоснабжение, горячее водоснабжение потребителей, нужды питьевого и противопожарного водопровода. Источниками водоснабжения служат близлежащие водохранилища и реки, водопровод промышленного узла или города и артезианские скважины. Существует несколько типов технического водоснабжения:

- прямоточное (при наличии крупного водоёма отработанная и охлажденная вода сбрасывается обратно в водоём);
- обратное (при отсутствии водоёма необходимой ёмкости вода насосами подаётся на охлаждение механизмов и затем возвращается в искусственный охладитель – градирни или, в редких случаях, – брызгальный бассейн);
- комбинированное.

Чаще всего используются башенные градирни гиперболической формы из монолитного железобетона или из стального каркаса с обшивкой (рис. 67, 68, 71).

Электротехнические устройства. Полученная электроэнергия из турбинного отделения поступает на повышающие трансформаторы и в электротехнические распределительные устройства (ОРУ или ЗРУ), далее на ЛЭП, и частично используется для собственных нужд. В помещениях единых электрических щитов осуществляется автоматизированное управление производственным процессом (рис. 59, 60).

Вспомогательные службы. Вода, питающая котлы и расходуемая на теплоснабжение, проходит специальную предварительную подготовку (химводоочистку). Здание химводоочистки обычно блокируется в один корпус с другими вспомогательными службами. В него включаются центральные ремонтные мастерские, центральный материальный склад, электролизёрная, компрессорная, бытовые и административные помещения для этих служб. Это так называемый объединённый вспомогательный корпус (ОВК). Перечисленные службы размещают в одноэтажной части здания, а административные и бытовые помещения (если они не располагаются отдельно в административно-бытовом корпусе, соединённом с ОВК тёплыми галереями) – в двухэтажной. Склад химических реагентов с заглублёнными резервуарами оборудуется устройствами для механической выгрузки реагентов из вагонов и цистерн и механизированным внутренним транспортом. Рядом с ОВК размещается открытое баковое хозяйство.

На твердотопливных ТЭЦ в зоне разгрузки сооружается топливно-транспортный цех (ТТЦ), объединяющий несколько служб, включая гараж автомашин, стоянку бульдозеров, ремонтные мастерские, растворный узел, бытовые и служебные помещения для сотрудников этого цеха. Здания ОВК и ТТЦ выполняются многопролетными, с пролётами 12 м, шагом колонн 6 м, и высотой до низа кровельных балок 7,2 м. В отдельностоящих одноэтажных зданиях размещают ацетилено-кислородную станцию со складом кислорода, склад карбида кальция, насосные разного назначения (мазутные, багерные, циркуляционные и др.), которые в соответствии с категориями пожарной опасности не могут быть заблокированы с другими службами.

В качестве дополнительного источника теплоснабжения (на зимний отопительный период) на территории ТЭЦ сооружают пиковые водогрейные котельные (стр. 39). Во многих случаях они вводятся в эксплуатацию на ТЭЦ в первую очередь. Их габариты и объёмно-планировочное решение зависят от вида основного топлива, мощности и типов устанавливаемого оборудования.

Утилизация отходов. Перед выходом в атмосферу газы проходят очистку: при твёрдом топливе от золы, для чего котлы оборудуют золоулавливающими установками, при мазутных топливах разрабатывается система очистки от сернистых соединений. После очистки газы подаются дымососами в дымовые трубы. Современные дымовые трубы ТЭЦ имеют высоту до 330 м и выполняются из монолитного железобетона.

5. ГЛАВНЫЙ КОРПУС

Центром архитектурной композиции является выделяющийся значительными размерами и характерным объёмом главный корпус (стр. 29 – 38), а также башенные градирни (стр. 43, 44) и высокие дымовые трубы (рис. 66). Эти здания и сооружения в сочетании с горизонтальными и наклонными эстакадами создают характерный, узнаваемый силуэт. Главный корпус (ГК) в соответствии со схемой технологического процесса состоит из объединённых в одно здание, параллельно расположенных одноэтажных отделений – **котельного и турбинного** (стр. 37, 38), между которыми находится многоэтажная этажерка. Один из торцов главного корпуса является постоянным, второй – временным, он рассчитан на расширение корпуса. Часть помещений котельного отделения и турбинного зала, где находится оборудование энергоблока, называется **ячейкой ГК**, а весь главный корпус состоит из числа ячеек, соответствующего количеству энергоблоков. Характерным размером ячейки является ее ширина (длина вдоль оси зала). В зависимости от типа и мощности энергоблока ширина ячейки варьируется в диапазоне от 36 м до 96 м. К котельному отделению примыкает отделение тягодутьевой установки. Со стороны постоянного торца размещаются главная лестница и лифты. В твёрдотопливных ТЭЦ лестница совмещается с узлом пересыпки топлива и выполняется в виде многоэтажной пристройки, в свободных зонах которой размещают различные цеховые службы. Унификацию объёмно-планировочного решения главного корпуса затрудняет многотипность устанавливаемого в нём оборудования. Габаритные схемы главных корпусов ТЭЦ представлены на стр. 29 – 36. Для улучшения условий эксплуатации твёрдотопливных ТЭЦ зоны размещения тепломеханического и электромеханического оборудования разделены, а электротехнические помещения вынесены за пределы основного контура здания и расположены в специальной пристройке со стороны турбинного отделения. На ряде ТЭЦ деаэраторы размещают в турбинном отделении в виде встройки.

Пролёты турбинного и котельного отделений в зависимости от устанавливаемого оборудования проектируют размерами 30 – 45 м и более, пролёт этажерки – 12 м. Турбинное отделение имеет высоту 30 м, этажерка – 39 м, котельное отделение – до 80 м. Объёмы отделений не имеют сплошных разделительных стен и сообщаются внутри здания. Турбинное и котельное отделения имеют крановое оборудование. Технологические устройства, расположенные в продольной этажерке и на этажерках в постоянном торце, обслуживаются кран-балками и тельферами разной грузоподъёмности для производства ремонтных работ. В котельном отделении предусматривается устройство ворот для сквозного проезда автотранспорта. В турбинном и котельном отделениях на отметке ± 0.00 м располагаются ремонтные зоны, в которые транспортируются устройства и агрегаты для их ремонта. Материалы и оборудование доставляются в главный корпус на железнодорожных платформах, которые въезжают внутрь через проёмы ворот со стороны временного торца.

Конструктивно главный корпус ТЭЦ представляет собой каркасное здание, выполненное в металле, поперечная жёсткость которого обеспечивается рамами многоэтажной этажерки, а продольная – установкой вертикальных связей по продольным рядам колонн. Элементы каркаса одновременно выполняют роль опорных конструкций для установки и подвески вспомогательного оборудования и трубопроводов различного назначения. Турбинное отделение не имеет подвала и опирается на фундамент в виде сплошной монолитной плиты. На отметке ± 0.00 м на неё устанавливается вспомогательное оборудование и конструкция площадок обслуживания. Междуетажные перекрытия этажерки и площадку обслуживания

выполняют из крупноразмерных железобетонных панелей; стеновое ограждение – из легкобетонных панелей, в ряде случаев с частичным применением трёхслойных панелей с утеплителем. Покрытие кровли турбинного и котельного отделений выполняется из комплексных панелей с применением стального листа и трудносгораемого утеплителя. Временные торцы подвешиваются к пространственной ферме и передвигаются с помощью крана по подкрановым путям при расширении главного корпуса.

Главный корпус имеет несколько блоков вертикальных коммуникаций, включающих незадымляемые лестницы и лифты для обслуживания турбинного и котельного отделений и деаэрационной этажерки, а также лестницы для связи уровня нулевой отметки с отметкой зоны обслуживания турбинного цеха.

Примеры компоновок ГК тепловых электростанций представлены на страницах 29 – 36. На стр. 30 показана компоновка ГК пылеугольной электростанции, состоящей из трех стандартных энергоблоков. Здесь принято поперечное расположение турбогенераторов (рис. 35) с турбоагрегатом (1), обращенным к фасадной стене турбинного зала, за которой размещаются повышающие трансформаторы (11). Система приготовления, состоящая из шаровых барабанных мельниц (3) с мельничными вентиляторами (6), бункеров топлива и пыли, сепараторов (4) и пылевых циклонов (5) размещена в промежуточном деаэрационно – бункерном помещении. Основные деаэраторы питательной воды расположены в верхней части этого помещения между бункерами соседних блоков.

Котел П-образной компоновки (2) смонтирован на самостоятельном фундаменте в котельном отделении.

Вспомогательное оборудование турбины: питательные насосы, испарители, подогреватели низкого и высокого давления и др. расположены по бортам турбины в конденсаторном помещении.

Дымососы (10), дутьевые вентиляторы и скрубберные золоуловители (9) расположены на открытом воздухе вблизи наружной стены котельной. Там же расположены дымовые трубы высотой 120 м (по одной трубе на каждый энергоблок).

На стр. 32 (рис. 39, 40) показаны поперечный разрез и план ГК газомазутной электростанции, состоящей из четырех энергоблоков. В этом случае (рис. 39) также применено поперечное расположение турбин (1) с электрогенератором (2).

Особенностью решения ГК является его «односветность», т.е. отсутствие разделяющих стенок между машинным залом, промежуточным (деаэрационным) помещением и котельной.

Воздуходувные машины и регенеративные воздухоподогреватели располагаются на открытом воздухе. Дымовая труба (одна на четыре блока) с отдельными каналами на каждый блок имеет высоту 320 м.

На стр. 33 – 36 показаны схемы размещения парогазового оборудования в главных корпусах ТЭЦ разной суммарной мощности.

Воздухообмен в главном корпусе обеспечивает удаление избытков тепла и частично решается за счет естественной аэрации, при которой воздух из турбинного отделения перетекает в котельное и оттуда вытягивается через светоаэрационные панели в верхней части наружных стен. Конструкция панели позволяет осуществить вентиляцию помещения и обеспечивает незадуваемость проёмов при любых углах ветрового потока.

Для защиты персонала от шума в турбинном и котельном отделениях сооружают специальные защитные кабины. Потолки и верхнюю часть стен внутри этих помещений облицовывают акустическими плитами. Повышенные требования предъявляются к освещению щитов управления, которое должно быть ровным и рассеянным, исключающим образование бликов на стёклах приборов. Оно решается в виде матового остекления подвесного потолка, за которым скрыты источники света, или в виде подвесных светильников, направляющих свет на потолок. Панели щитов управления располагают полукругом для лучшего обзора оператором (рис. 59 – 60).

Особого внимания архитекторов требует решение интерьеров турбинного отделения на отметке обслуживания (рис. 104 – 111), помещения единого щита управления (рис. 59 – 60), вестибюлей и лестниц, тёплых переходов (рис. 58) из главного корпуса в административно-

бытовой. Характерной особенностью внутреннего пространства главного корпуса является большое количество технологических коммуникаций, наличие внутрицехового транспорта, кранового оборудования, зон повышенной опасности. Поэтому в интерьерах используется сигнально-предупреждающая окраска для движущегося оборудования, напольного транспорта и мостовых кранов и кранбалок, а также опознавательная окраска трубопроводных коммуникаций согласно действующим ГОСТам (рис. 104 – 111).

6. ОРГАНИЗАЦИЯ БЫТОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Общая численность и состав работающих на ТЭЦ определяются в зависимости от типа электростанции и её мощности. Преобладающее количество сотрудников – это эксплуатационный и ремонтный персонал (включая привлечённый на время капитальных ремонтов оборудования). Ввиду непрерывности производственных процессов на ТЭЦ необходим трёхсменный график работы. Условия труда на основном и вспомогательном производствах характеризуются максимально допустимыми пределами санитарных норм для большинства рабочих мест по степени загрязнённости производственных процессов, уровню шума, тепловыделению, запылённости и вибрациям.

Трёхступенчатая система бытового обслуживания обеспечивает наиболее рациональный подход к решению задачи создания максимальных удобств для работающих. Каждая ступень имеет соответствующие допустимые радиусы удаления помещений обслуживания от рабочих мест. К первой ступени относятся санитарно-бытовые помещения, предназначенные для многократного посещения в рабочее время, с удалением от рабочих мест до 75–150 м (санузлы, буфеты и пр.). Ко второй ступени – помещения повседневного посещения в нерабочее время (санузлы, столовые, гардеробные, помещения культурного обслуживания), а также цеховой принадлежности (административно-управленческие, обслуживания производства) с удалением от рабочих мест до 300 метров. К третьей ступени относятся помещения общестанционного значения (здравпункты, культурного обслуживания, административно-управленческие, обслуживания производства) с удалением от рабочих мест до 1000 метров. Связь производственных помещений ТЭЦ с помещениями обслуживания первой и второй ступеней осуществляется по отапливаемым переходам.

Бытовые помещения для работающих в главном корпусе располагаются в самом корпусе или в административно-бытовом, соединённом тёплым переходом с главным (рис. 58). Для рабочих топливно-транспортного цеха бытовые помещения размещают в том же здании. Все цеховые вспомогательные помещения для ремонтного персонала находятся в соответствующих производственных корпусах. Бытовые помещения и устройства изначально рассчитывают на полную проектную мощность с учётом расширения.

Современные тенденции развития архитектурно-планировочных решений ТЭЦ связаны не только с процессами внедрения технологий, использованием новейших материалов и видов топлива, но и с вопросами совершенствования внутренней среды и окружающего пространства тепловых электростанций. Развиваются процессы интеграции и социальной ориентации этих объектов. В последние годы они представляют собой места для интереснейших экскурсий, включающие в себя также зоны отдыха, местного предпринимательства, обучения и сервисного обслуживания жителей. Примерами такого отношения к проектированию и строительству ТЭЦ являются тепловые электростанции Lirpendorf и Lausward в Германии, ТЭЦ на реке Тис в Англии и целый ряд других современных станций.

Реализованные архитектурные решения и проектные предложения современных отечественных и зарубежных ТЭЦ с различной суммарной мощностью, работающих на разных типах оборудования и видах топлива, приведены на страницах 45 – 58. Интерес вызывают и примеры реновации зданий старых ТЭЦ под современные функции (стр. 59 – 62). Важным аспектом при проектировании ТЭЦ является продуманная система вечерней подсветки её объектов (стр. 63, 64), подчёркивающая особенности и разнообразие её силуэта.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислите крупнейшие тепловые электростанции, построенные в XIX и XX веке в России и Западной Европе.
2. По каким признакам классифицируются современные ТЭЦ.
3. Назовите основные принципы зонирования генеральных планов крупных комплексов тепловых электростанций.
4. Перечислите основные функциональные зоны генеральных планов ТЭЦ.
5. Какие корпуса и производственные зоны ТЭЦ относятся к основным и вспомогательным.
6. Какие виды топлива используются на современных ТЭЦ.
7. Каковы особенности объемно-планировочного решения главных корпусов ТЭЦ и перечислите состав основных цехов главного корпуса.
8. Назовите наиболее распространенные конструктивные схемы главных корпусов тепловых электростанций.
9. Каковы схемы освещения и проветривания главного корпуса ТЭЦ.
10. Что подразумевается под термином «общее цветовое решение» цеха. Назовите его составляющие.
11. Приведите примеры наиболее крупных современных тепловых электростанций. Опишите общие принципы их технологических схем.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

История развития предприятий по производству электроэнергии показывает, что научно-технический прогресс является мощной движущей силой, оказывающей огромное влияние на деятельность предприятий отрасли.

В совершенствовании оборудования и технологической схемы производства задействованы новейшие разработки практически всех отраслей современной промышленности. Изменение технологической составляющей требует поиска новых конструктивных и строительных подходов, принципов и приемов формообразования, а, следовательно, напрямую влияет на особенности выбора объемно-планировочных решений современных предприятий теплоэнергетики.

На основании развернутого исторического анализа развития тепловых электростанций с момента их возникновения до наших дней определяются направления и тенденции развития и улучшения технологии производства электроэнергии на базе традиционных и альтернативных видов топлива. В пособии наглядно проиллюстрировано влияние изменения технологической составляющей на архитектуру и выбор конструкций зданий тепловых электростанций и теплоэлектроцентралей.

Перечислены современные требования к размещению главных и вспомогательных корпусов ТЭЦ на генеральном плане, описаны существующие подходы к проектированию освещения, инженерных коммуникаций, внутреннего пространства основных цехов, обозначены требования к их цветовому решению и благоустройству территории.

В пособии дано описание принципиальной схемы бытового обслуживания рассматриваемого производства. Приведены примеры мирового опыта проектирования и строительства современных предприятий и производственных комплексов отрасли теплоэнергетики. Информация, систематизированная в пособии, поможет авторам проектов в поиске новых, интересных вариантов объемно-планировочных решений главных и вспомогательных корпусов тепловых электростанций и теплоэлектроцентралей, а также в разработке генеральных планов предприятий по производству электрической и тепловой энергии.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Архитектурные шедевры Ф. Хундертвассера в Вене [Электронный ресурс]:URL: <http://www.sinergidom.ru/arxitekturnye-shedevry-xundertvassera-v-vene/>
2. История одной электростанции (реновация ТЭЦ Баттерси в Лондоне) [Электронный ресурс]:URL: <http://www.megawt.ru/1486-tehnopromeksport-i-moek-obsuzhdayut-stroitelstvo-tec-mezh><http://pink-floyd.ru/articles/articles/other/battersea.html>
3. История промышленной специализации в архитектурной школе России. Учебное пособие. Составитель и редактор профессор С.В. Демидов. – Екатеринбург; Архитектон, 2006.
4. Как самый богатый человек России превращает электростанцию в арт-центр (Москва, Болотная набережная, ГЭС №2) [Электронный ресурс]:URL: <https://daily.afisha.ru/cities/4548-ges-2-kak-samyu-bogatyy-chelovek-rossii-prevraschaet-elekstrostanciyyu-v-art-centr/>
5. Калининградская ТЭЦ-2 [Электронный ресурс]:URL: <http://irao-generation.com/stations/kalinigradg/>
6. Курс лекций Саратовского Государственного Технического Университета им. Ю.А. Гагарина Лекция 5. Компонировка главного корпуса электрической станции. Компонировка главного корпуса пылеугольной и газомазутной электростанции; Лекция 8. Генеральный план электростанции; Лекция 9. Газотурбинные и парогазовые электростанции. Новые типы электростанций. [Электронный ресурс]:URL: <https://studfiles.net/preview/1759012/page:17/>
7. Мини-ТЭЦ на угле [Электронный ресурс]:URL: http://urfo.oborudunion.ru/i_store/item_1000106642/mini-tec-na-ugle.html
8. Об опыте реконструкции и модернизации водогрейных котлов [Электронный ресурс]:URL: http://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=1984
9. Пергаменщик Б.К., Вишницкий И.К. Строительство тепловых электростанций. Том 1. Проектные решения тепловых электростанций. – Изд-во АСВ, 2010.
10. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. Санитарно эпидемиологические правила и нормативы предприятий, планировка и застройка населённых мест. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов.
11. СНиП II-58-75. Нормы проектирования. Электростанции тепловые (с изменениями), часть II, глава 58.
12. СНиП II-89-80*. Генеральные планы промышленных предприятий.
13. СНиП 2.09.04-87*(с Изменениями №1,2,3). Административные и бытовые здания.
14. Современные конденсационные паровые турбины [Электронный ресурс]:URL: <http://mirznaniy.com/a/190485/sovremennyye-kondensatsionnye-parovyye-turbiny>
15. Справочник проектировщика. Архитектура промышленных предприятий, зданий и сооружений. (Под общей редакцией Н.Н.Кима), 2-е издание, переработанное и дополненное. М.; Стройиздат, 1990.
16. Тепловые и атомные электростанции: учебно-методический комплекс /составитель Б.Л. Паскарь. – СПб.: Изд-во СЗТУ, 2008. – 178 с. <http://shkolnie.ru/fizika/78843/index.html?page=11>
17. Технологические схемы электрических станций (схемы работы КЭС и ТЭЦ) [Электронный ресурс]:URL: <https://helpiks.org/7-84400.html>
18. Теплоэлектроцентральный Stadshaard /Stadshaard combined heating and power station [Электронный ресурс]:URL: <https://archi.ru/projects/world/7761/teploelektrocentral-stadshaard>
19. Угольная электростанция (ТЭЦ) Lippendorf в Германии [Электронный ресурс]:URL: <http://www.denisov-vinskiy.ru/album/industrial-photo-in-germany/power-plant-chp-lippendorf-part-1-on-the-street/>
20. Holland Energy Park Digital Press Kit. ТЭЦ в США, штат Мичиган [Электронный ресурс]:URL: <http://p21decision.com/press/>
21. Precinct Energy Project/PHTR – architecture lab. ТЭЦ в штате Виктория в Австралии [Электронный ресурс]:URL: <http://phtr.com.au/projects/pep/index.html>
22. This power plant isn't just green – it's beautiful! ТЭЦ Лаусвард в Германии [Электронный ресурс]:URL: <http://www.yankodesign.com/2016/06/10/this-power-plant-isnt-just-green-its-beautiful/>

В учебном пособии были использованы архивные фотоматериалы из отдела редких книг библиотеки МАрхИ по дипломным и курсовым проектам ТЭЦ, выполненным студентами кафедры архитектуры промышленных сооружений.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1 • История, проектирование и строительство ТЭЦ
ПРИМЕРЫ ТЭЦ • История ТЭЦ

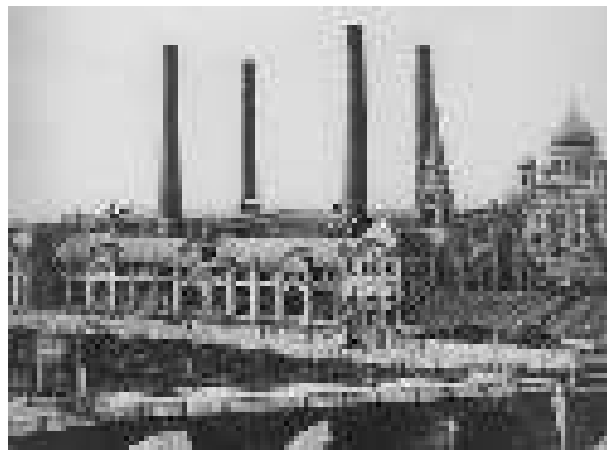
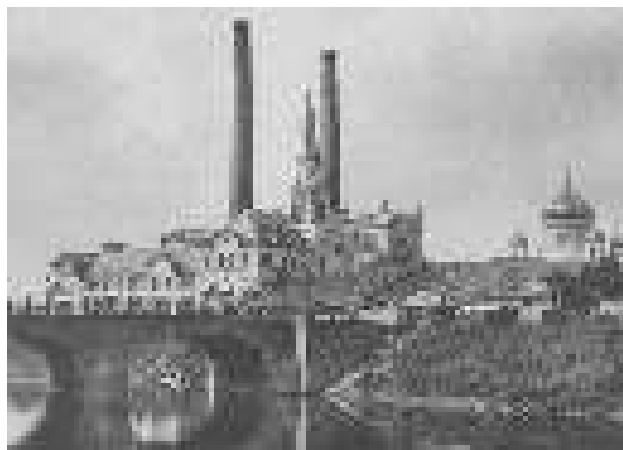


Рис. 5.1., 5.2. ГЭС №1 в Москве на Раушской набережной, 1897 г., фото начала XX века



Рис. 5.3. ГЭС №1 в Москве на Раушской набережной, 1897 г.



