

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
1. ПРИНЦИПЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ	6
2. ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫЕ И КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТУРБИННОГО ОТДЕЛЕНИЯ	18
2.1. Объемно-планировочные решения турбинного отделения	18
2.2. Конструктивные решения турбинного отделения	20
3. ТЕПЛОВАЯ СХЕМА	25
4. ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ ОСНОВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ТУРБИННОГО ОТДЕЛЕНИЯ АЭС	28
4.1. Турбоагрегат	28
4.2. Сепаратор-пароперегреватель	34
4.3. Конденсатор	39
4.4. Подогреватели высокого и низкого давления (ПВД и ПНД)	43
4.5. Деаэрагор	56
5. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К МОНТАЖУ ОСНОВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ТУРБИННОГО ОТДЕЛЕНИЯ	62
6. ПРИНЦИП РАСЧЕТА ЭЛЕМЕНТА КОНСТРУКЦИИ ТУРБИННОГО ОТДЕЛЕНИЯ (ПОДКРАНОВОЙ БАЛКИ)	74
6.1. Общая часть	74
6.2. Сбор нагрузок	75
6.3. Определение расчетных усилий	77
6.4. Подбор сечения балки	80
6.5. Расчет соединений и узлов подкрановой балки	88
7. ПРИНЦИП РАСЧЕТА ЭЛЕМЕНТА КОНСТРУКЦИИ ТУРБИННОГО ОТДЕЛЕНИЯ ПРИ ПОМОЩИ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ	93
8. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ТУРБИННОГО ОТДЕЛЕНИЯ	94
9. ПРИЛОЖЕНИЯ	103
9.1. Пример расчета блока подкрановых конструкций (ручной счет)	103
9.2. Расчет соединений и узлов подкрановой балки	117
9.3. Пример расчета блока подкрановых конструкций (с помощью ПК «Лира»)	121
9.4. Пример выбора монтажного крана	131
Заключение	135
Контрольные вопросы	136
Библиографический список	138

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время невозможно представить успешную экономику без развитой энергетической системы, всем высокотехнологичным производствам требуется достаточно большой объем электрической энергии. Имеющаяся энергетическая инфраструктура изнашивается и морально устаревает, что ведет к необходимости замещения и наращивания современных мощностей. Однако данный рынок характеризуется серьезной конкуренцией. В России накоплен большой опыт по реализации как внутренних, так и международных проектов по строительству электростанций большой мощности. Подготовка специалистов для проектирования с перспективными знаниями — один из инструментов конкурентной борьбы за рынок заказов на объекты энергетики. Специалист в области строительства объектов энергетики помимо владения теоретическими знаниями должен уметь пользоваться накопленным опытом, иметь навыки поиска информации о передовых научно-исследовательских и экспериментально-конструкторских работах и применять на практике современные средства проектирования. Передовые способы организации проектирования и строительства зданий тепловой и атомной энергетики во многом отличаются от описанных в имеющейся учебной литературе. Это связано с изменением применяемого оборудования, а также с появлением принципиально новых средств проектирования. Программные комплексы для проектных работ доказали свою способность повысить производительность труда, сократить сроки проектирования и минимизировать количество коллизий на раннем этапе.

Наиболее важное технологическое оборудование, задействованное в основных процессах преобразования энергии, сосредоточено в турбинном отделении, которое является одним из зданий электростанции. Без знаний о назначении и характеристиках этого оборудования невозможно спроектировать столь сложный производственный объект. Также необходимо понимать специфику возведения всей электростанции и иметь представление о технологических особенностях, методах и способах организации работ на строительной площадке.

Учебное пособие предназначено для изучения способов проектирования, архитектурно-строительных решений, оборудования и методов возведения турбинного отделения. В нем представлен логически взаимосвязанный материал, доступный для глубокого изучения профильных дисциплин.

В первой главе приведен обзор современных программных средств, используемых на различных этапах проектирования строительных объектов энергетики.

Во второй главе описаны современные объемно-планировочные и конструктивные решения турбинного отделения и оборудования. Дано краткое описание технологических процессов.

В третьей главе приведены тепловые схемы турбинного отделения и процессы преобразования энергии. Показана взаимосвязь оборудования турбинного отделения, дано краткое описание технологических процессов.

В четвертой главе перечислено основное оборудование турбинного отделения, его массогабаритные характеристики, принципы работы и назначение.

В пятой главе приведены общие требования к монтажу основного оборудования турбинного отделения, а также порядок и последовательность монтажа.

В шестой главе рассматривается порядок расчета и конструирования подкрановой балки.

В седьмой главе приведена последовательность действий при расчете подкрановой балки в автоматизированном расчетном комплексе.

В восьмой главе рассматриваются особенности организации строительно-монтажных работ при возведении турбинного отделения.