Рис. 6.1. ГЭС №2 в Москве на Болотной набережной, 1905-1907 гг.



Рис. 6.2. ГЭС №2 в Москве на Болотной набережной, 1905-1907 гг. Ночное освещение

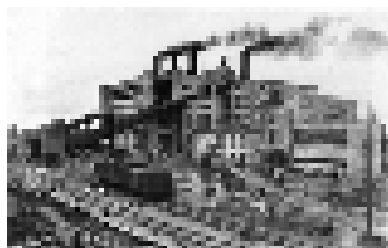


Рис. 7. ТЭЦ «Красный Октябрь», Санкт-Петербург, 1922 г.



Рис. 8. Дубровская ТЭЦ, Ленинградская область, построена в 1933 г.



Рис. 9. Дубровская ТЭЦ, Ленинградская область. **Рис. 10.** Дубровская ТЭЦ, Ленинградская область
Проект послевоенной реконструкции, 1946 г.

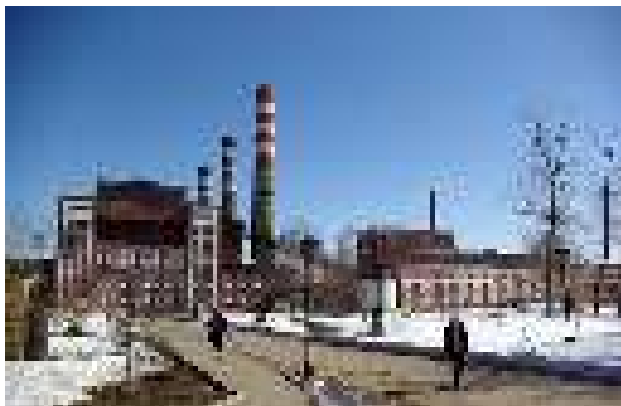


Рис. 11. Безымянская ТЭЦ, Самара. Введена в эксплуатацию в 1941 г.
Главный корпус и интерьер пульты управления

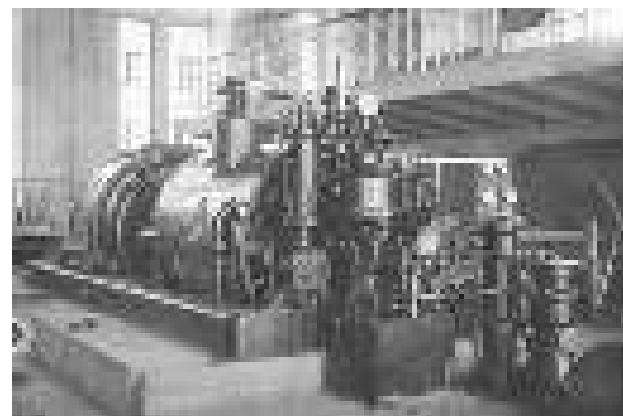
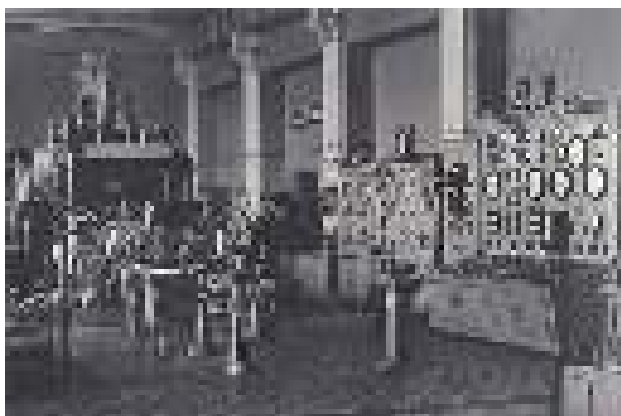


Рис. 12. Интерьер машинного зала Раушской ТЭЦ **Рис. 13.** Ивановская ТЭЦ. Турбина фирмы Круппа



Рис. 14. Электростанция Зимнего дворца. Машинный зал, фото 1901 г.
В 1886 году в одном из внутренних дворов Нового Эрмитажа, который с тех пор носит название Электродвор, была построена электростанция по проекту техника дворцового управления Василия Леонтьевича Пашкова. Эта электростанция была крупнейшей во всей Европе на протяжении 15 лет



Рис. 15. Первая в России дизельная электростанция "Александровская" в Киеве была оснащена четырьмя дизелями. Введена в строй в 1904 г.



Рис. 16. Одна из старейших ТЭЦ Великобритании Баттерси (Battersea Power Station) построена в Лондоне в 1933-35 гг.



Рис. 17. ТЭЦ Баттерси (Battersea Power Station), Лондон. Вид со стороны Темзы

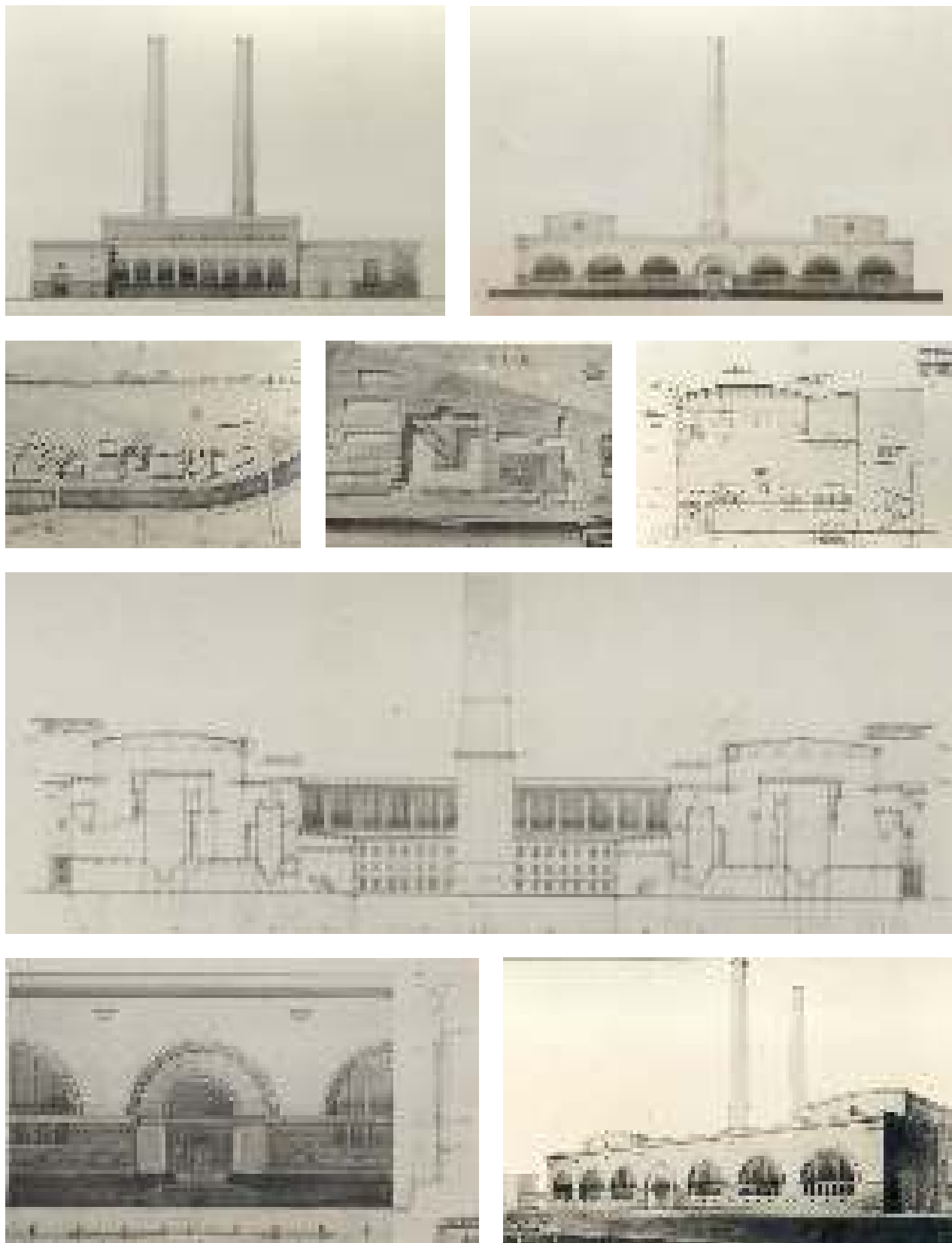


Рис. 18. Дипломный проект Журавлёва М.Е. — главный фасад, боковой фасад, разрез по машинному залу, разрез по котельному отделению, ситуационный план, генеральный план, фрагмент фасада, перспектива. Руководители: Мовчан В.Я, Мовчан Г.Я, Мельман Г.Л., Алхазов А.М. 1937 г.

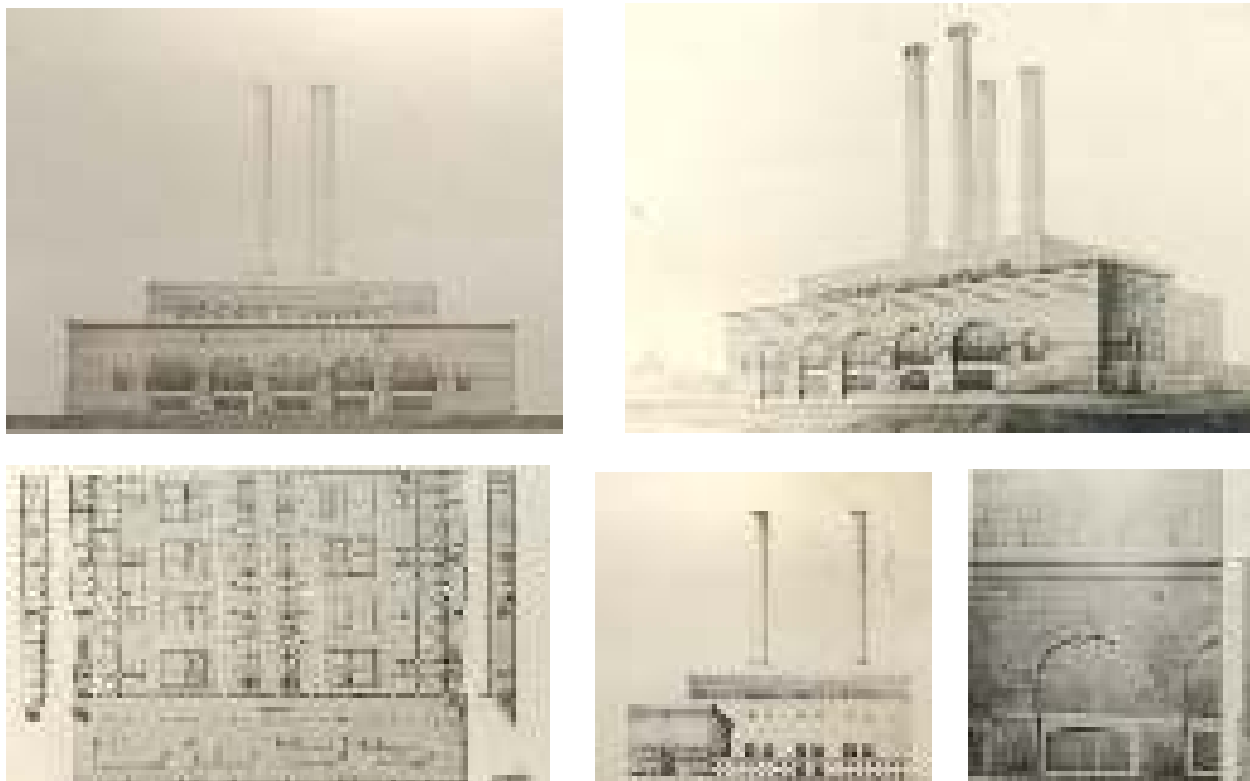


Рис. 19. Дипломный проект Юревича О.Д. – главный фасад, перспектива, план, боковой фасад, фрагмент фасада. Руководители: Мовчан В.Я, Мовчан Г.Я, Мельман Г.Л., Алхазов А.М. 1937 г.

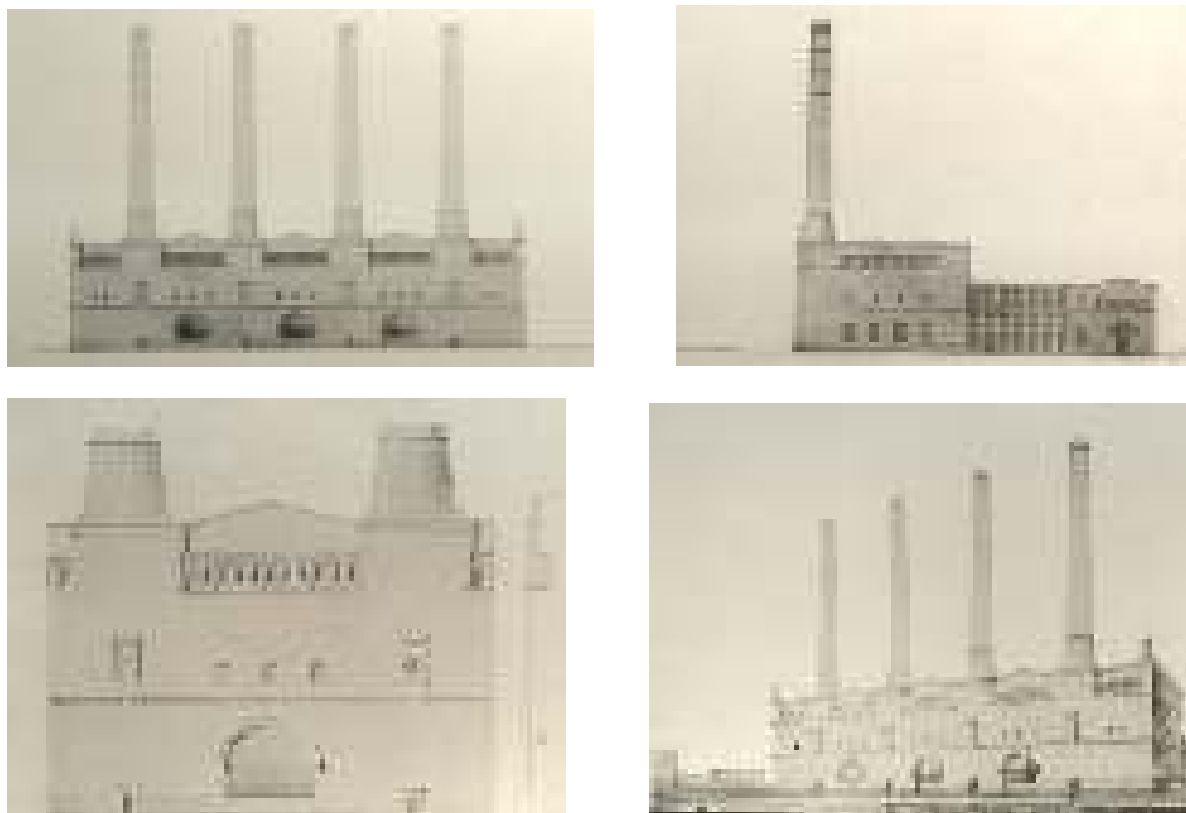


Рис. 20. Дипломный проект Абросимова Н.Ф. – главный фасад, боковой фасад, перспектива, фрагмент фасада. Руководители: Мовчан В.Я, Мовчан Г.Я, Мельман Г.Л., Алхазов А.М. 1937 г.

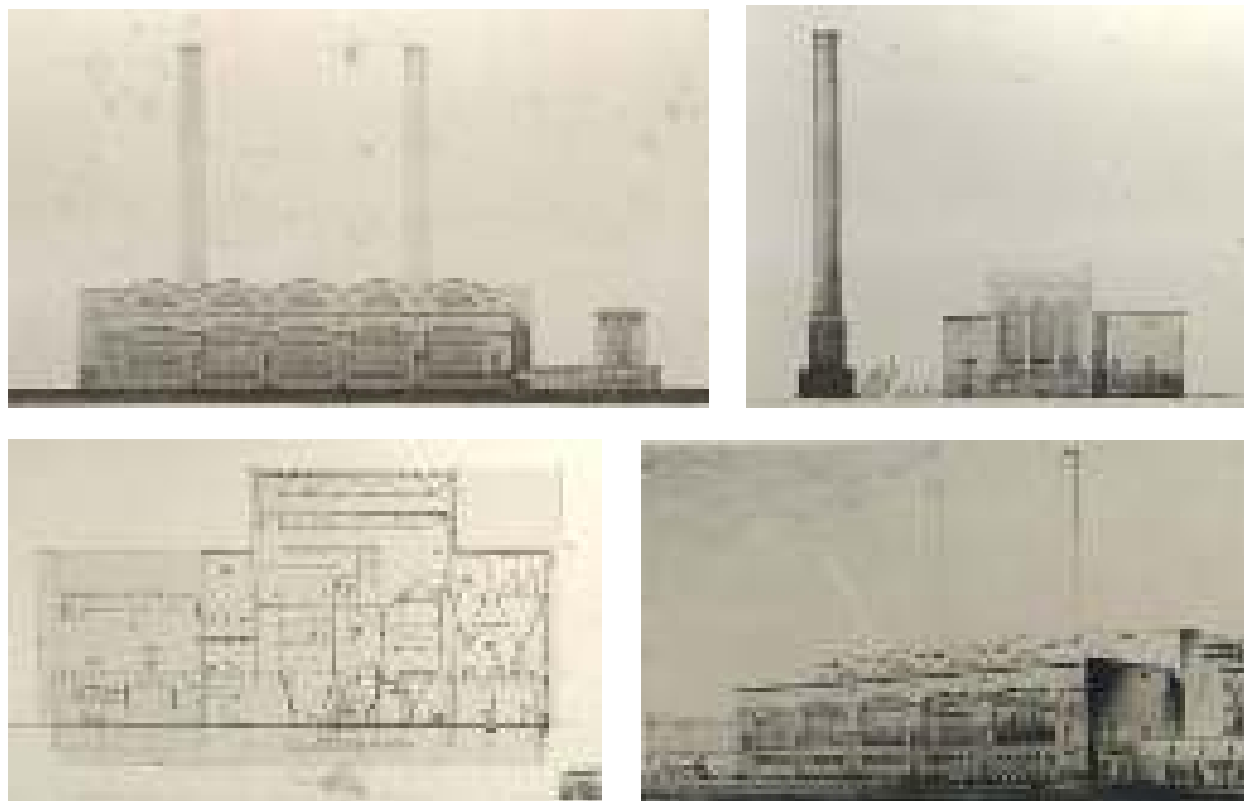


Рис. 21. Дипломный проект Степанова С.Д. – главный фасад, боковой фасад, разрез перспектива. Руководители: Мовчан В.Я, Мовчан Г.Я, Мельман Г.Л., Алхазов А.М. 1937 г.

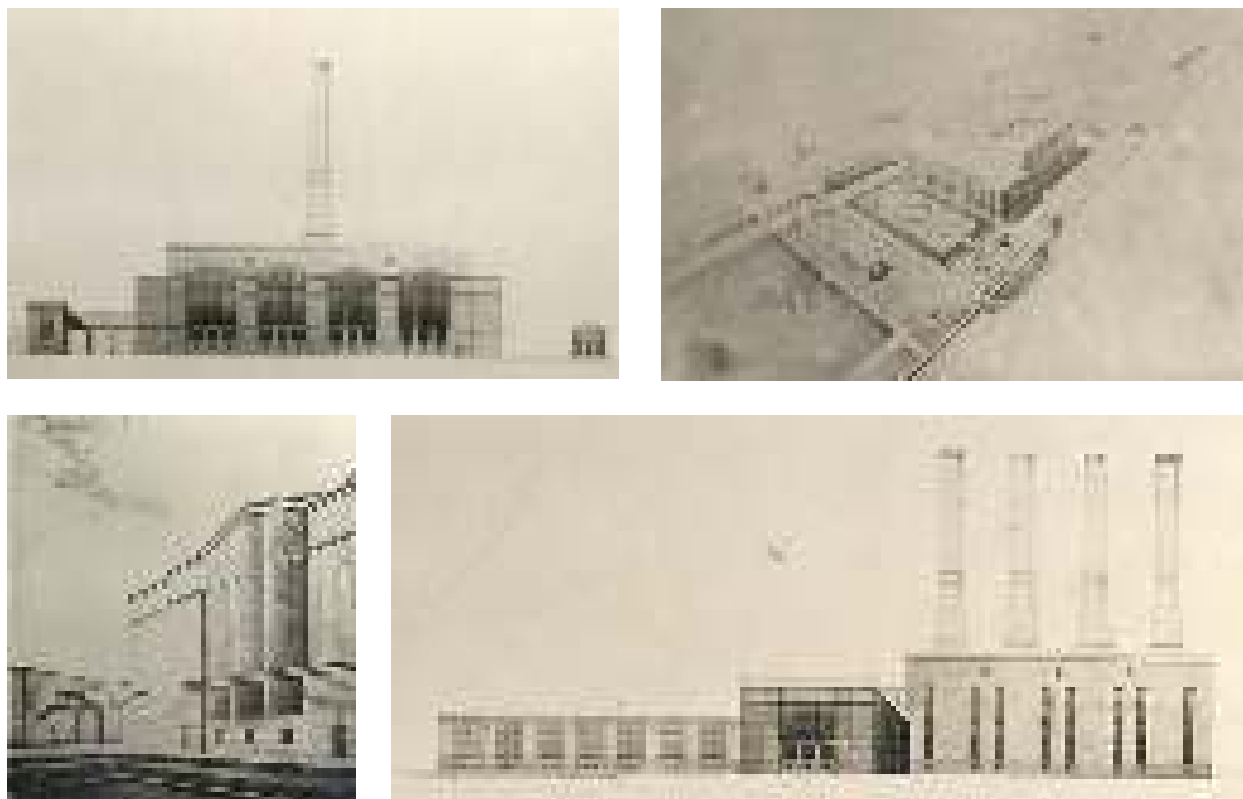


Рис. 22. Дипломный проект Емелина Я.И. – главный фасад, перспектива, боковой фасад, фрагмент фасада. Руководители: Мовчан В.Я, Мовчан Г.Я, Мельман Г.Л., Алхазов А.М. 1937 г.

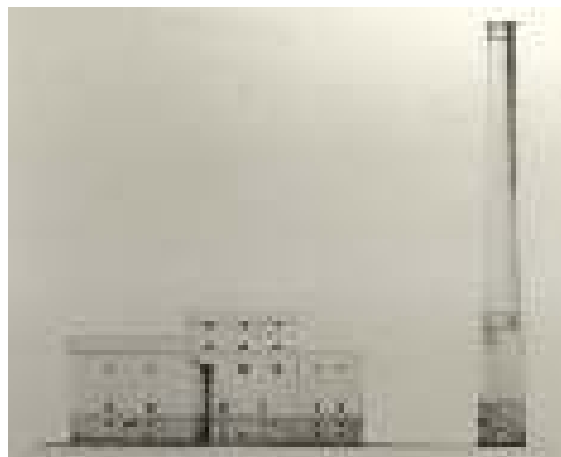


Рис. 23. Дипломный проект Фролова И.Д. – главный фасад, боковой фасад.
Руководители: Мовчан В.Я, Мовчан Г.Я, Мельман Г.Л., Алхазов А.М. 1937 г.

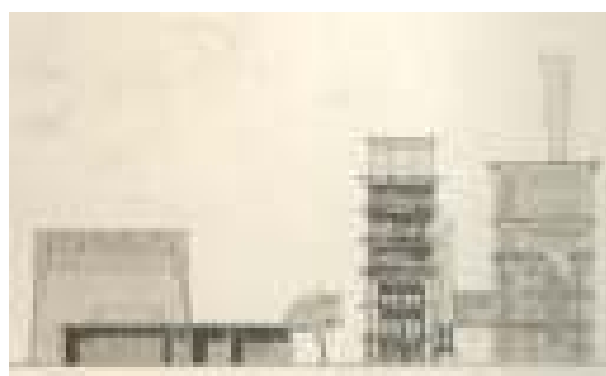
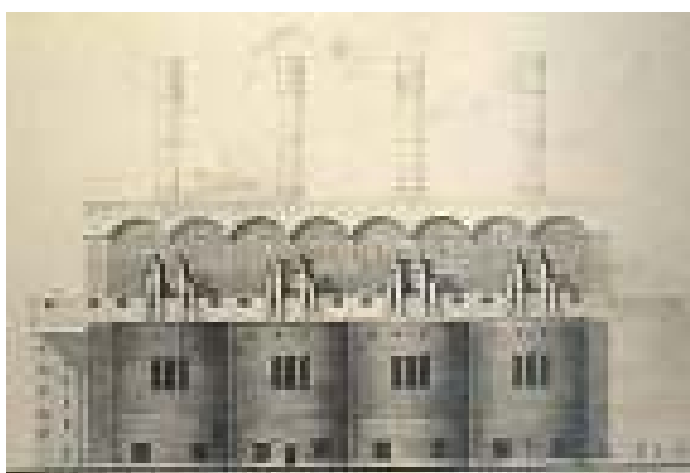


Рис. 24. Курсовой проект студента 5 курса Гиммельфарба А.Я. – главный фасад, разрез.
Руководитель: Пастернак А.Л. 1938 г.



1



2

Рис. 25.1. Курсовой проект студента 5 курса Хатунцева Н.М. – главный фасад.
Руководители: Гладков Б.В., Мовчан В.Я, Баранов В.Ф. 1939 г.

Рис. 25.2. Курсовой проект студентки 5 курса Короцкой А.А. – главный фасад.
Руководители: Гладков Б.В., Мовчан В.Я, Баранов В.Ф. 1939 г.

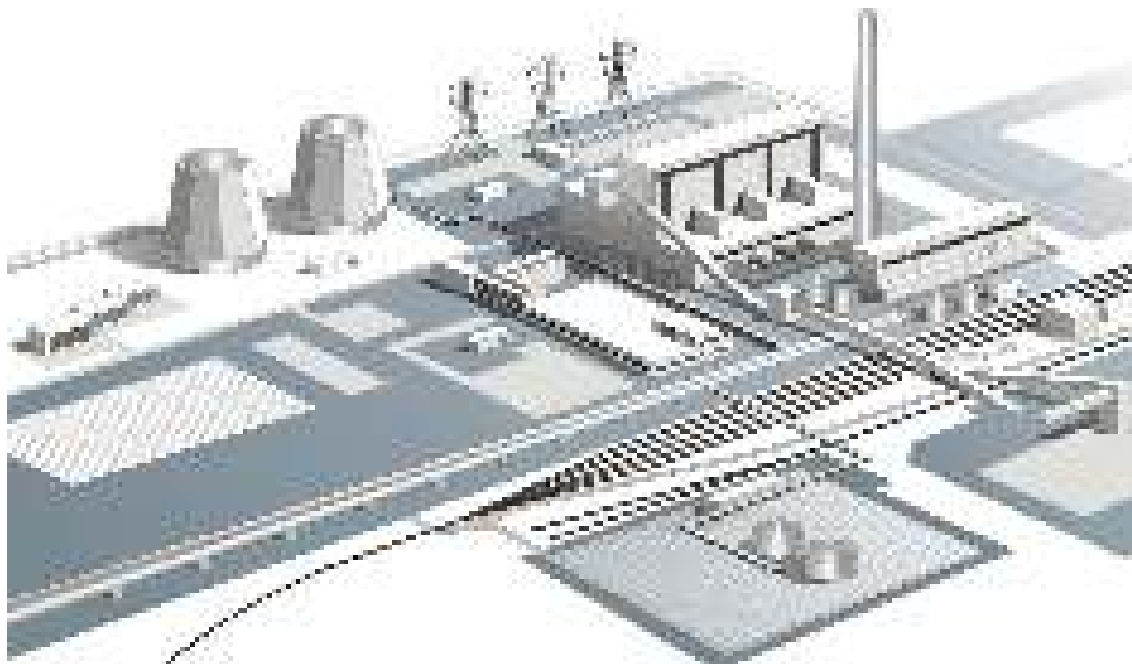


Рис. 26. Общий вид площадки ТЭЦ на твердом топливе

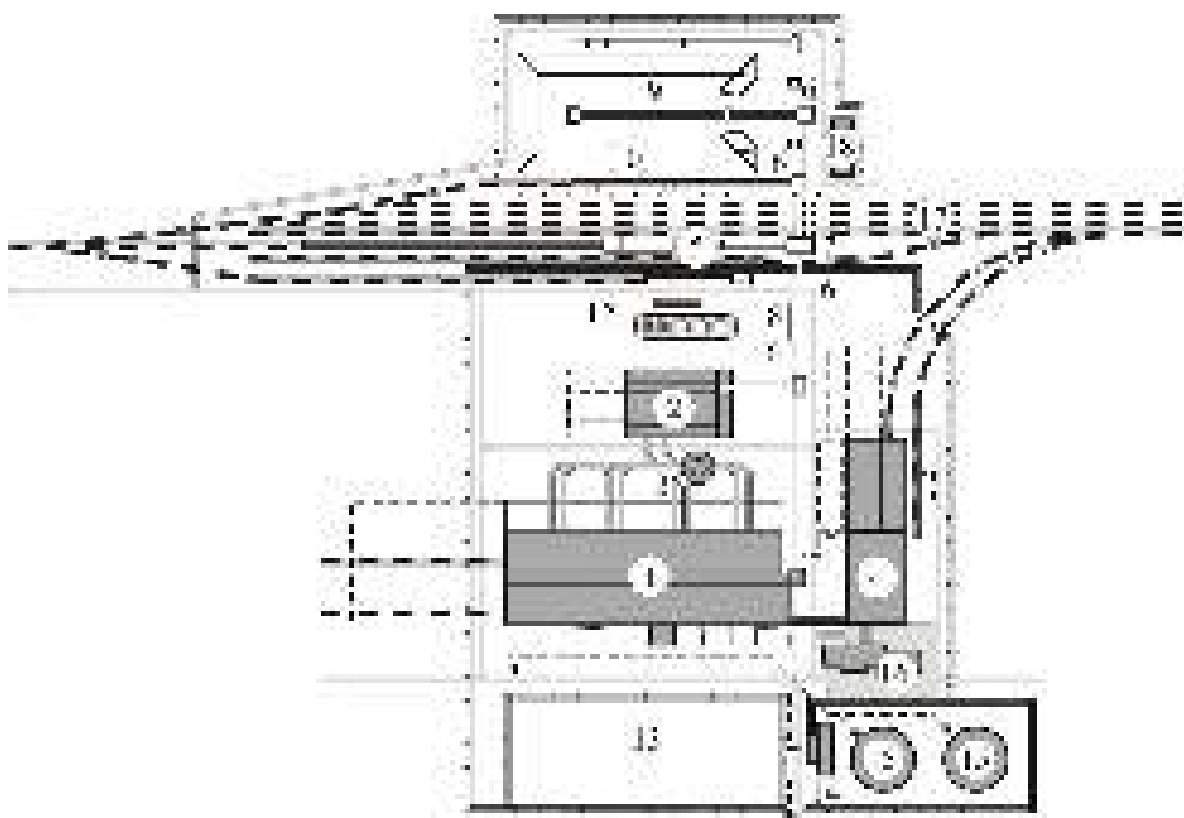


Рис. 27. Схема генерального плана ТЭЦ на твердом топливе

1 – главный корпус; 2 – водогрейная котельная; 3 – дымовая труба; 4 – объединенный вспомогательный корпус; 5 – вагоно-опрокидыватель; 6 – эстакада топливоподачи; 7 – узел пересыпки; 8 – дробильный корпус; 9 – склад угля; 10 – железнодорожная разгрузочная эстакада; 11 – размораживающее устройство; 12 – маслосмазочное хозяйство; 13 – ОРУ; 14 – насосная станция технического водоснабжения; 15 – градирни; 16 – административно-бытовой корпус с проходной; 17 – железнодорожная станция ТЭЦ; 18 – топливо-транспортный цех



Рис. 28. Общий вид газомазутной ТЭЦ

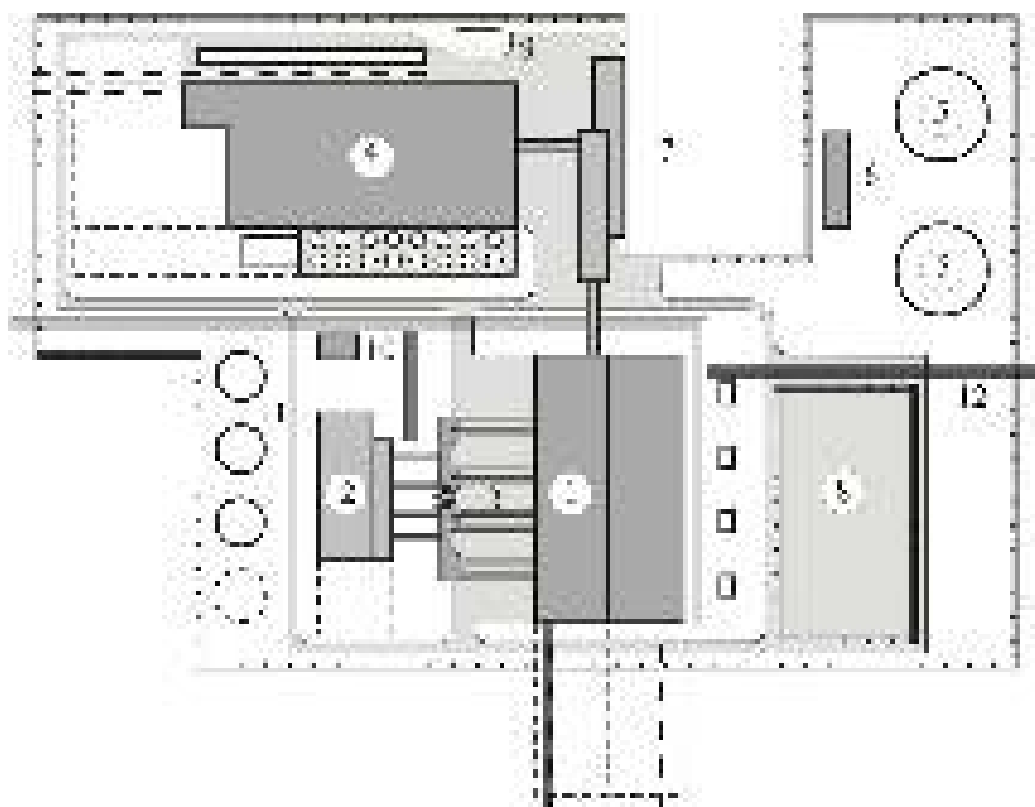


Рис. 29. Схема генерального плана газомазутной ТЭЦ

1 – главный корпус; 2 – водогрейная котельная; 3 – дымовая труба; 4 – объединенный вспомогательный корпус; 5 – градирни; 6 – насосная станция технического водоснабжения; 7 – административно-бытовой корпус с проходной; 8 – ОПУ; 9 – ресиверы; 10 – газораспределительный пункт; 11 – баки-аккумуляторы горячей воды; 12 – трубопроводы теплофикации

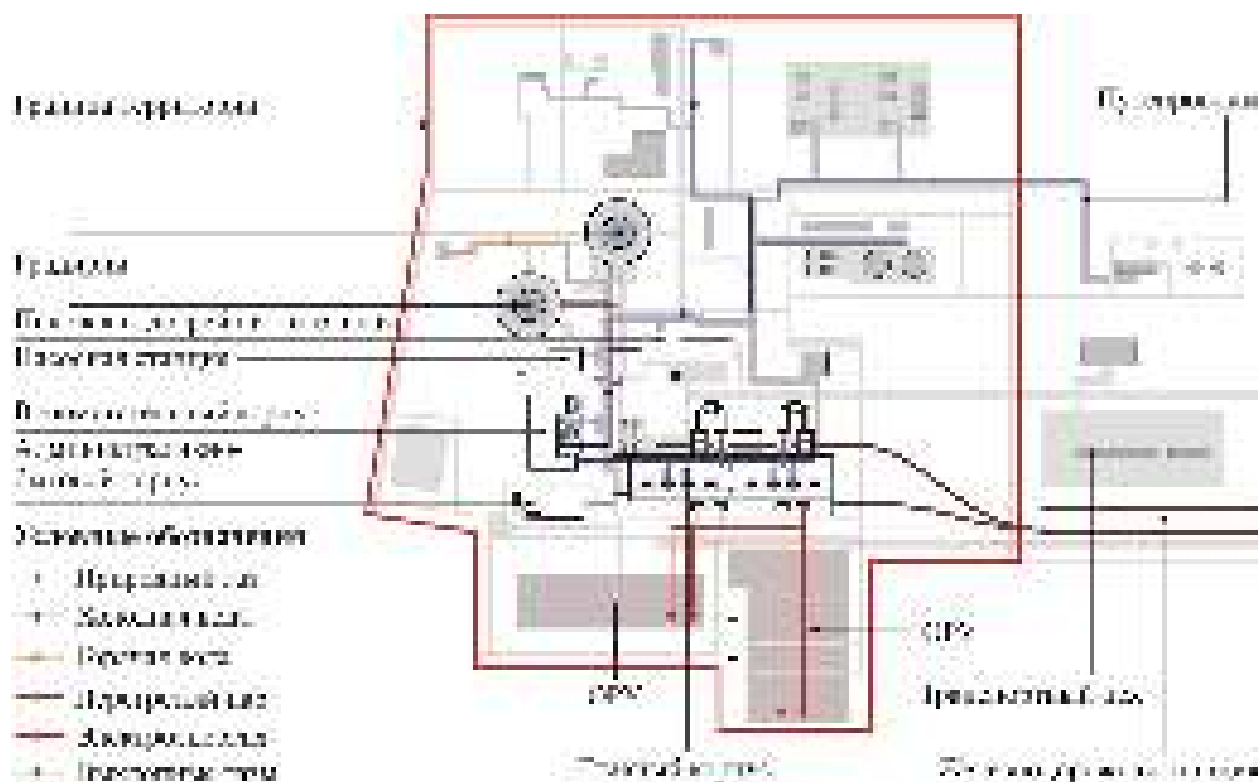


Рис. 30. Технологическая схема Калининградской ТЭЦ-2, (ПГУ)



Калининградская ТЭЦ-2, Россия. Макет

Административно-бытовой корпус

Пуск первого энергоблока Калининградской ТЭЦ-2 состоялся 28 октября 2005 г. Основа проекта – современная технология парогазового цикла со сбросом отработанных газов газовых турбин в котлы-утилизаторы. В качестве основного и резервного топлива используется природный газ. Станция оснащена современной системой контроля и управления (АСУ ТП). Установленная мощность первого энергоблока Калининградской ТЭЦ-2 составляет 450 МВт.

ПРИМЕРЫ ТЭЦ • Общий вид промплощадки

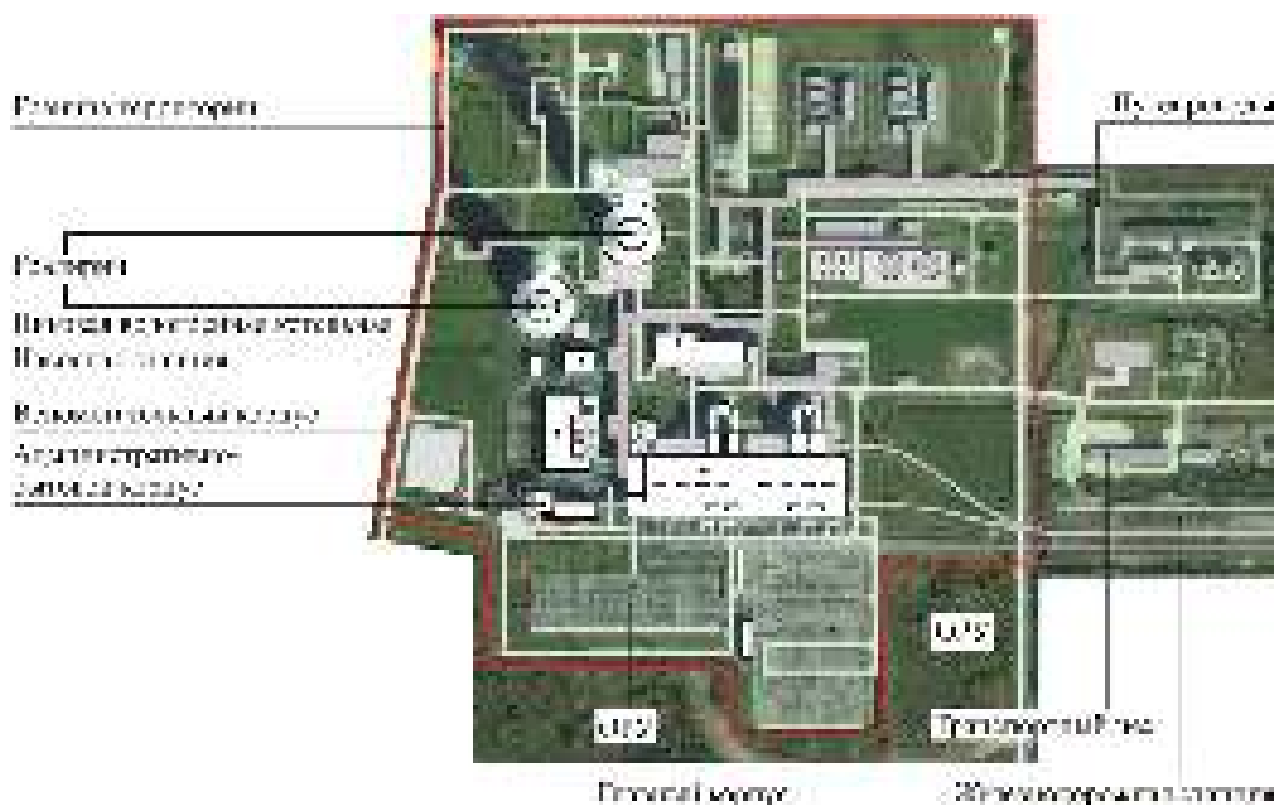


Рис. 31. Схема генерального плана Калининградской ТЭЦ-2

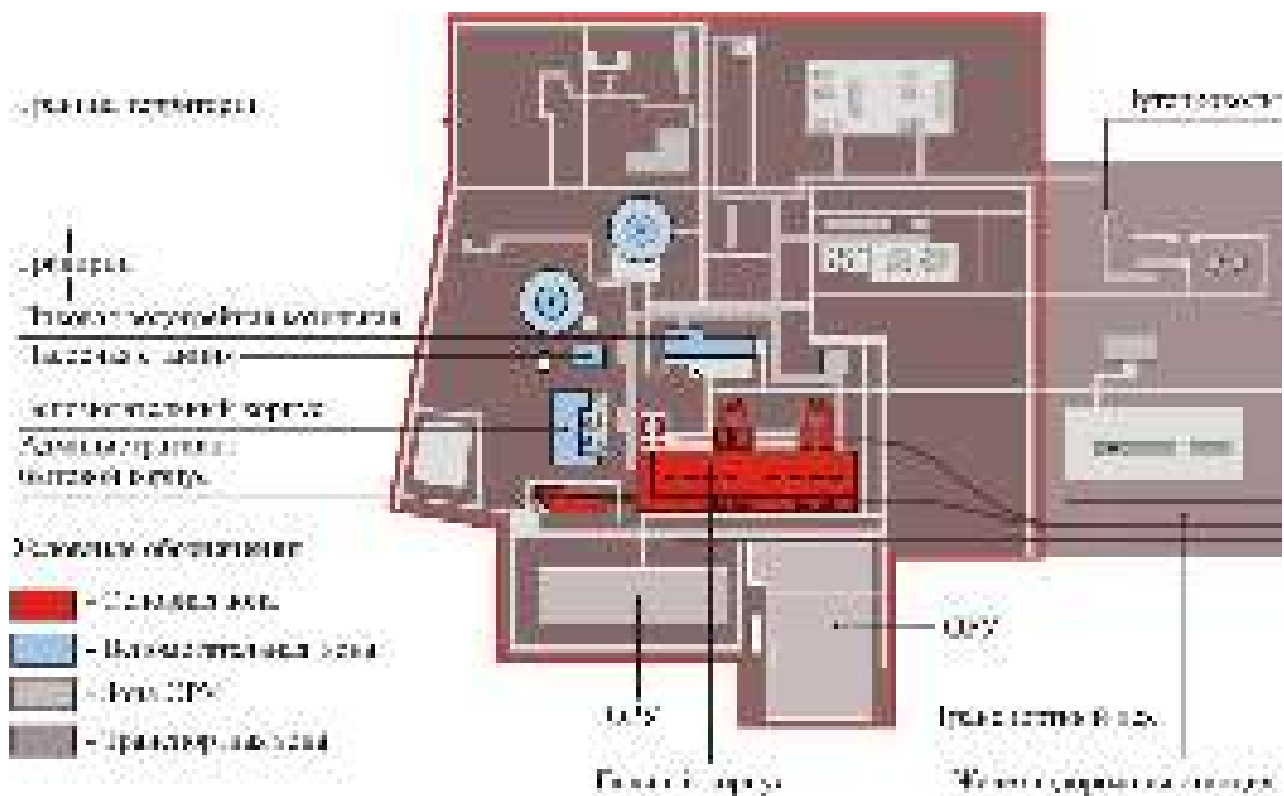


Рис. 32. Функциональная схема Калининградской ТЭЦ-2

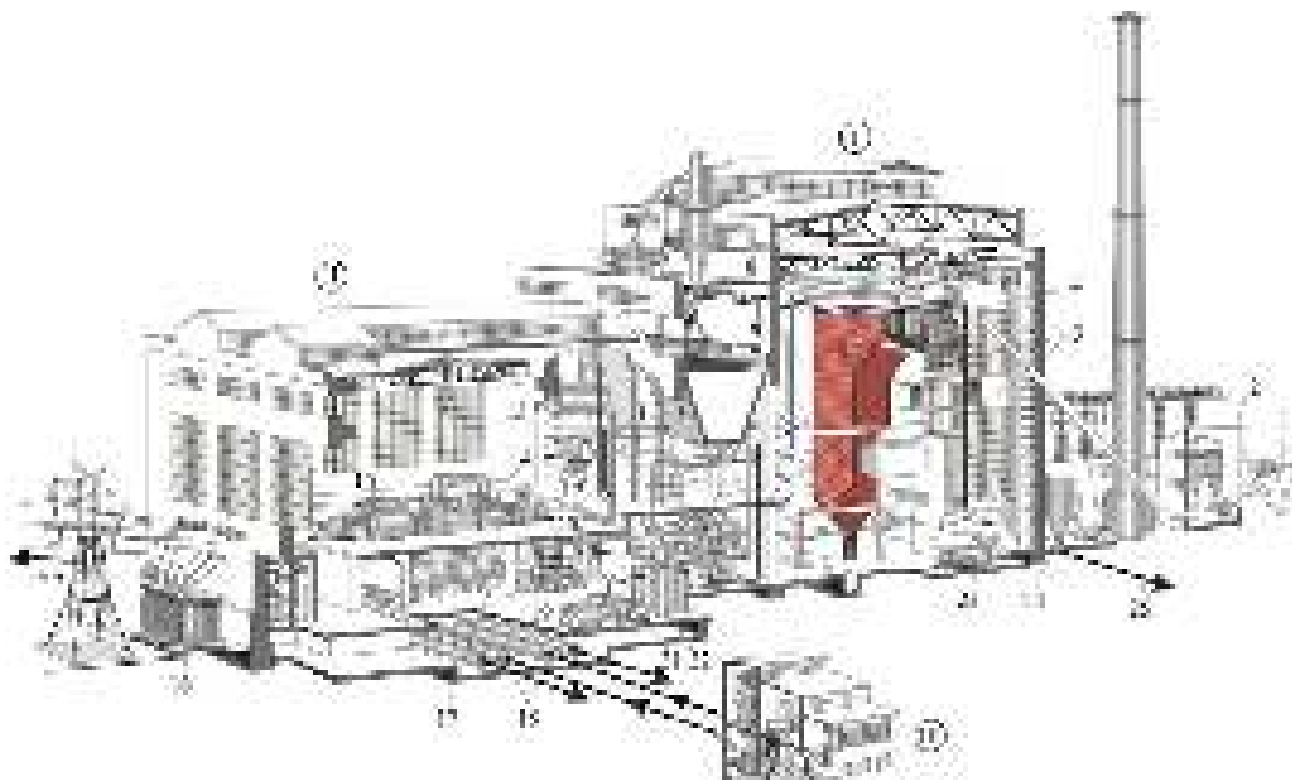


Рис. 33. Пространственный разрез главного корпуса тепловой электростанции на твёрдом топливе и связанных с ним устройств