В приложениях представлен пример расчета блока подкрановых конструкций: показан сбор нагрузок от действия крана на подкрановую конструкцию, выполнен подбор сечений для блока подкрановых конструкций мостового крана, произведены проверки устойчивости опорной части и отсеков подкрановой балки, сконструированы опорные узлы конструкции. Также дан пример выбора монтажного крана для возведения конструкций турбинного отделения, приведены грузовые и технические характеристики крана.

1. ПРИНЦИПЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Проектирование — процесс создания в текстовом и графическом формате комплекта документов, необходимых и достаточных для строительства, ввода в эксплуатацию и эксплуатации строительного объекта. В проектной деятельности основополагающими являются вопросы безопасности и функциональности возводимого объекта.

Проектирование носит не поэтапный, а итеративный характер, т.е. в процессе уточнения каких-либо параметров на одном из этапов проект может быть возвращен на предыдущий этап. В процессе строительства продолжается сопровождение проекта, производится авторский надзор, выпускается исполнительная документация. При использовании информационных технологий сроки проектирования сокращаются (рис. 1.1).

Во всех областях экономики и в строительстве использование современных информационных систем направлено в основном на повышение производительности труда и качества производимых работ. Приведем несколько факторов, позволяющих сократить затраты на производство продукции при сохранении требуемых качественных показателей:

- сокращение персонала при условии повышения его квалификации;
- сокращение сроков производства одной единицы продукции за счет использования инновационных технологий, материалов или высокой степени блочности;
- унификация элементов продукции;
- автоматизация производства и др.

В процессе проектирования строительных объектов используется различное программное обеспечение. Самый низкий уровень автоматизации — графические процессы. Решение этой задачи пришло из конструкторской области и является аналогичным для всех видов деятельности, где требуется выполнение чертежей (машино-, авиа-, станкостроение и т.д.). Для современного строительства основополагающей стала концепция BIM-проектирования, когда используются не графические примитивы, а информационные модели строительных объектов с различным набором параметров.



Рис. 1.1. Последовательность разработки проектной документации в САПР

Такое понимание строительной модели появилось относительно недавно, в начале XXI века, и оно тесно связано с переходом на объектно-ориентированные информационные технологии. Даже разработка единой концепции не позволяет выполнить весь проект с помощью одного программного обеспечения. Это связано с тем, что в каждой конкретной области проектирования есть свои лидеры, и для решения специфических задач приходится выбирать наиболее подходящий программный продукт. Также не все программные продукты достаточно адаптированы к национальным стандартам, и получение документации, соответствующей требованиям законодательства, не представляется возможным. Для решения этой задачи разработан независимый стандарт хранения и передачи данных Industry Foundation Classes (IFC). Данный формат позволяет

обмениваться информацией программам от различных производителей с минимальными потерями. Такое решение позволяет минимизировать потери при передаче проекта на следующий этап. Так, до недавнего времени приходилось практически полностью перерабатывать архитектурную модель для подготовки ее к расчетам.

Разработка единой системы моделирования всего жизненного цикла здания очень затратное и долговременное дело. Для решения задачи сквозного проектирования на всех этапах жизненного цикла проекта в ГК «Росатом» разработано собственное решение, объединяющее преимущества BIM-технологии и смежных отраслей. Такое решение позволяет эффективно управлять проектом строительства уникального объекта энергетики, а именно:

- организовывать сложные управленческие структуры;
- оптимально распределять задачи и следить за ходом их выполнения;
- управлять изготовлением, поставкой и монтажом оборудования.

Данная система получила название Multi-D, так как объединяет несколько направлений развития проекта строительства объекта энергетики. Детализированная 3D-модель по строительным решениям «до арматуры», по технологическим решениям «до кабеля» позволяет очень точно вычислить физические объемы и составить график производства работ по сооружению объекта с оптимизацией диаграммы Ганта и визуализацией конкретного объема производства работ. В дальнейшем к данной модели подвязывается распределение всех основных ресурсов, включая стоимость, по заданным физическим объемам и времени, отводимому на производство работ (рис. 1.2).

Технологическое проектирование ориентировано на решение проблемы компоновки оборудования. Основной проблемой в проектировании объектов энергетики является необходимость жестко привязываться к технологическому процессу и оборудованию здания или сооружения. Для моделирования технологии существует решение от компании Dassault Systemes (Дасо Систэм), разработанное для создания плоской схемы технологических связей оборудования. До начала проектирования необходимо иметь четкие представления о размерах оборудования, массогабаритных характеристиках, взаимосвязях (трубо-, паропроводы, кабельные сети и т.д.), особенностях расположения и монтажа.