*I – котельное отделение; II – машинное отделение (машинный зал); III – береговая водонасосная установка;
1 – угольный склад; 2 – дробильная установка; 3 – водяной экономайзер; 4 – пароперегреватель; 5 – паровой котёл;
6 – топочная камера; 7 – пылеугольные горелки; 8 – паропровод от котла к турбине; 9 – барабанно-шаровая угольная мельница; 10 – бункер угольной пыли; 11 – бункер сырого угля; 12 – щит управления блоком электростанции;
13 – деаэрактор; 14 – паровая турбина; 15 – электрический генератор; 16 – электрический повышающий трансформатор; 17 – паровые конденсаторы; 18 – трубопроводы охлаждающей воды; 19 – конденсатные насосы;
20 – регенеративные подогреватели низкого давления; 21 – питательный насос; 22 – регенеративные подогреватели высокого давления; 23 – дутьевой вентилятор; 24 – золоуловитель; 25 – шлак, зола; ЭЭ – электрическая энергия*

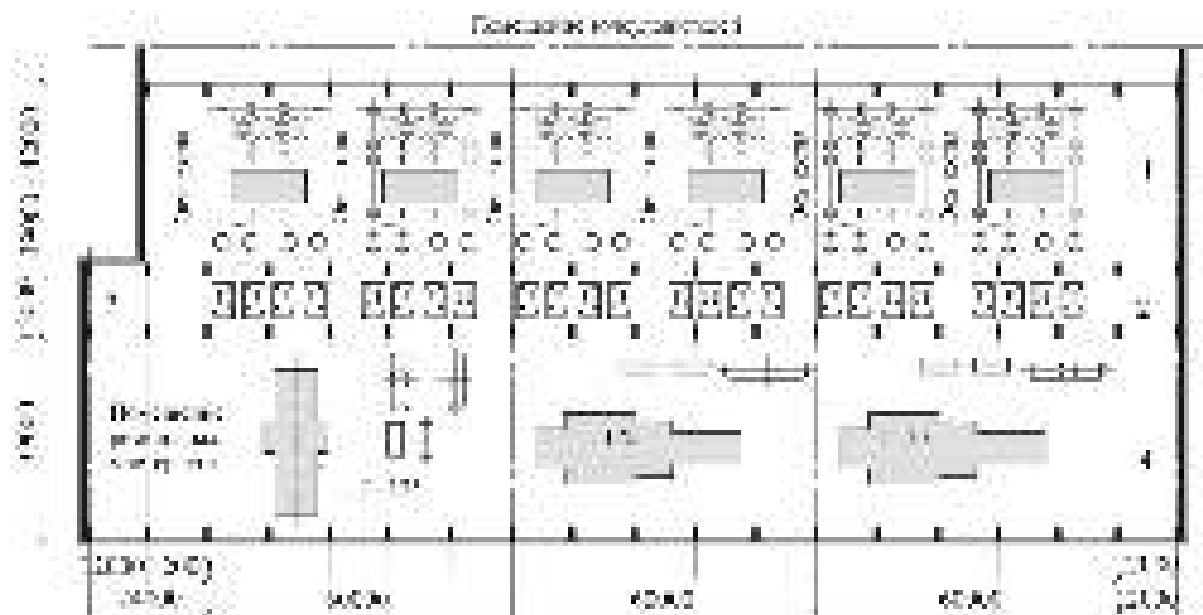


Рис. 34. План главного корпуса ТЭЦ на твёрдом топливе с продольно-поперечной компоновкой турбин суммарной мощностью 485 МВт

1 – котельное отделение; 2 – бункерное отделение; 3 – башина узла пересыпки; 4 – турбинное отделение

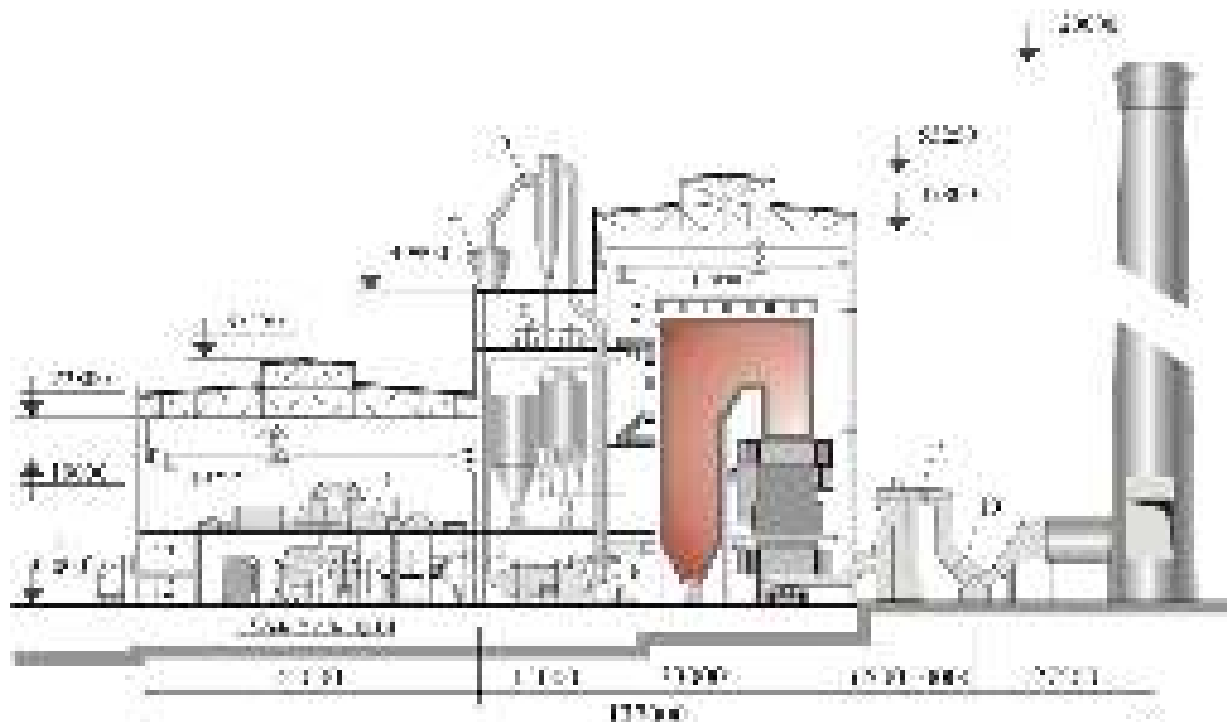


Рис. 35. Поперечный разрез главного корпуса ТЭЦ с тремя энергоблоками на твердом топливе с поперечной компоновкой турбин мощностью 525 МВт

1 – турбоагрегат; 2 – паровой котел; 3 – шаровая барабанная мельница; 4 – сепаратор пыли; 5 – пылевой циклон; 6 – мельничный вентилятор; 7 – дутьевой вентилятор; 8 – конвейеры топливоподачи; 9 – золоуловитель; 10 – дымосос; 11 – повышающий трансформатор; 12 – распределительные устройства собственного расхода; 13 – единый щит управления

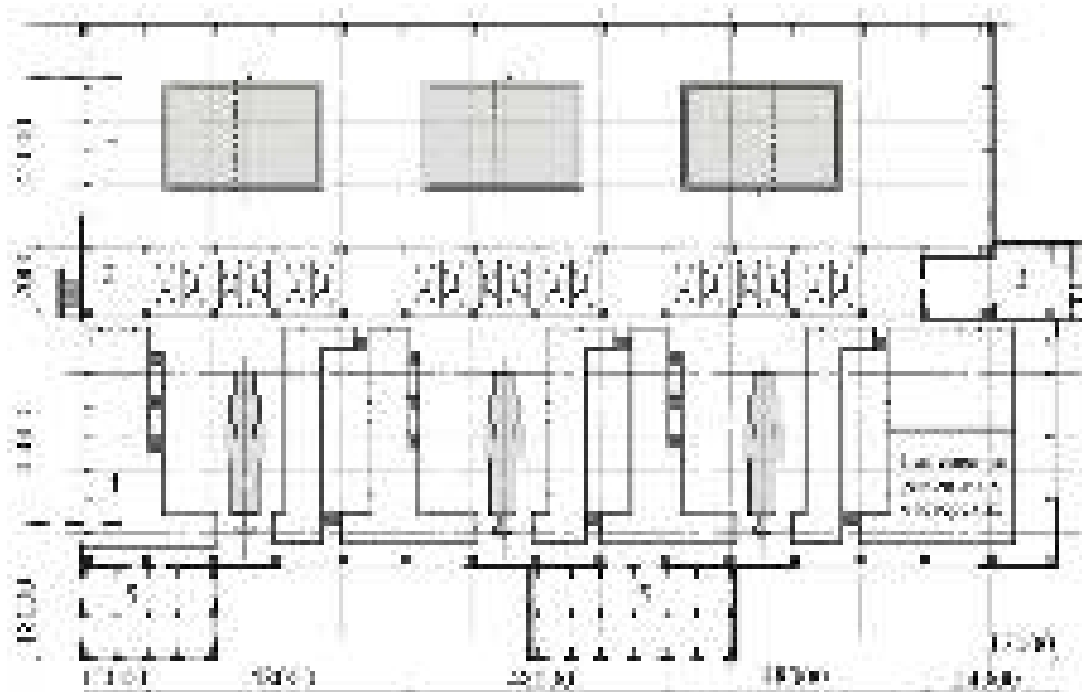


Рис. 36. План главного корпуса ТЭЦ с тремя энергоблоками на твёрдом топливе с поперечной компоновкой турбин мощностью 525 МВт

1 – котельное отделение; 2 – бункерное отделение; 3 – башня узла пересыпки; 4 – турбинное отделение; 5 – блок бытовых помещений и помещение единого щита управления

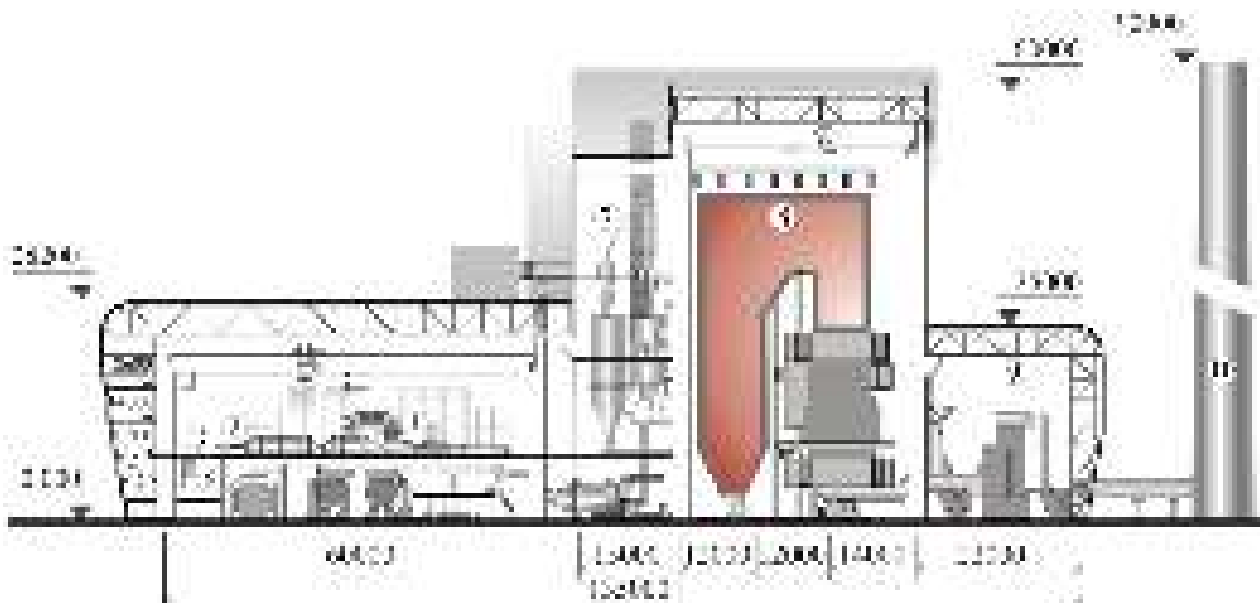


Рис. 37. Поперечный разрез главного корпуса ТЭЦ на твердом топливе с четырьмя энергоблоками и поперечной компоновкой турбин суммарной мощностью 600 МВт

1 – паровая турбина; 2 – электрогенератор; 3 – площадка обслуживания; 4 – электротехнические помещения; 5 – единый щит управления; 6 – служебные помещения; 7 – деаэрационная этажерка; 8 – паровой котел; 9 – фильтры и дымососы; 10 – дымовая труба

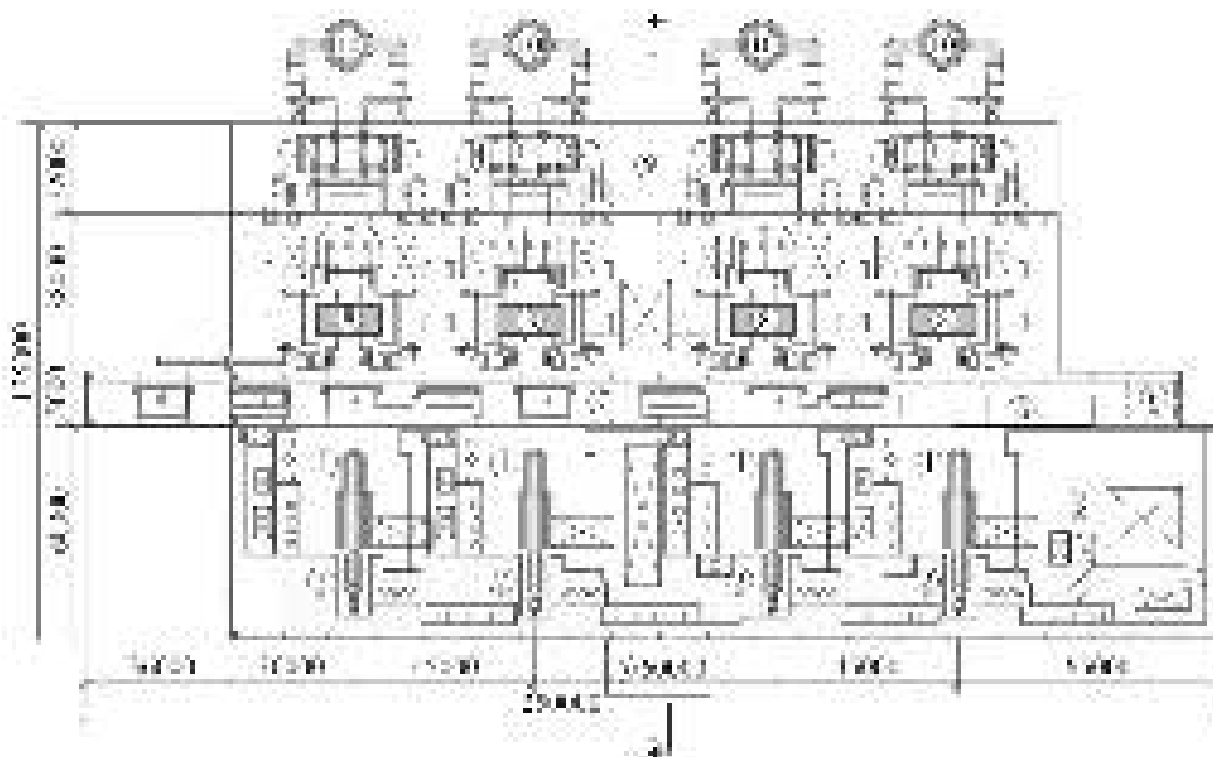


Рис. 38. План главного корпуса ТЭЦ на твёрдом топливе с четырьмя энергоблоками и поперечной компоновкой турбин суммарной мощностью 600 МВт на отметке площадки обслуживания

1 – паровая турбина; 2 – электрогенератор; 3 – ремонтная зона; 4 – электротехнические помещения; 5 – единый щит управления; 6 – служебные помещения; 7 – деаэрационная этажерка; 8 – паровой котел; 9 – фильтры и дымососы; 10 – дымовая труба

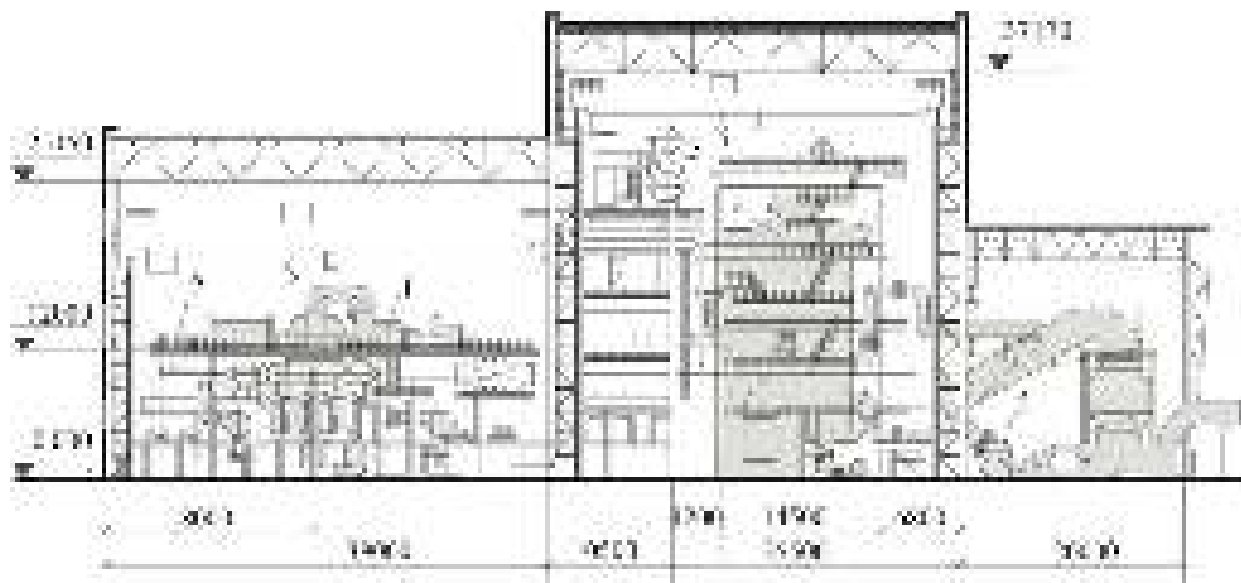


Рис. 39. Поперечный разрез главного корпуса ТЭЦ на газомазутном топливе с четырьмя энергоблоками, с поперечной компоновкой турбин

1 – паровая турбина; 2 – электрогенератор; 3 – деаэрационный бак; 4 – однокорпусный паровой котел; 5 – фильтры и дымососы

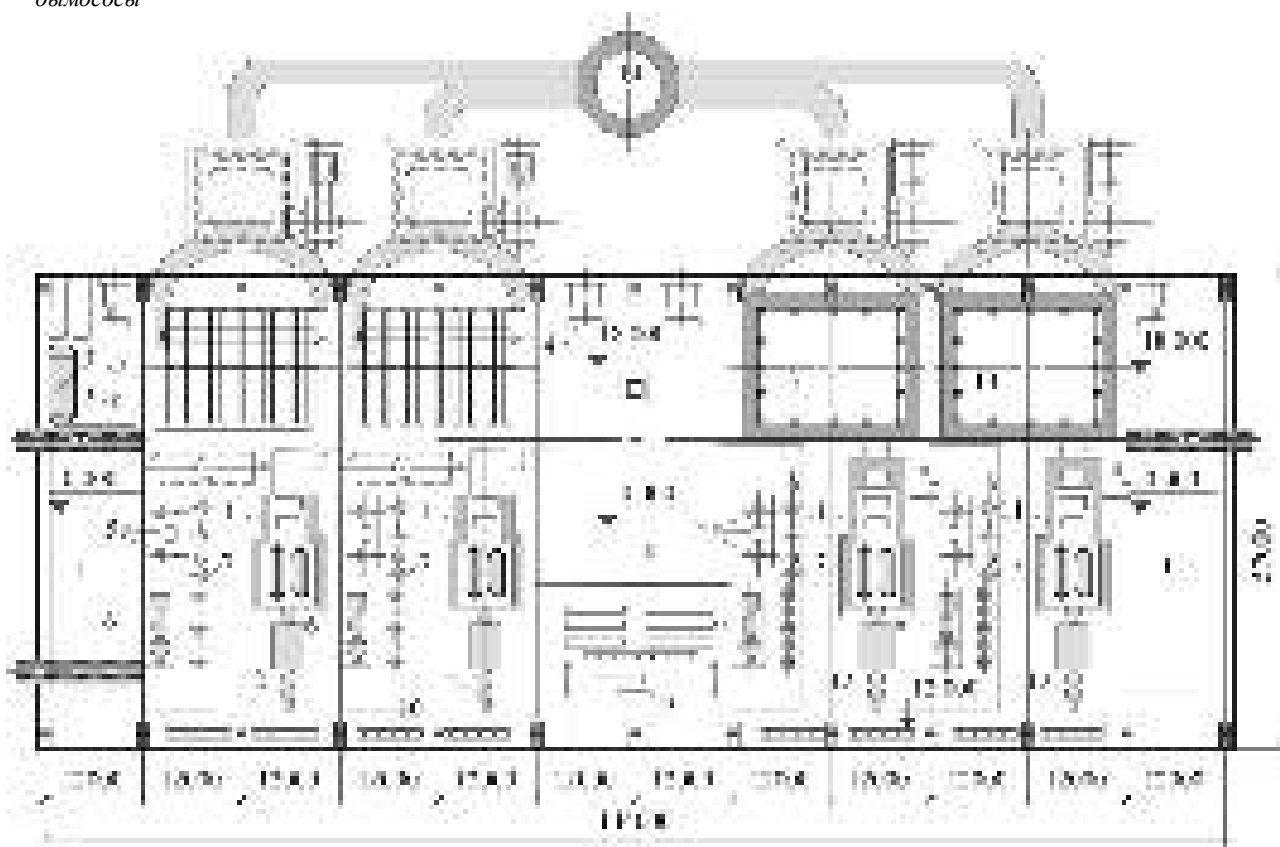


Рис. 40. План главного корпуса ТЭЦ на газомазутном топливе с четырьмя энергоблоками с поперечной компоновкой турбин Т-110-130-3

1 – ремонтная площадка; 2 – теплообменник; 3 – вакуумный деаэратор; 4 – камера приточной вентиляции; 5 – ПВД; 6 – ПЭН; 7 – ПНД; 8 – ремонтно-монтажная площадка; 9 – блочный щит управления; 10 – РУСН; 11 – паровая турбина; 12 – электрогенератор; 13 – однокорпусный паровой котел; 14 – дымовая труба

ПРИМЕРЫ ТЭЦ с парогазовой технологией (ПГУ)

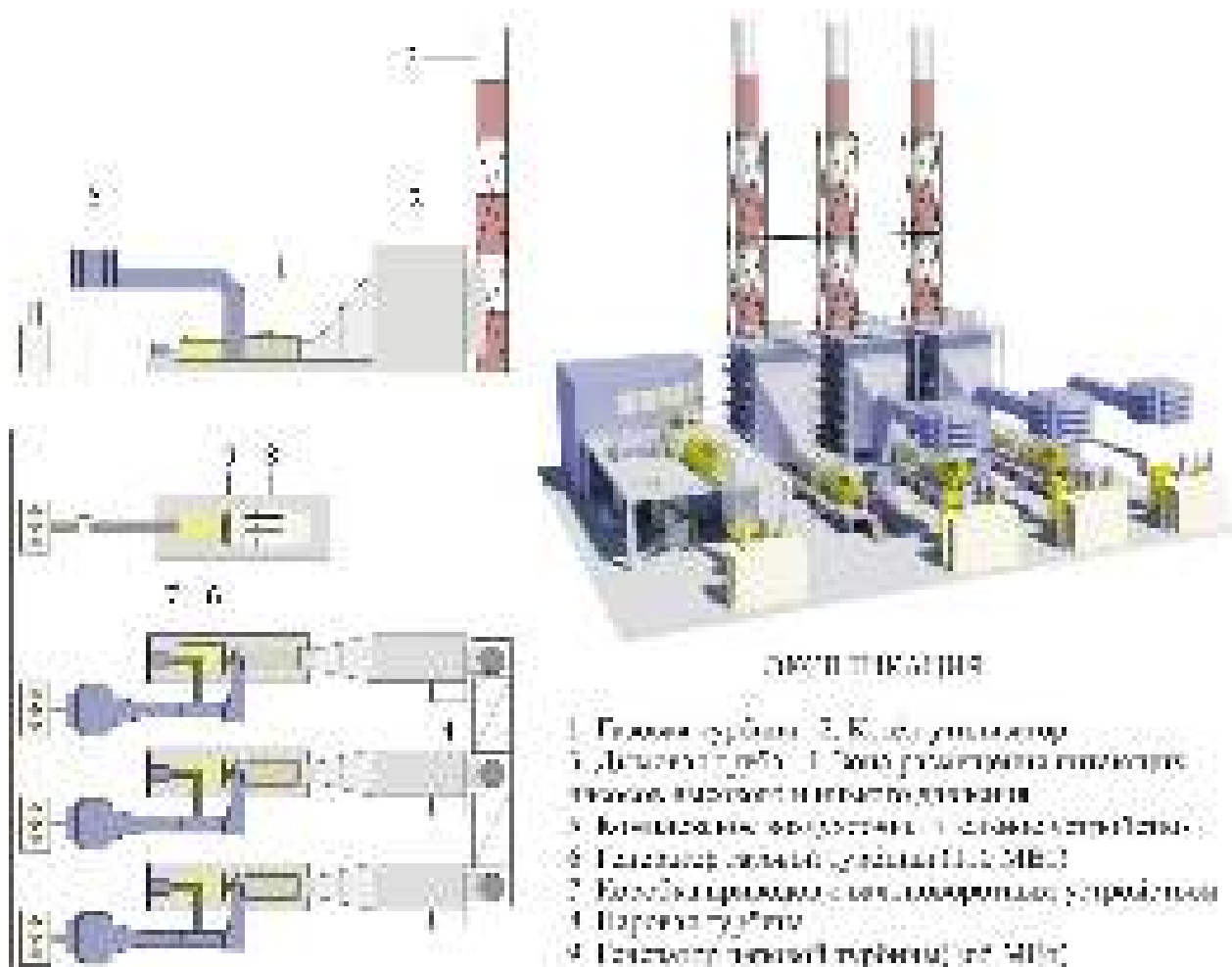


Рис. 41. Схема расположения технологического оборудования парогазовой установки (ПГУ)

Парогазовые установки по своему технологическому решению являются установками комбинированного типа. Топливом для них служат, как правило, природный газ или мазут, но возможно использование и других видов топлива, за исключением твердого.

Процесс преобразования тепловой энергии в электрическую предусматривает два автономных цикла – это цикл сжигания газа для работы газовой турбины и цикл использования отработавшего пара в паровой турбине. Поэтому ПГУ состоит из двух отдельных, но взаимосвязанных друг с другом установок: газотурбинной и паросиловой.

Газовая и паровая турбины могут размещаться рядом, параллельно (рис. 41, 45 – 47), а могут находиться на одной оси (рис. 42 – 44). Такая схема расположения называется одновальной.

Газообразные продукты, полученные в камере сгорания топлива, вращают ротор газовой турбины, благодаря чему генератор этой турбины вырабатывает электрический ток.

Пройдя через газовую турбину, продукты сгорания, имеющие достаточную температуру для участия в следующем цикле (около 500°C), попадают в котел-утилизатор, где нагревают воду, превращая ее в перегретый пар с давлением около 100 атмосфер. Перегретый пар вращает вторую, паровую турбину, на которой установлены второй генератор, дающий дополнительную электроэнергию, и конденсатор. После охлаждения уходящего пара в градирнях образуется горячая вода для теплоснабжения потребителей.

Благодаря такой комбинации ПГУ решает задачи генерирования электроэнергии и получения горячей воды для отопления. КПД парогазовой установки достигает 50%, она легко интегрируется с другими энергоустановками, быстро включается в начале цикла и переключается при необходимости изменения соотношений конечных продуктов.

Кроме того, комбинированные установки на основе такой технологии имеют низкие эксплуатационные расходы и сравнительно быструю окупаемость, а также обладают экологическими характеристиками, позволяющими размещать эти объекты в черте города.

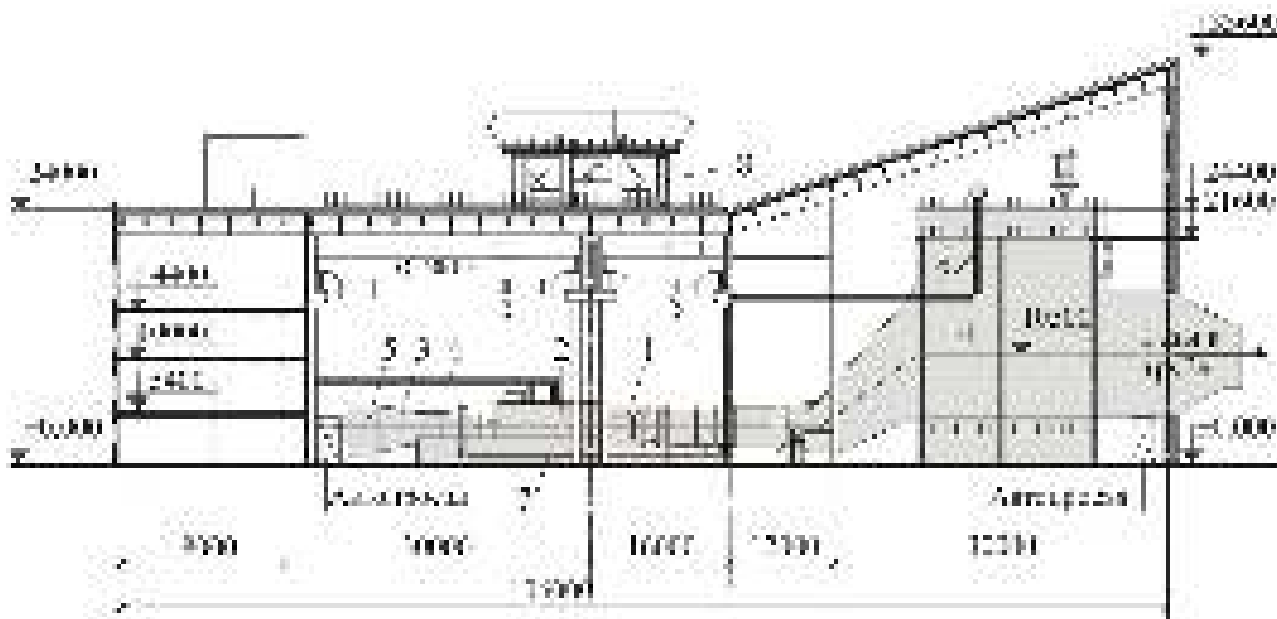


Рис. 42. Поперечный разрез главного корпуса ТЭЦ ПГУ-170 с одновальным расположением турбин

1 – газотурбинная установка ПГУ-170; 2 – генератор; 3 – паровая турбина; 4 – котел-утилизатор; 5 – конденсатор; 6 – экранированные токопроводы от генератора к трансформатору; 7 – паропровод от котла-утилизатора к паровой турбине; 8 – комплексное воздухоочистительное устройство

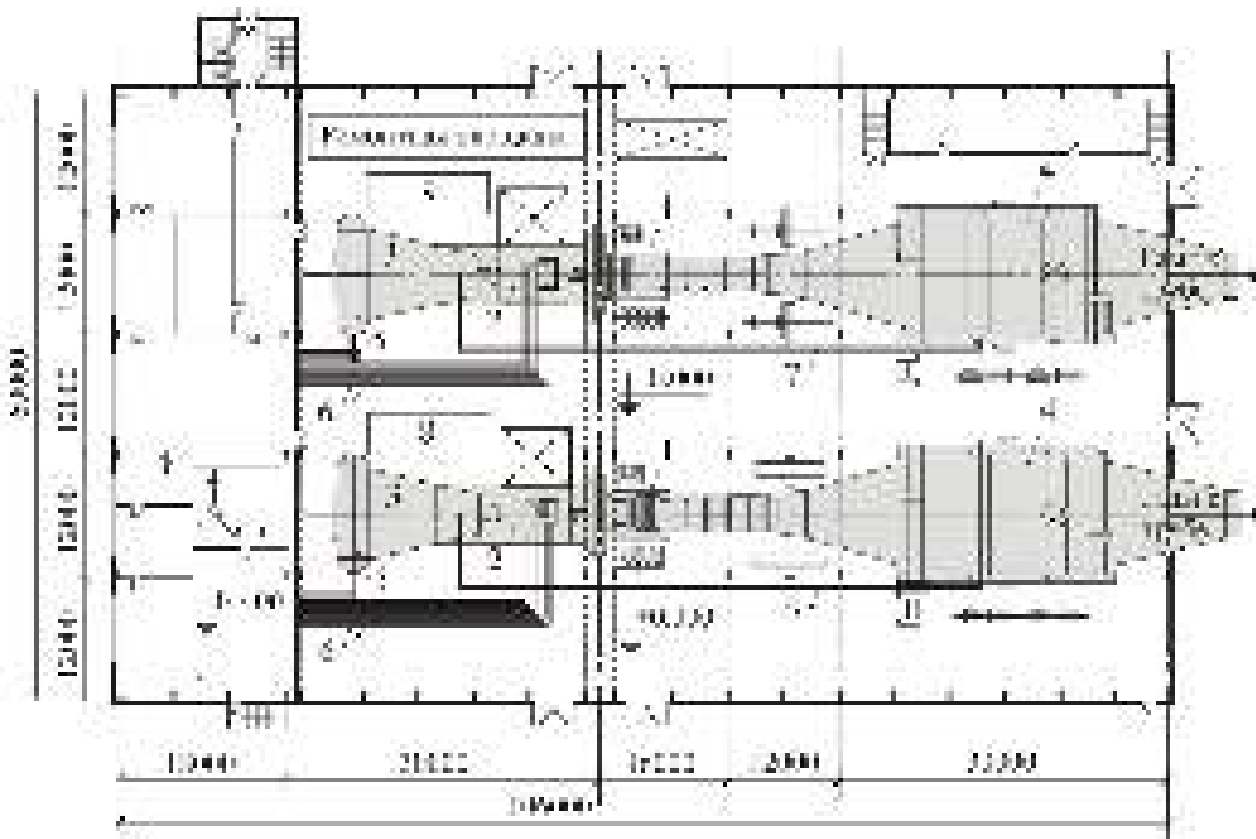


Рис. 43. Компоновка плана главного корпуса ТЭЦ ПГУ-170 с двумя энергоблоками

1 – газотурбинная установка ПГУ-170; 2 – генератор; 3 – паровая турбина; 4 – котел-утилизатор; 5 – конденсатор; 6 – экранированные токопроводы от генератора к трансформатору; 7 – паропровод от котла-утилизатора к паровой турбине; 8 – электротехническое оборудование

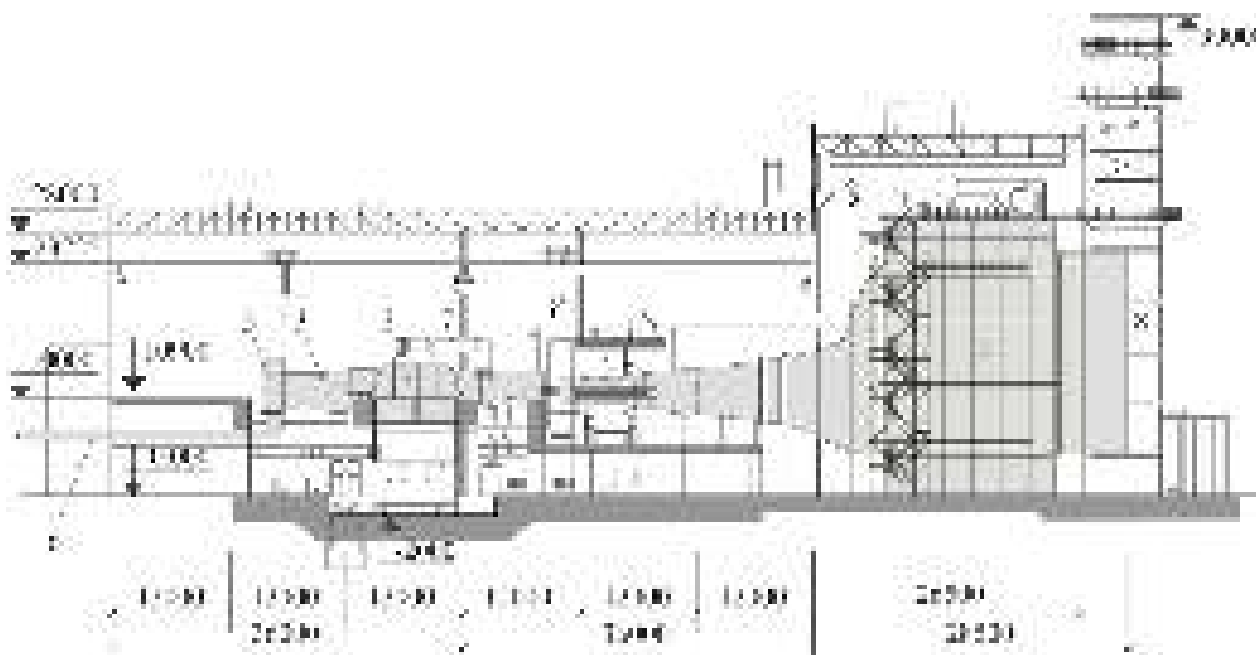


Рис. 44. Поперечный разрез главного корпуса одновальной ПГУ мощностью 400 МВт

1 – газотурбинная установка ПГУ-400; 2 – генератор; 3 – паровая турбина; 4 – котел-утилизатор; 5 – конденсатор; 6 – экранированные токопроводы от генератора к трансформатору; 7 – комплексное воздухоочистительное устройство; 8 – дымовая труба

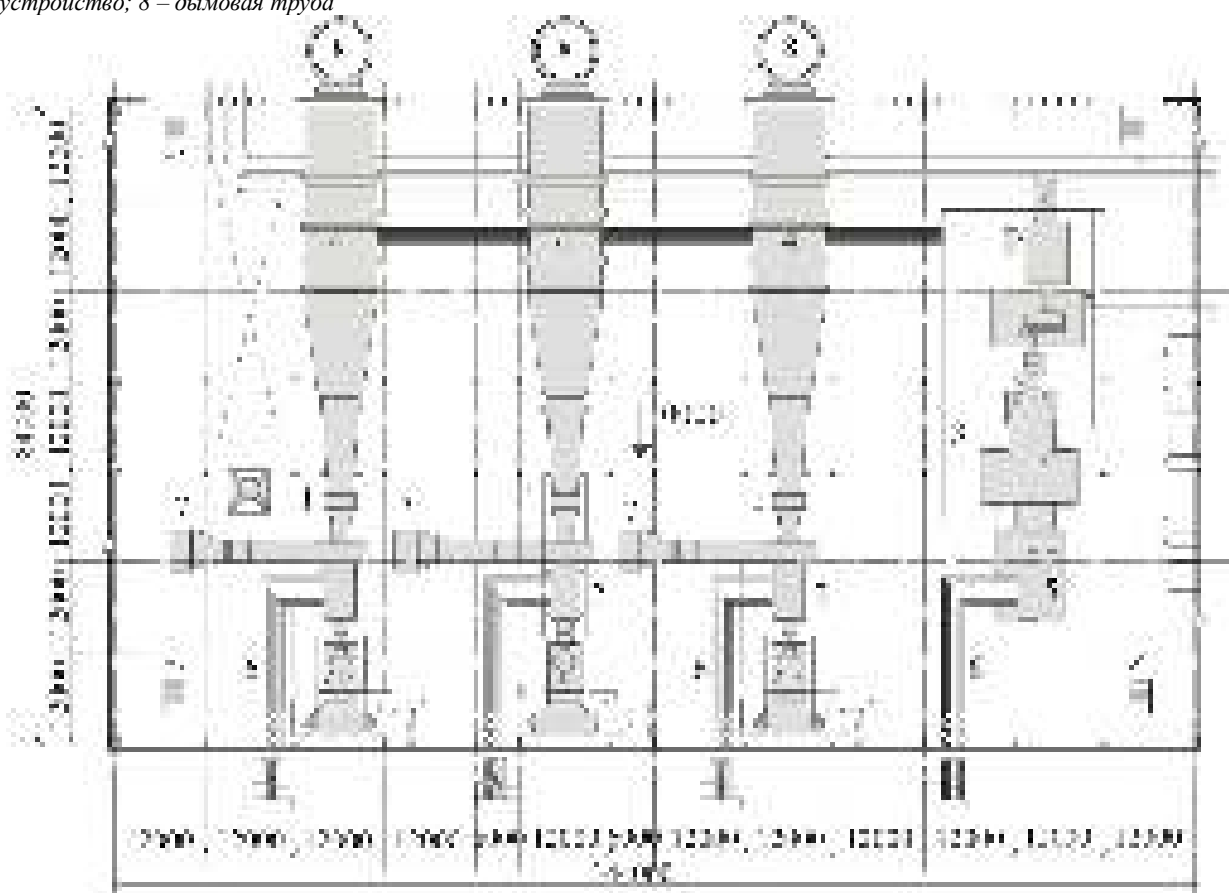


Рис. 45. План главного корпуса ПГУ-500 с тремя энергоблоками и паросиловой установкой

1 – газотурбинная установка; 2 – генератор газовой турбины мощностью 110 МВт; 3 – паровая турбина; 4 – котел-утилизатор; 5 – генератор паровой турбины мощностью 165 МВт; 6 – экранированные токопроводы от генератора к трансформатору; 7 – комплексное воздухоочистительное устройство; 8 – дымовая труба

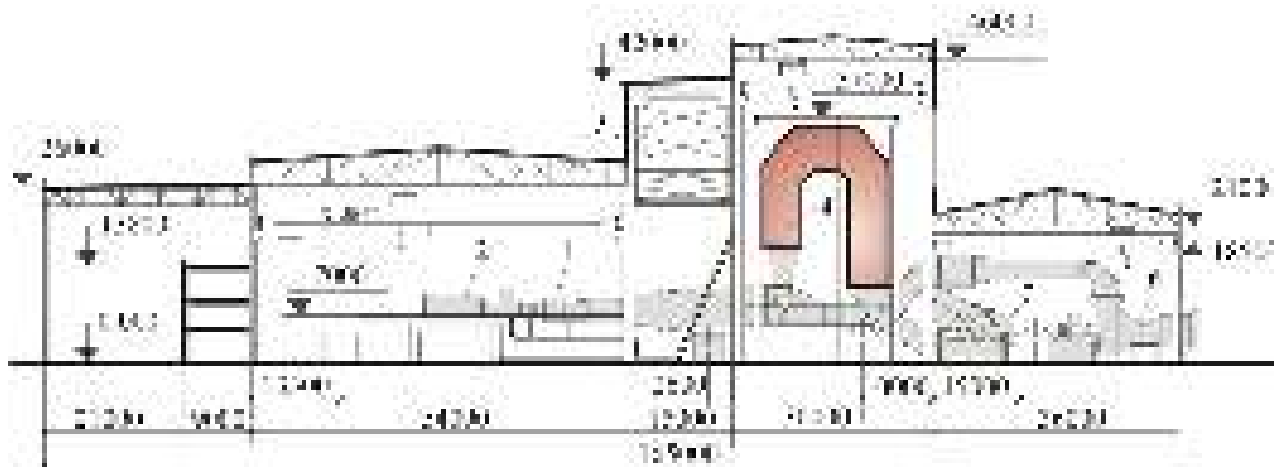


Рис. 46. Поперечный разрез главного корпуса с парогазовой установкой ПГУ-800 с двумя энергоблоками с поперечным расположением турбин

1 – газовая турбина ГТЭ-150-1100; 2 – электрический генератор ГТУ; 3 – забор воздуха в компрессор ГТУ; 4 – утилизационный паровой котел; 5 – паровая турбина К-500-166; 6 – дымосос; 7 – дутьевой вентилятор

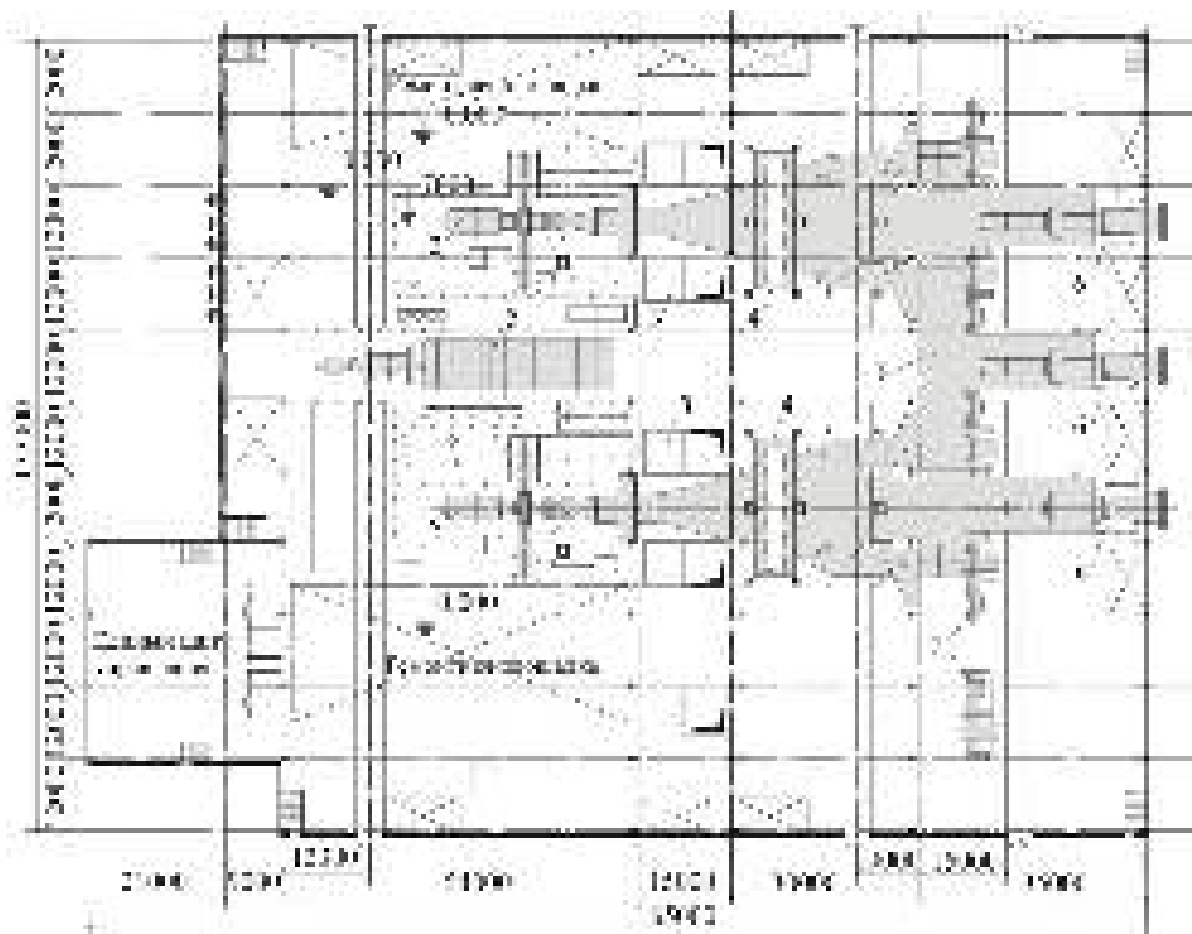


Рис. 47. Вариант компоновки главного корпуса с парогазовой установкой ПГУ-800 с двумя энергоблоками с поперечным расположением турбин

1 – газовая турбина ГТЭ-150-1100; 2 – электрический генератор ГТУ; 3 – забор воздуха в компрессор ГТУ; 4 – утилизационный паровой котел; 5 – паровая турбина К-500-166; 6 – дымосос; 7 – дутьевой вентилятор; 8 – газоход



Котельное отделение. Вид сверху

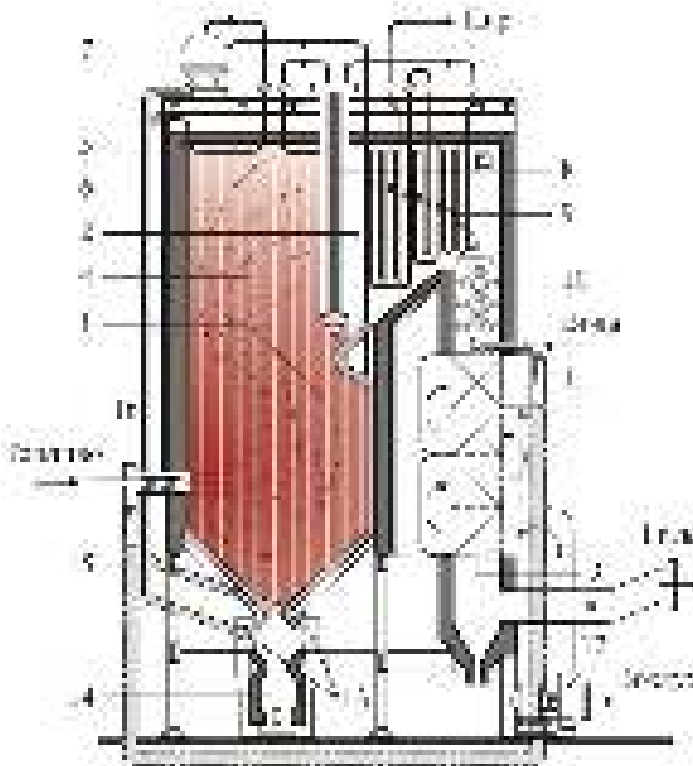
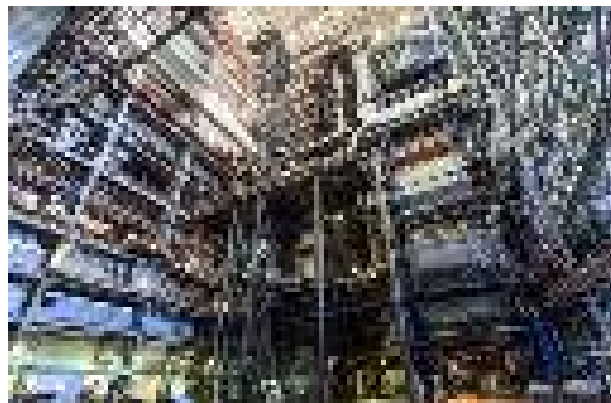


Рис. 48. Схема парового котла в разрезе

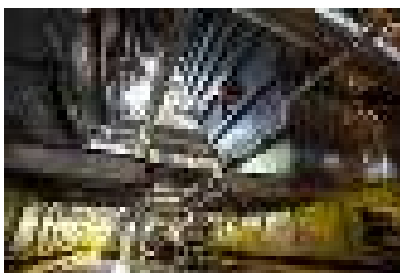
1 – топочная камера (топка); 2 – горизонтальный газоход; 3 – конвективная шахта; 4 – топочные экраны; 5 – потолочные экраны; 6 – спускные трубы; 7 – барабан; 8 – радиационно-конвективный пароперегреватель; 9 – конвективный пароперегреватель; 10 – водяной экономайзер; 11 – воздухоподогреватель; 12 – дутьевой вентилятор; 13 – нижние коллекторы экранов; 14 – шлаковый комод; 15 – холодная коронка; 16 – горелки



Горизонтальный барабан котла



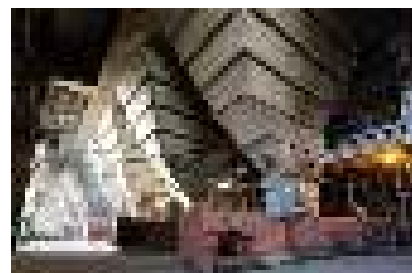
Котельное отделение. Вид снизу



Измельчитель угля



Электрофильтры для очистки дымовых газов



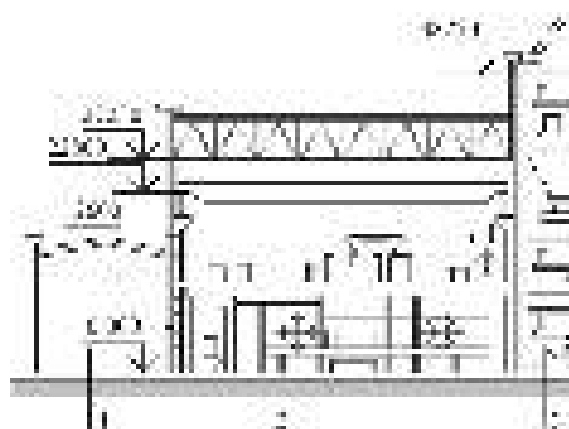
Водогрейные котлы



Рис. 49. Турбинное отделение на отметке обслуживания с поперечным расположением турбогенераторов. Правобережная ТЭЦ. Санкт-Петербург (ПГУ)



Рис. 50. Турбинное отделение



Поперечный разрез к рис. 49

1 – цит управления;

2 – турбинное отделение; 3 – бункерное отделение



Рис. 51. Пример продольного расположения турбин

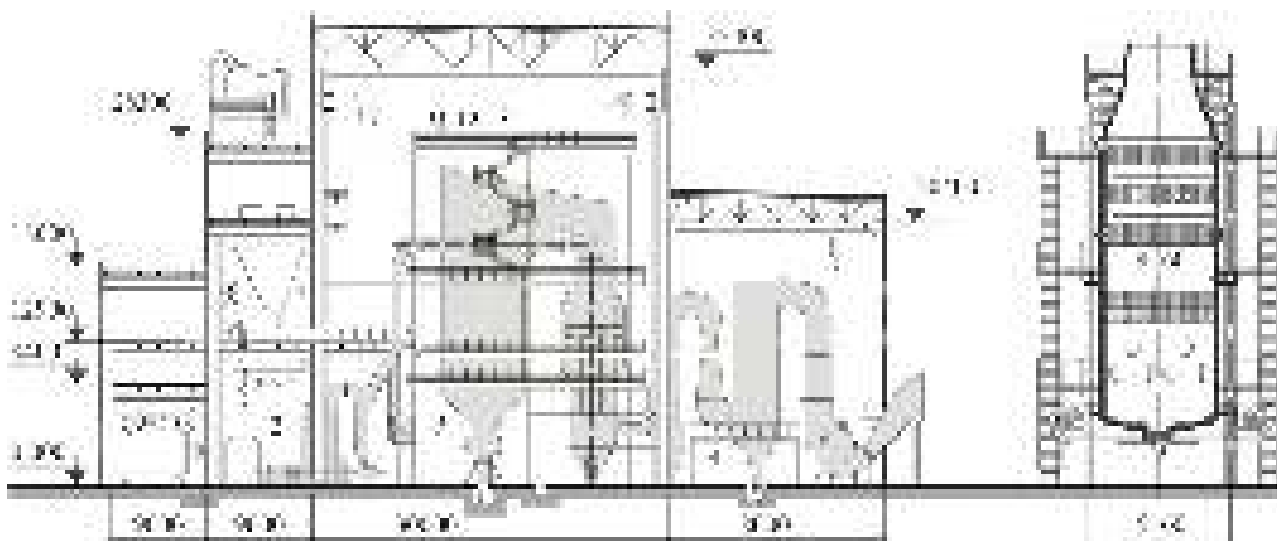


Рис. 52. Поперечный разрез водогрейной котельной на твёрдом топливе и схема разреза вертикального водогрейного котла ПТВМ-50

1 – помещение электротехнических устройств; 2 – бункерное отделение; 3 – котельное отделение; 4 – тягодутьевое отделение



Рис. 53. Общий вид водогрейной котельной с вертикальными водогрейными котлами на газе (слева) и вертикальный водогрейный котёл KBGM-100 на Волгоградской ТЭЦ-2 (справа)



Рис. 54. Горизонтальные водогрейные котлы



Рис. 55. Баки-аккумуляторы горячей воды (Дания)



Рис. 56. Здание закрытого распределительного устройства (ЗРУ) – слева и трансформаторные установки открытого распределительного устройства (ОРУ) – справа

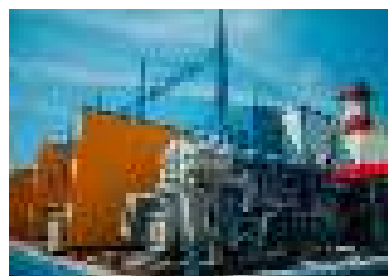


Рис.57. Трансформаторные устройства ОРУ

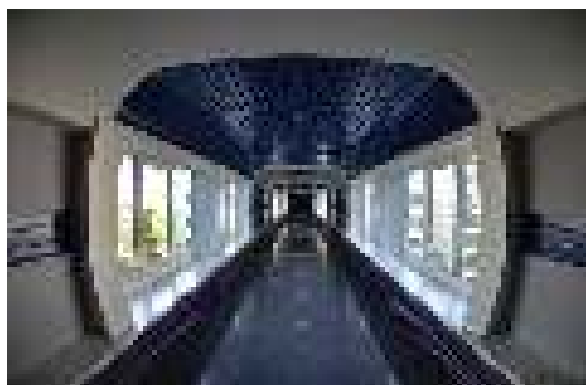


Рис. 58. Переход в бытовой корпус

Рис. 59. Единый щит управления ТЭЦ-27 в Москве

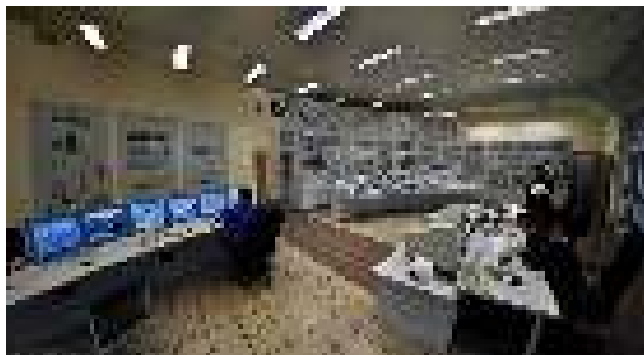


Рис. 60. Единый щит управления Новосибирской ТЭЦ (слева) и Пермской ТЭЦ-3 (справа)

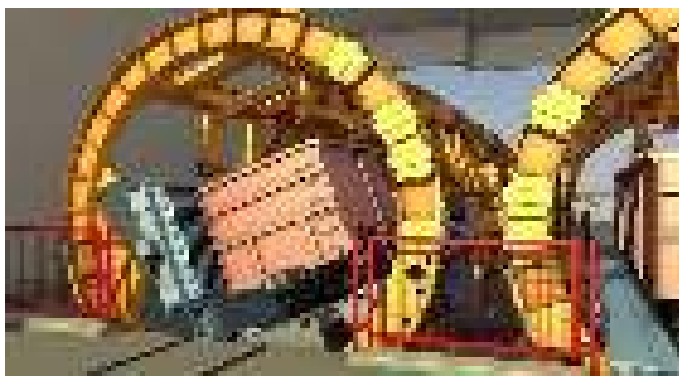
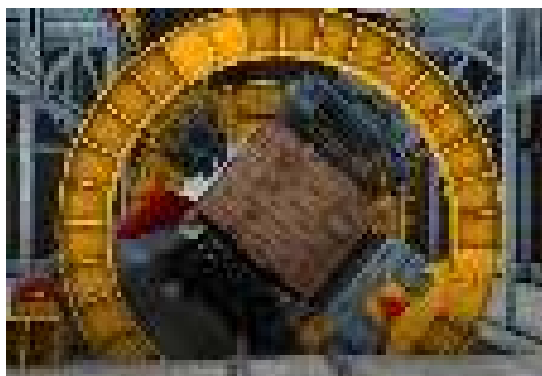


Рис. 61. Роторный вагонопрокидыватель



Рис. 62. Эстакады подачи угля через башню узла пересыпки (слева) и подачи газа (справа)



Рис. 63. Трубопроводы на эстакадах

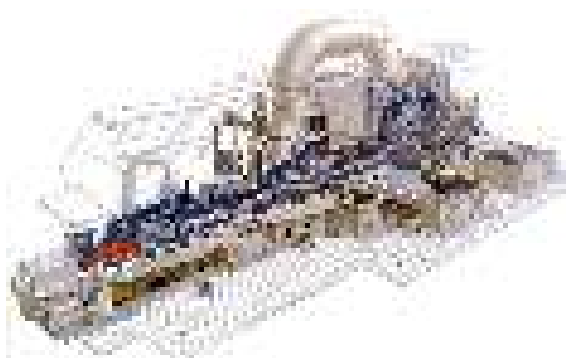


Рис. 64. Паровая турбина в разрезе



Рис. 65. Парогенератор ТЭЦ Hamburg-Moorburg

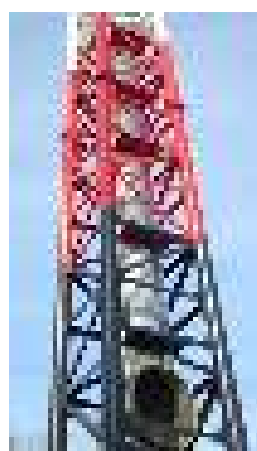
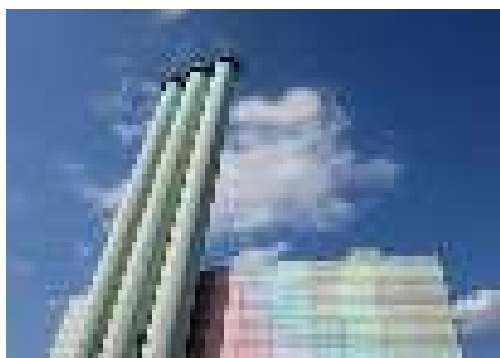


Рис. 66. Примеры архитектурно-конструктивного решения промышленных дымовых труб

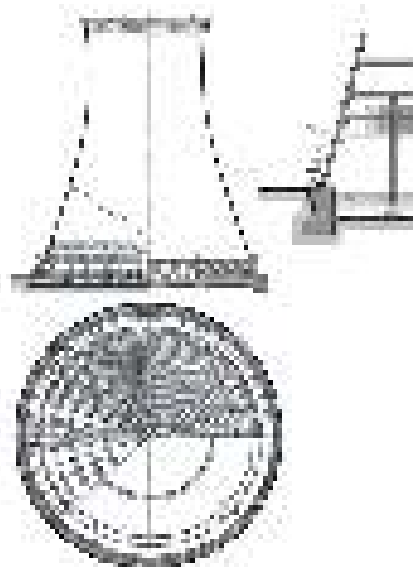


Рис. 67. Башенные гиперболические градирни с башней из монолитного железобетона

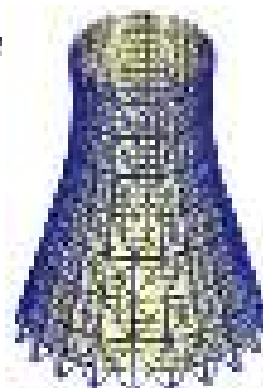
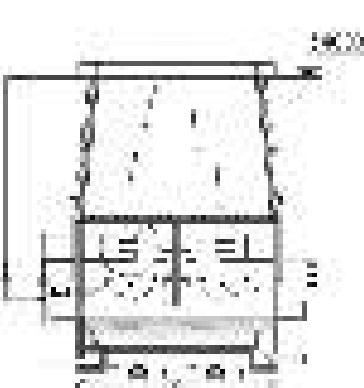
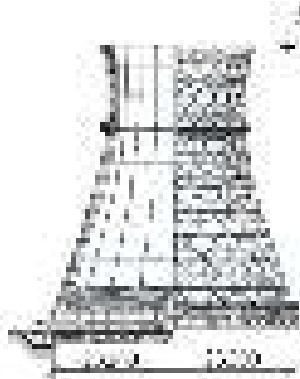


Рис. 68. Башенные градирни каркасно-обшивного типа



Рис. 69. Одновентиляторная градирня СК-400

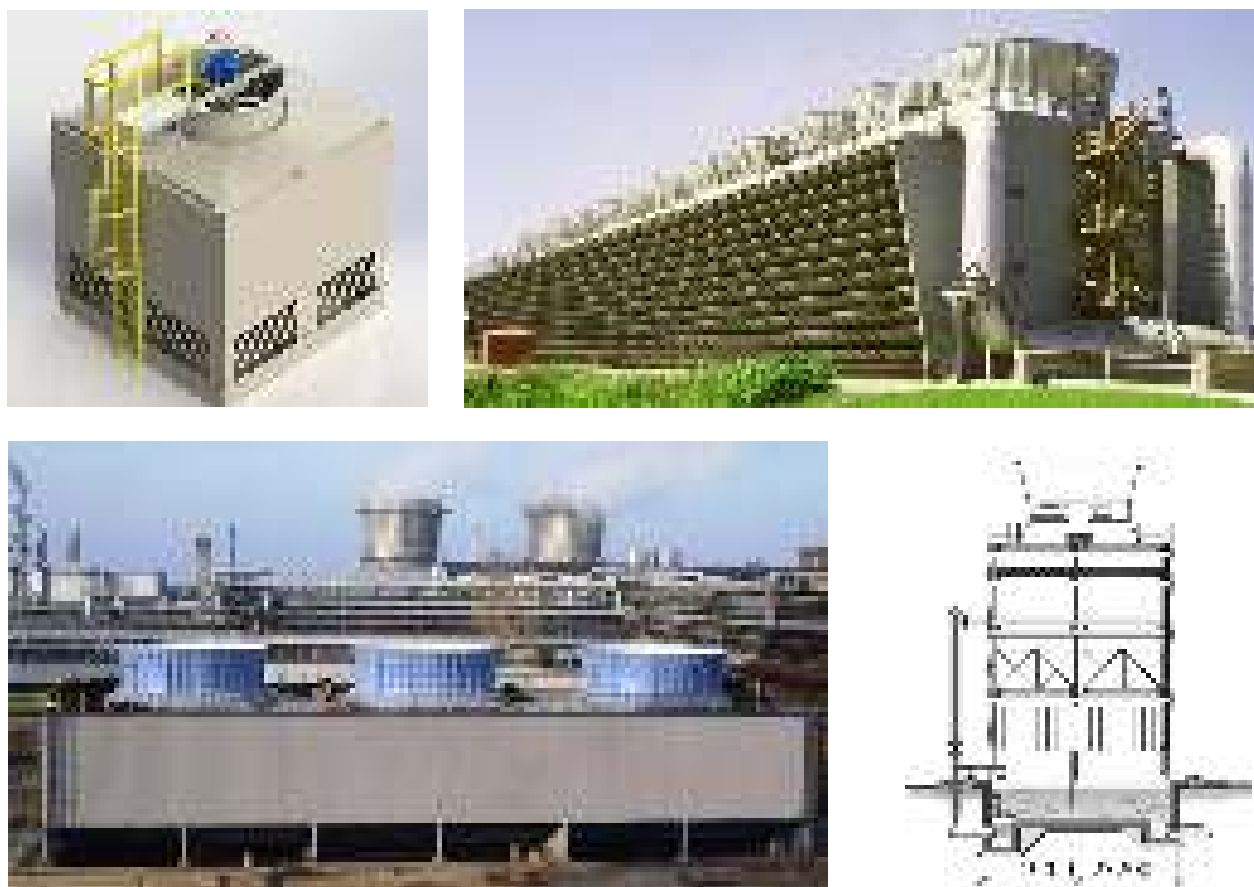


Рис. 70. Вентиляторные секционные эжекторные градирни. Справа – поперечный разрез

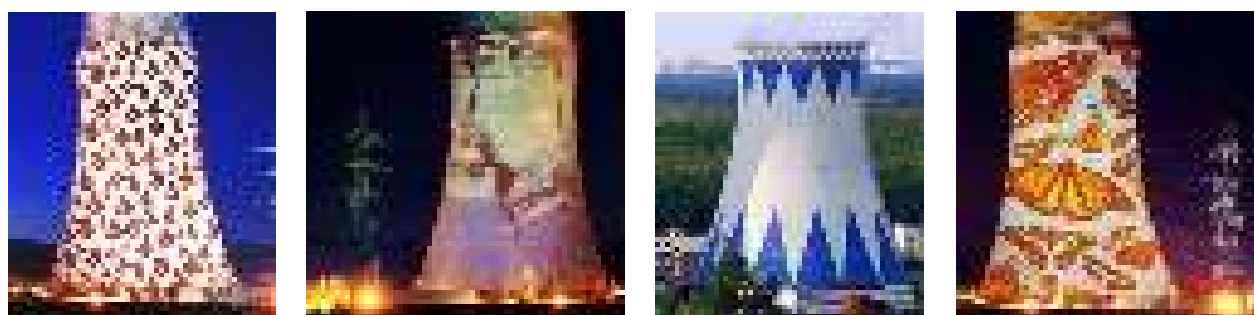


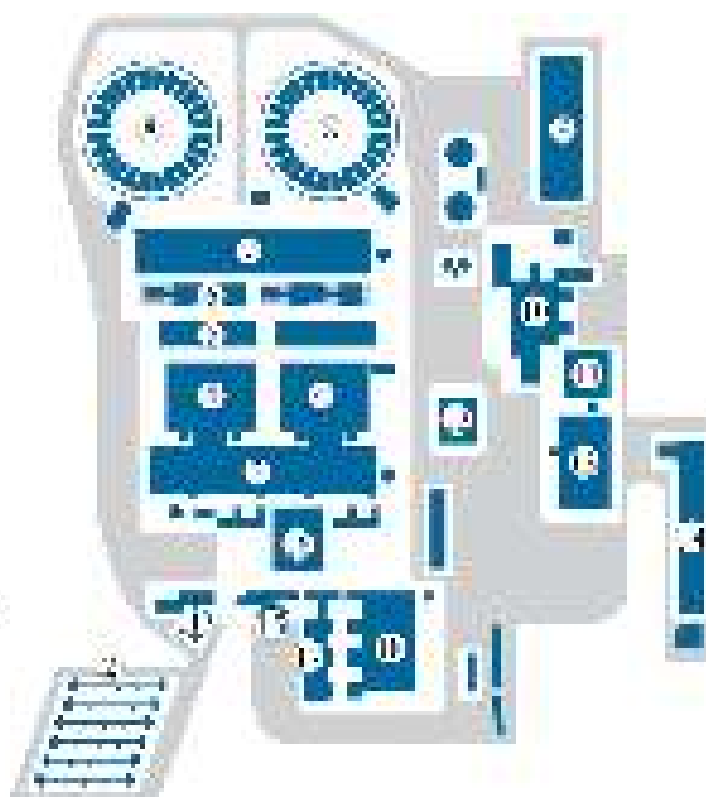
Рис. 71. Примеры графического оформления поверхности гиперболических башенных градирен



Рис. 72. Угольная ТЭЦ Липпендорф (Kraftwerk Lippendorf) в Германии. Генеральный план

ЭКСПЛИКАЦИЯ

1. Информационный центр
2. Турбина
3. Конденсатор
4. Водяная насосная
5. Двигатель-генератор
6. Полнофункциональное строительство
7. Двигатель-генератор
8. Трансформатор
9. Система охлаждения
10. Бункер
11. Паровая установка
12. Шахматная доска
13. Водяная насосная
14. Углеродный бункер
15. Система очистки воды
16. Система очистки воды
17. Система очистки воды
18. Система очистки воды



ТЭЦ на буром угле в Липпендорфе построена в 2006 г. неподалеку от Лейпцига [19]. Это первая в Европе экологически чистая угольная ТЭЦ с полностью закрытым процессом подготовки и подачи угля и утилизации отходов, включая углекислый газ, образующийся при горении топлива.



Рис. 73. Два современных энергоблока угольной ТЭЦ Липпендорф в Германии



Рис. 74. Угольная ТЭЦ Липпендорф в Германии. Вид сверху



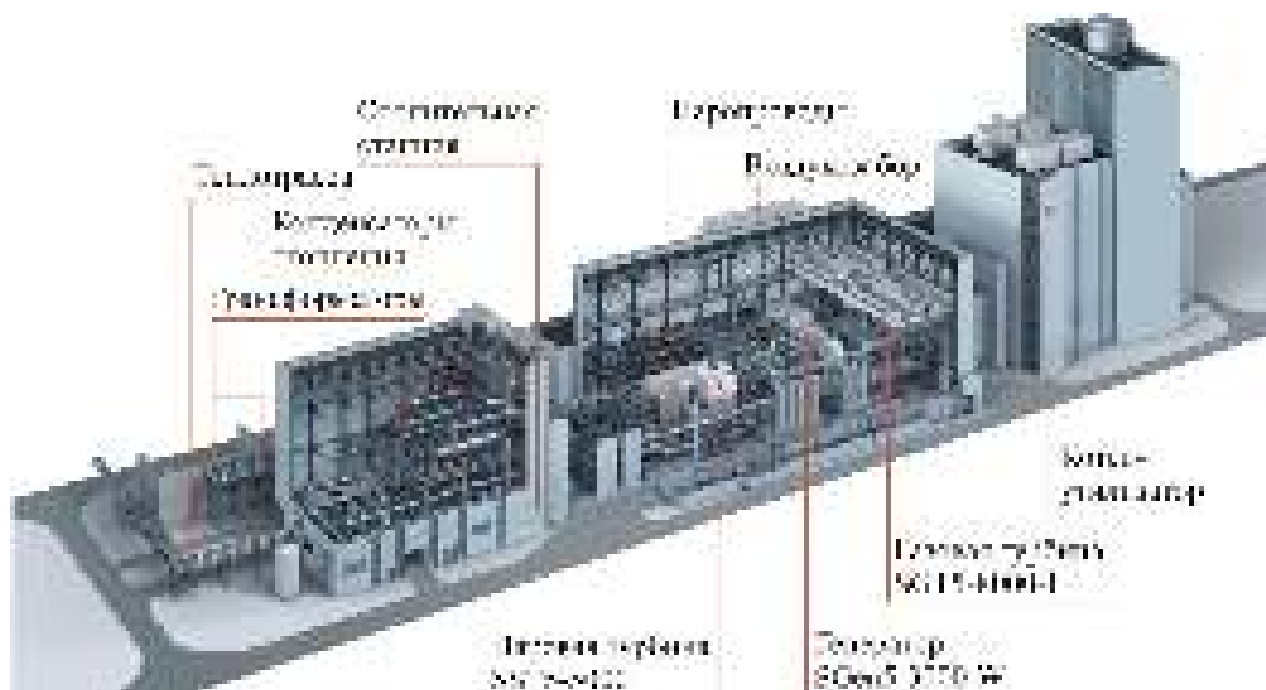


Рис. 75. ТЭЦ Лаусвард (Lausward) мощностью 630 МВт в Дюссельдорфе, Германия, 2016 г. [22].
Схема технологии ПГУ Siemens

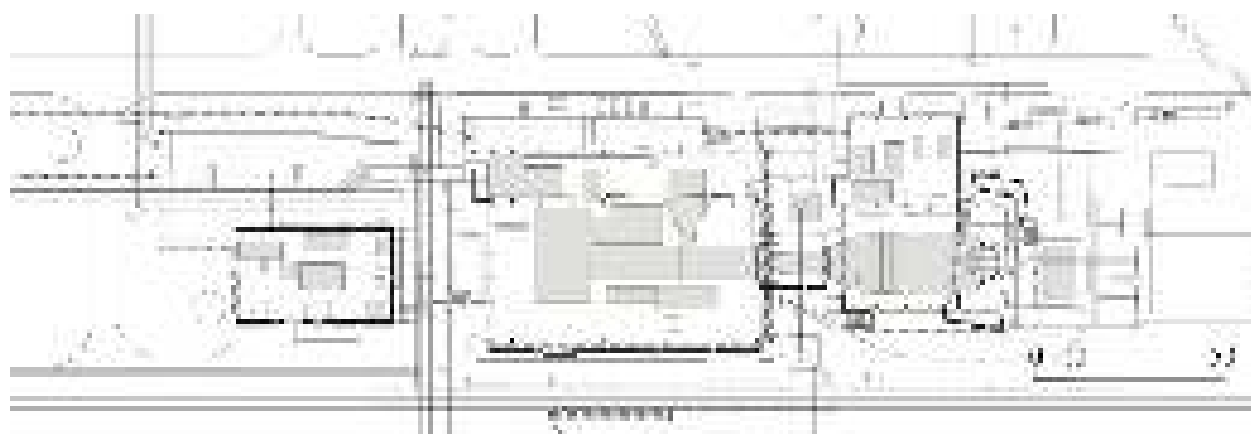


Рис. 76. ТЭЦ Лаусвард в Дюссельдорфе, Германия. Схема плана

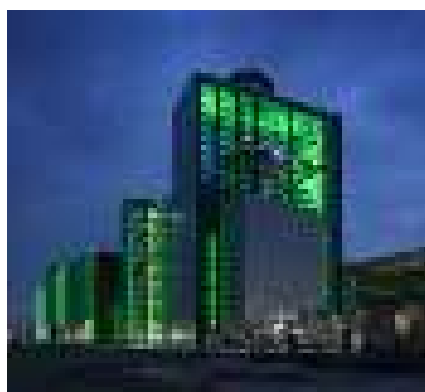
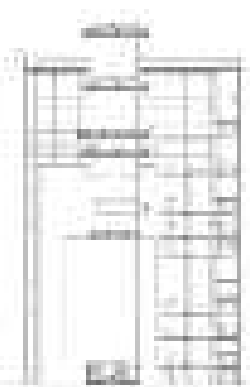


Рис. 77. Схема разреза. Ночной вид. Общий вид



Рис. 78. ТЭЦ Лаусвард в Дюссельдорфе, Германия, общий вид



Рис. 79. ТЭЦ Лаусвард в Дюссельдорфе, Германия, макет со схемой технологического процесса



Рис. 80. ТЭЦ Лаусвард в Дюссельдорфе, Германия, общий вид и ночная панорама



Рис. 81. ТЭЦ Лаусвард в Дюссельдорфе, Германия, интерьеры главного корпуса



Рис. 82. ТЭЦ Лаусвард в Дюссельдорфе, Германия, ночная панорама



Рис. 83. Фрагменты фасада главного корпуса

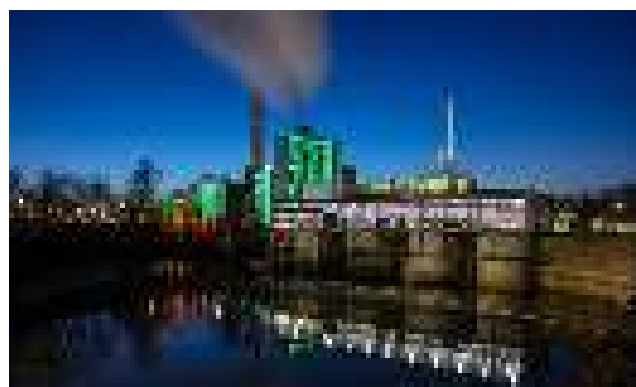


Рис.84. Интерьер турбинного отделения. Ночная панорама



Рис. 85. ТЭЦ Аведор (Avedøre) в Копенгагене, Дания. Общий вид



Рис. 86. ТЭЦ Avedøre в Копенгагене, Дания. Интерьер



Рис. 87. ТЭЦ Avedøre в Копенгагене, Дания. Общий вид



Рис. 88. ТЭЦ на бытовых отходах в Вене, Австрия [1]. Арх. Ф. Хундертвассер (F. Hundertwasser)

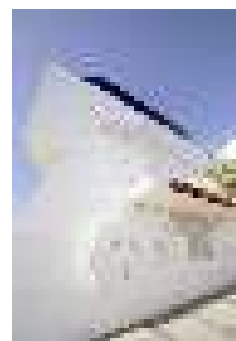


Рис. 89. ТЭЦ в штате Виктория, Австралия [21]. Арх. бюро Peter Hogg + Toby Reed Architects



Рис. 90. ТЭЦ Голландский энергетический парк (Holland Energy Park) [20] на природном газе мощностью 145 МВт [20] в г. Голландия, штат Мичиган, США, 2017 г.

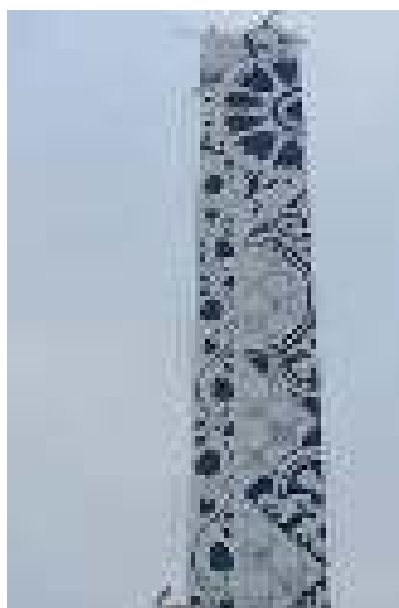
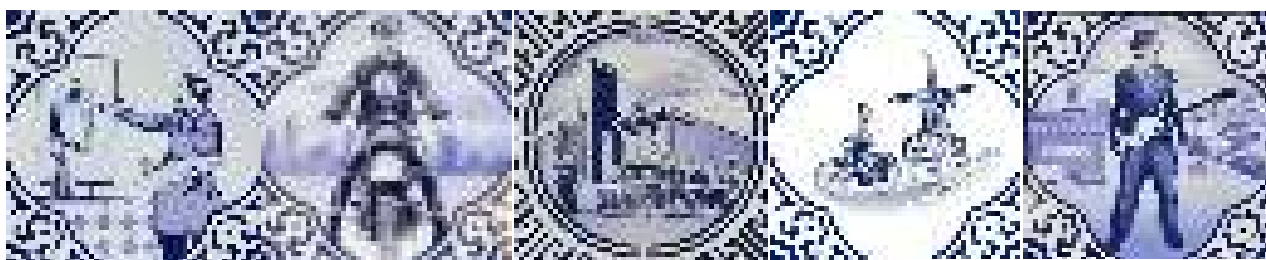


Рис. 91.1. Теплоэлектроцентраль Artistic amenity Stadshaard [18] в городе Эншеде (Enschede), Нидерланды. Архитектурное бюро Cie (Нидерланды), 2009 г.

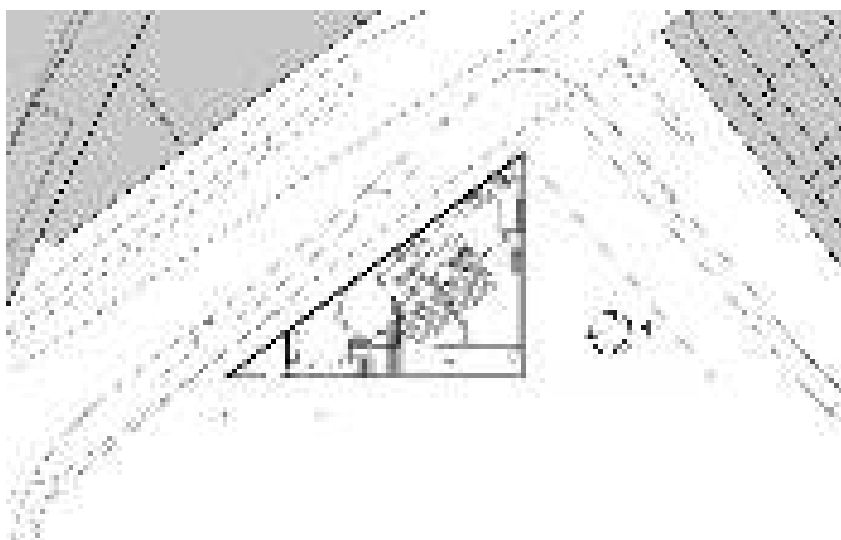
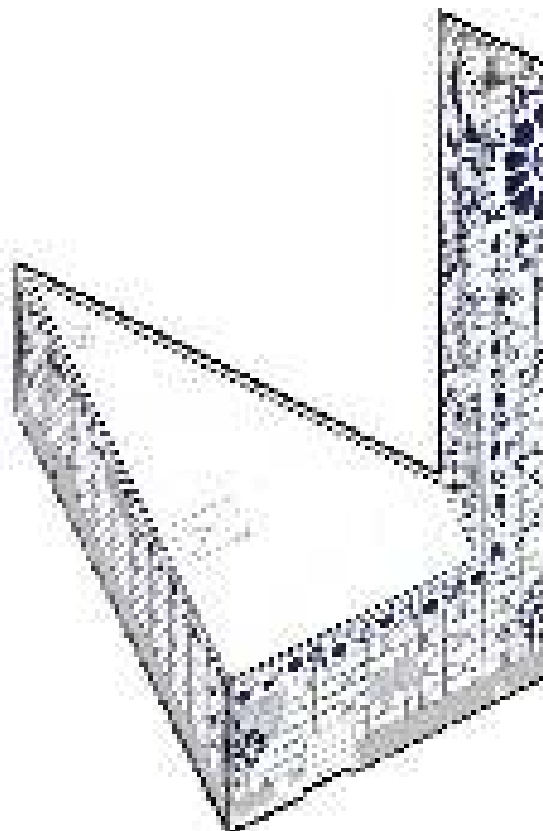


Рис. 91.2. Теплоэлектроцентраль Artistic amenity Stadshaard в городе Эншеде (Enschede), Нидерланды. Архитектурное бюро Cie (Нидерланды). Общий вид, 3D и схема плана.

ТЭЦ Stadshaard ("городской очаг") рассчитана на обогрев 900 домов и 70 тыс. м² коммерческих площадей в районе Ромбек г.Эншеде. Ее высота 10 м, высота трубы 42 м. Площадь участка под застройку составляет 390 м².

Стальной каркас закрыт снаружи бетонными фасадными панелями, в свою очередь скрытыми за алюминиевыми листами размером 1 м × 1 м. Их роспись в духе традиционных дельфтских изразцов создал художник Хуго Кагман (Hugo Kaagman).

Сюжеты связаны с электричеством (вилки электроприборов, молнии, ветряки) и с Голландией (например, королева Беатрикс на велосипеде). Всего на 1400 панелях изображено 390 разных мотивов.



Рис. 92. Мини-ТЭЦ в Нидерландах. Общий вид



Рис. 93. Мини-ТЭЦ в Нидерландах. Архитектор Ян ван дер Лей (Jan van der Leij)

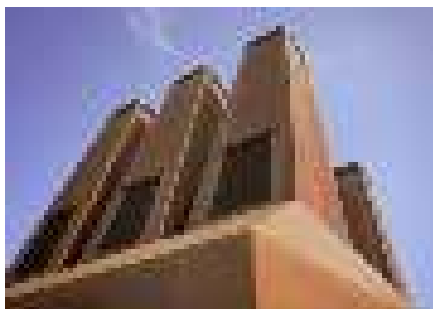


Рис. 94. Мини-ТЭЦ университета в Утрехте – Уитхоф (Uithof), Нидерланды, 2005 г.
Архитектор Лизбет ван дер Пол (Liesbeth van der Pol)



Рис. 95. Проекты и построенные ТЭЦ и мини-ТЭЦ

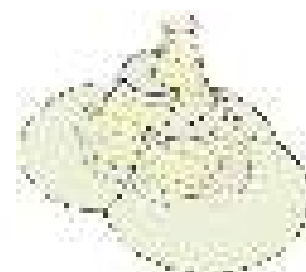
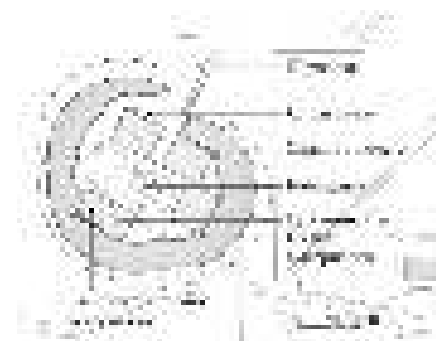


Рис. 96. Проект ТЭЦ на биотопливе мощностью 50 МВт на р.Тис, (Англия).
Архитектурное бюро Т. Хартвика (Heatherwick Studio)

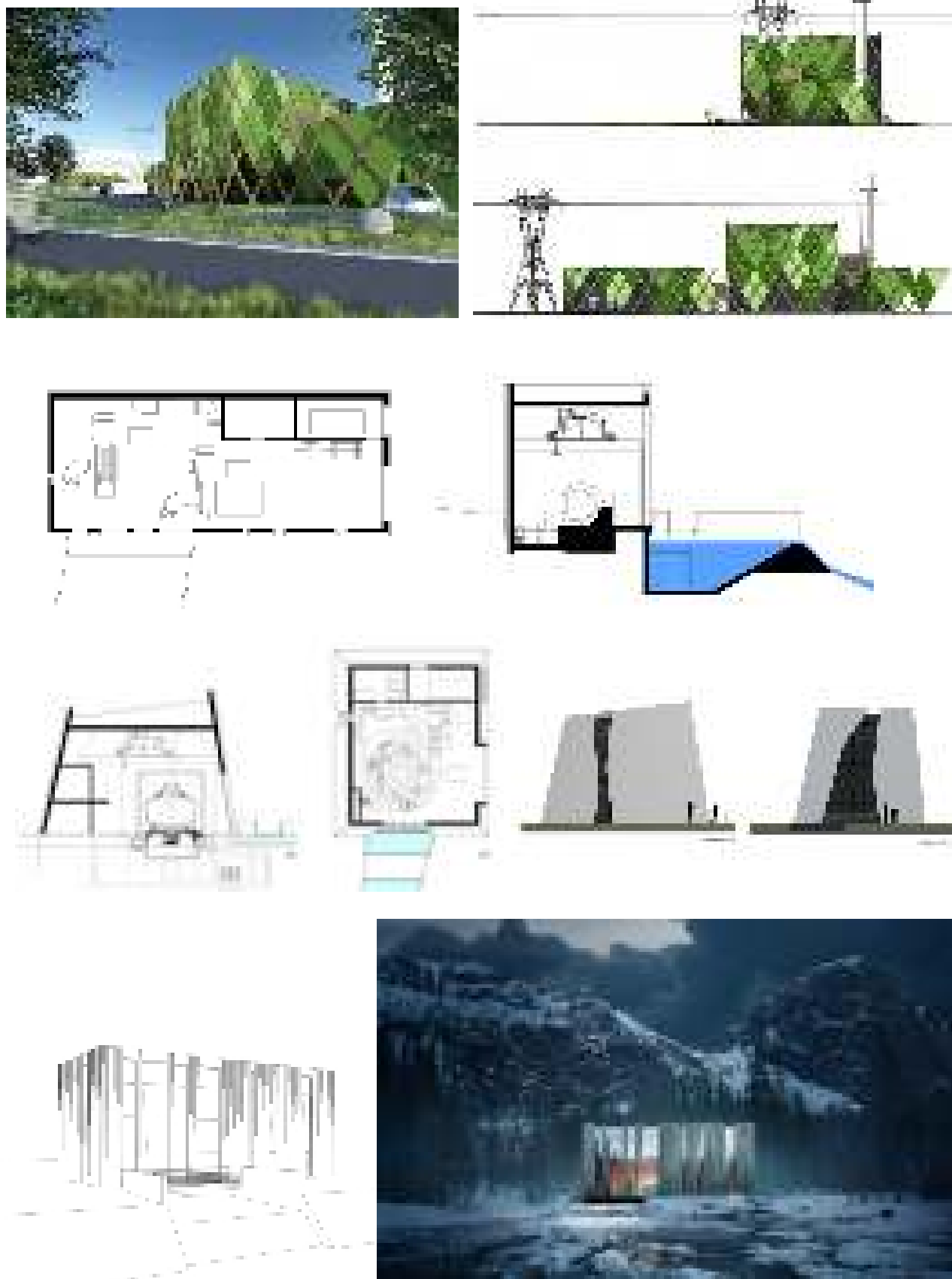


Рис. 97. Проект мини-ТЭЦ на биотопливе в северной Норвегии

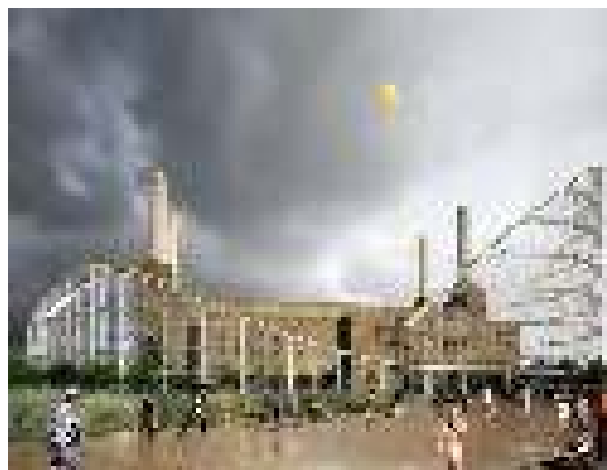


Рис. 98. Конкурсный проект реновации ТЭЦ Баттерси (Battersea Power Station) в Лондоне под музей истории архитектуры [2]. Архитектурное бюро Atelier Zündel Cristea (Франция)



Рис. 99. Конкурсный проект реновации ТЭЦ Баттерси (Battersea Power Station) и реконструкции прилегающего района Баттерси в Лондоне. Макет и фрагмент здания ТЭЦ, окруженного зоной отдыха с аттракционами



Рис. 100. Проект реновации ГЭС №2 на Болотной набережной в Москве под музей современного искусства. Проектная мастерская Ренцо Пиано (Renzo Piano). Главный фасад и проекты интерьеров



Рис.101. Реновация угольной ТЭЦ в Шанхае под музей современного искусства. Фасады и интерьеры



Рис. 102. Фасад бывшего котельного отделения с деревянным настилом на площадке для открытой экспозиции на кровле турбинного зала угольной ТЭЦ в Шанхае

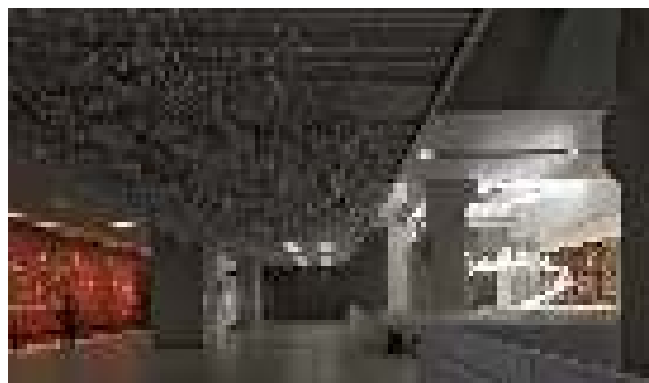
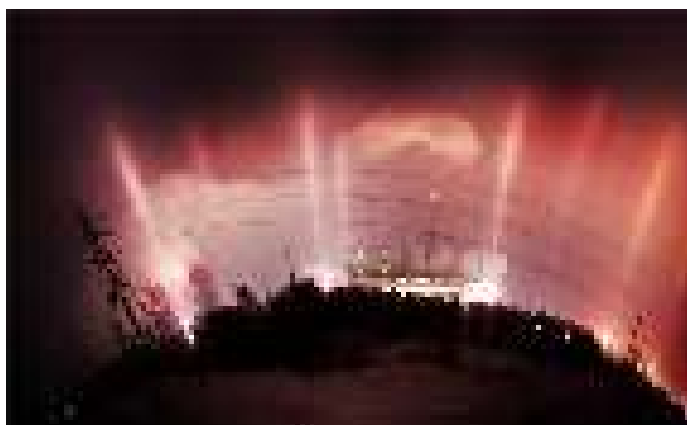
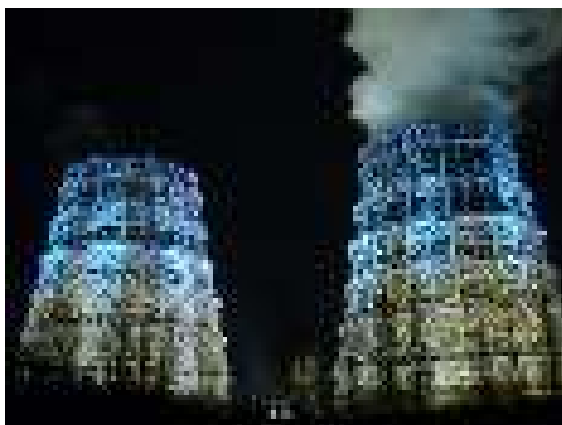
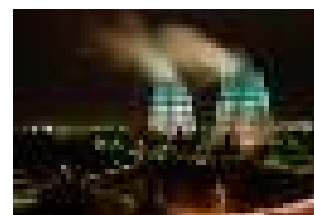
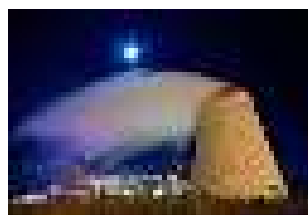
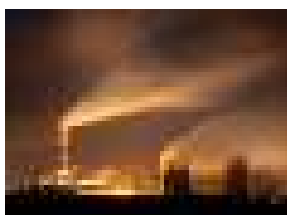
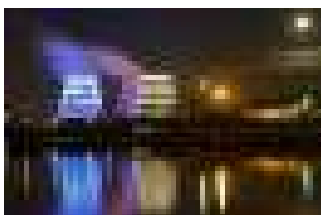
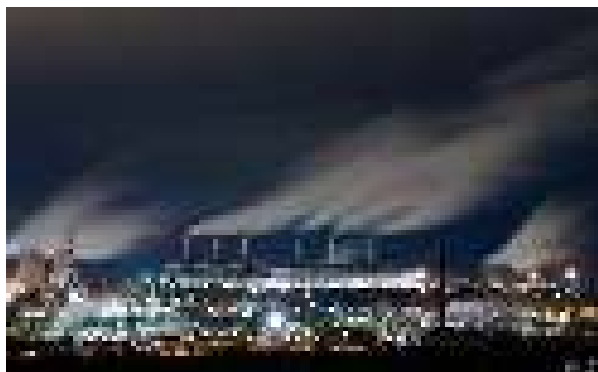
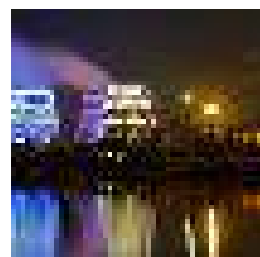
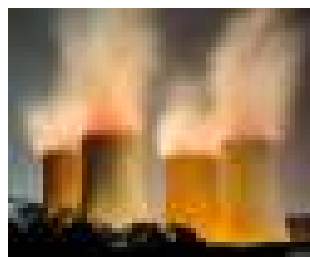
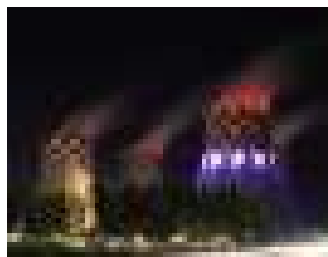
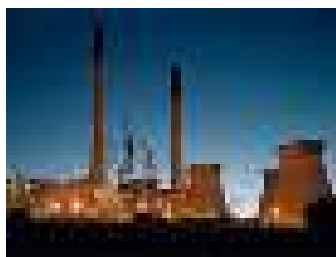


Рис. 103. Залы музея с закрытой экспозицией

ПРИМЕРЫ ТЭЦ • Ночная подсветка



ПРИМЕРЫ ТЭЦ • Ночная подсветка



ГТЭС – Коломенское в Москве



Рис. 104. Сигнальная окраска транспортной площадки



Рис. 105. Опознавательная окраска трубопроводов



Рис. 106. Воздуховоды

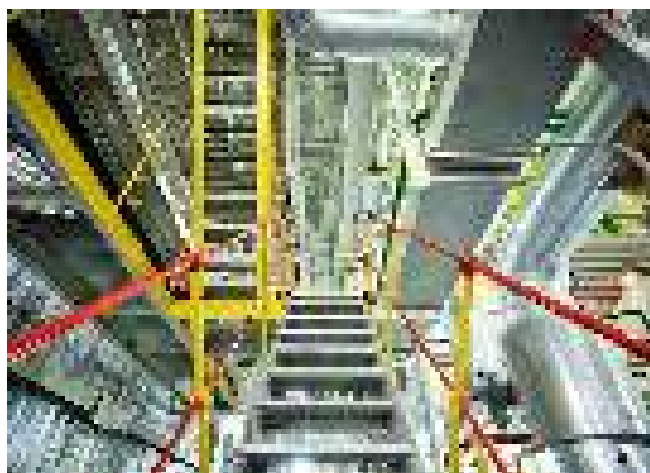


Рис. 107. Лестница на технологическую площадку



Рис. 108. Новокузнецкая ГТЭС. Интерьеры. Опознавательная окраска трубопроводов. Сигнально-предупреждающая окраска кранового оборудования. Ограждение технологических лестниц

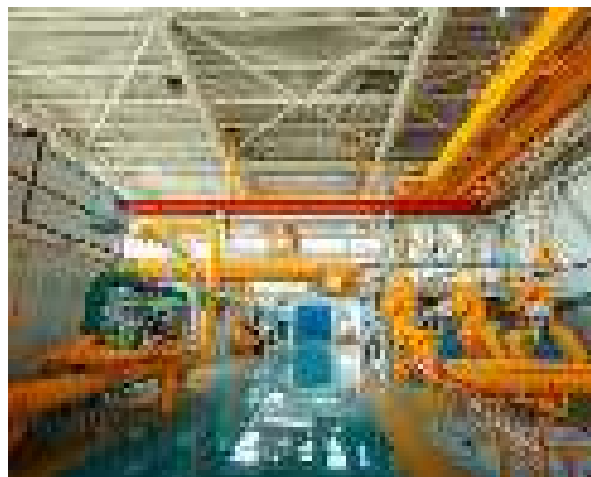
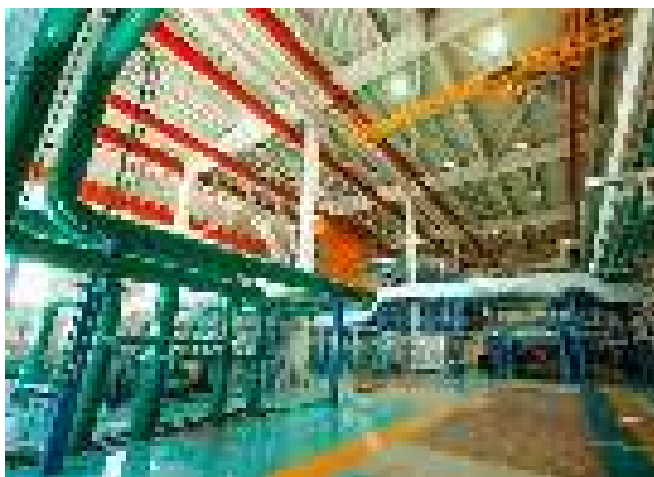


Рис. 109. Опознавательная окраска трубопроводов. Разметка проездов внутрицехового транспорта и проходов для сотрудников

Рис. 110. Сигнально-предупреждающая окраска кранового оборудования. Цветовое зонирование пола



Рис. 111. Новокузнецкая ГТЭС. Интерьеры. Опознавательная окраска трубопроводов

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

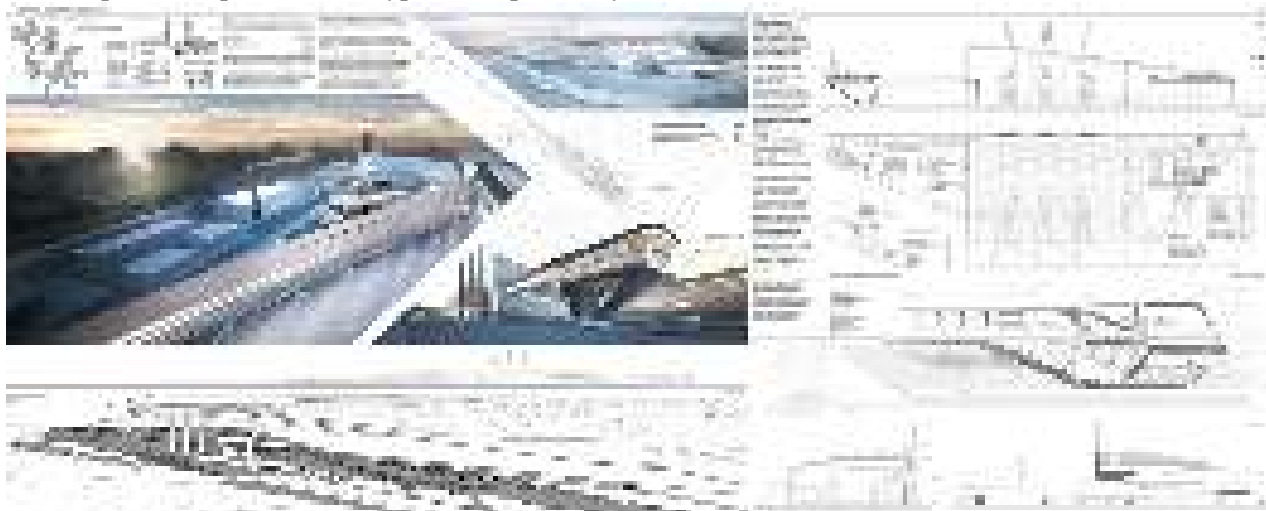
ПРИМЕРЫ ТЭЦ • Дипломные и курсовые проекты МАрхИ



Магистрант Амиров А.А. – дипломный проект. Руководитель: Охлопкова О.А.



Магистрант Амиров А.А. – курсовой проект. Руководитель: Охлопкова О.А.



Студентка 5 курса 6 группы Явна П. Руководители: Канунников М.Н., Медведев В.Н., Басария З.Т.

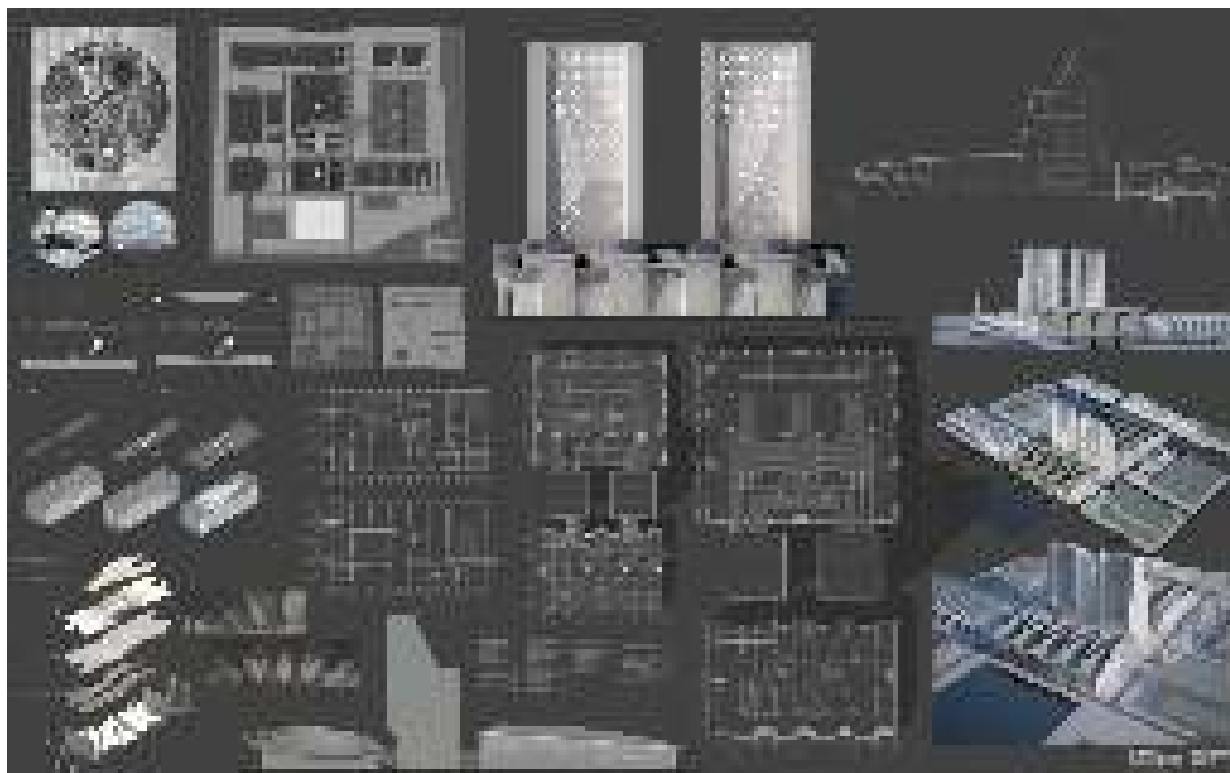
ПРИМЕРЫ ТЭЦ • Курсовые проекты МАрхИ



Магистрант Смирнова Д.И. — курсовой проект. Руководитель: Охлопкова О.А.



Студент 5 курса 8 группы Ким К. Руководители: Охлопкова О.А., Медведева Е.Н.

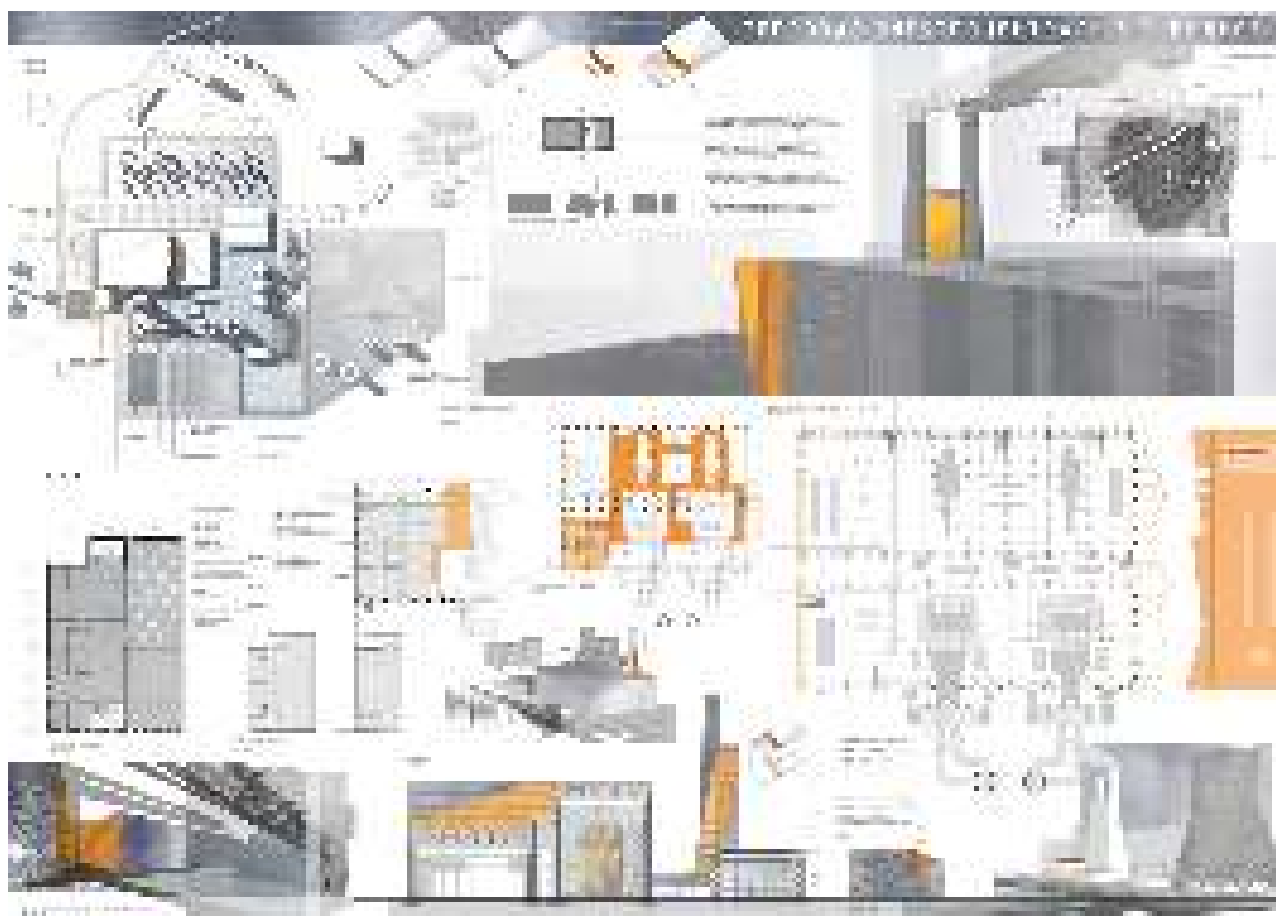


Студентка 5 курса в/ф Воронкова Д. Руководители: Габова М.В., Охлопкова О.А.



Студент 5 курса в/ф Габриелян П. Руководители: Габова М.В., Охлопкова О.А.

ПРИМЕРЫ ТЭЦ • Курсовые проекты МАрхИ



Студентка 5 курса 8 группы Белоброва А. Руководители: Хрусталёв Д.А., Тальфельд А.Г.



Студентка 5 курса 8 группы Стриженок А. Руководители: Хрусталёв Д.А., Тальфельд А.Г.

Учебное издание

О.А.Охлопкова

ТЕПЛОВАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ (ТЭЦ)

Учебное пособие

Подписано в печать 12.03.2019

Формат 60*90 1/8 Тираж 50

Бумага мелованная. Печать цифровая

Отпечатано в типографии МАРХИ
107031, Москва, Рождественка, 11/4
+7(495)625-70-62 oop@markhi.ru