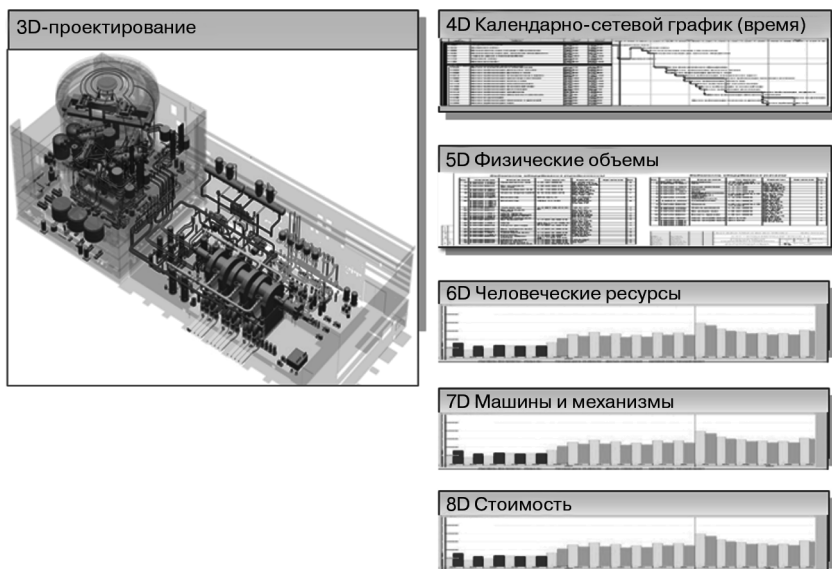
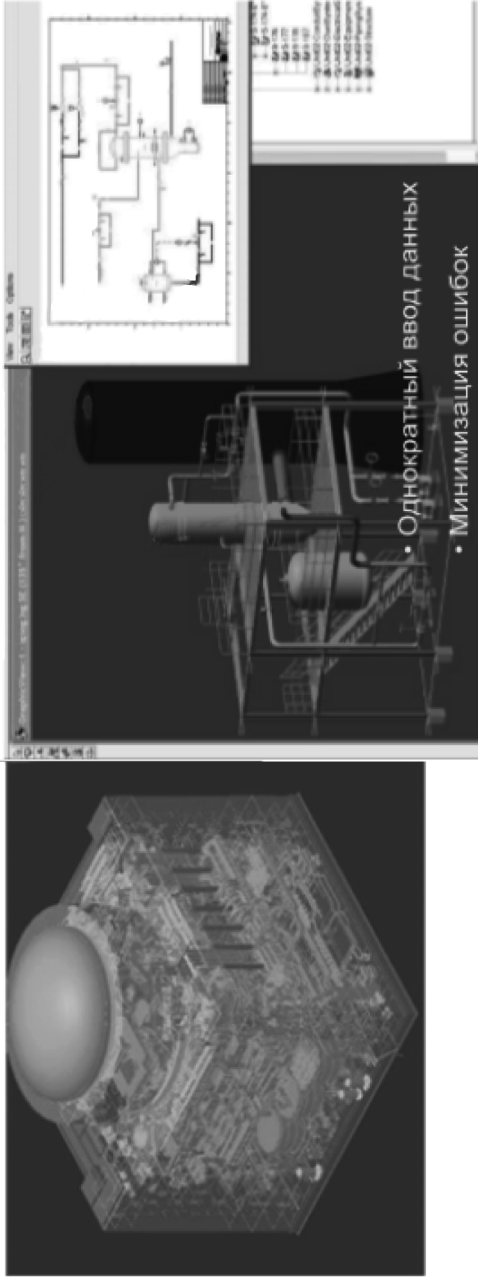


Рис. 1.2. Multi-D-модель технически сложного объекта

Архитектурное проектирование состоит в разработке объемно-планировочных решений, т.е. определяются объемы (длина, ширина, высота) каждого помещения для отдельного или группы оборудования (рис. 1.3); определяются высотные отметки установки оборудования и вспомогательных систем (площадки ремонта и доступа, мостовые краны); определяется потребность в обслуживающем персонале. В случаях постоянного пребывания персонала и в зависимости от категории производства предусматриваются раздевалки, душевые, туалеты, комнаты отдыха. Также могут быть предусмотрены площадки и склады для оперативного ремонта оборудования. Разрабатываются пути горизонтальной и вертикальной коммуникации. Определяются параметры помещений, например такие, как категория взрывопожарной и пожарной опасности, и в соответствии с этими параметрами выбираются места расположения противопожарных перегородок и дверей. В зависимости от габаритов монтируемого оборудования выбирается размер проемов в стенах и перекрытиях. Предусматривается искусственное или естественное освещение на рабочих местах, в местах ремонта и контроля оборудования.



а

б

*Рис. 1.3. Формирование 3D-модели здания с конструкторской точностью:
а — строительной части; б — технологической*

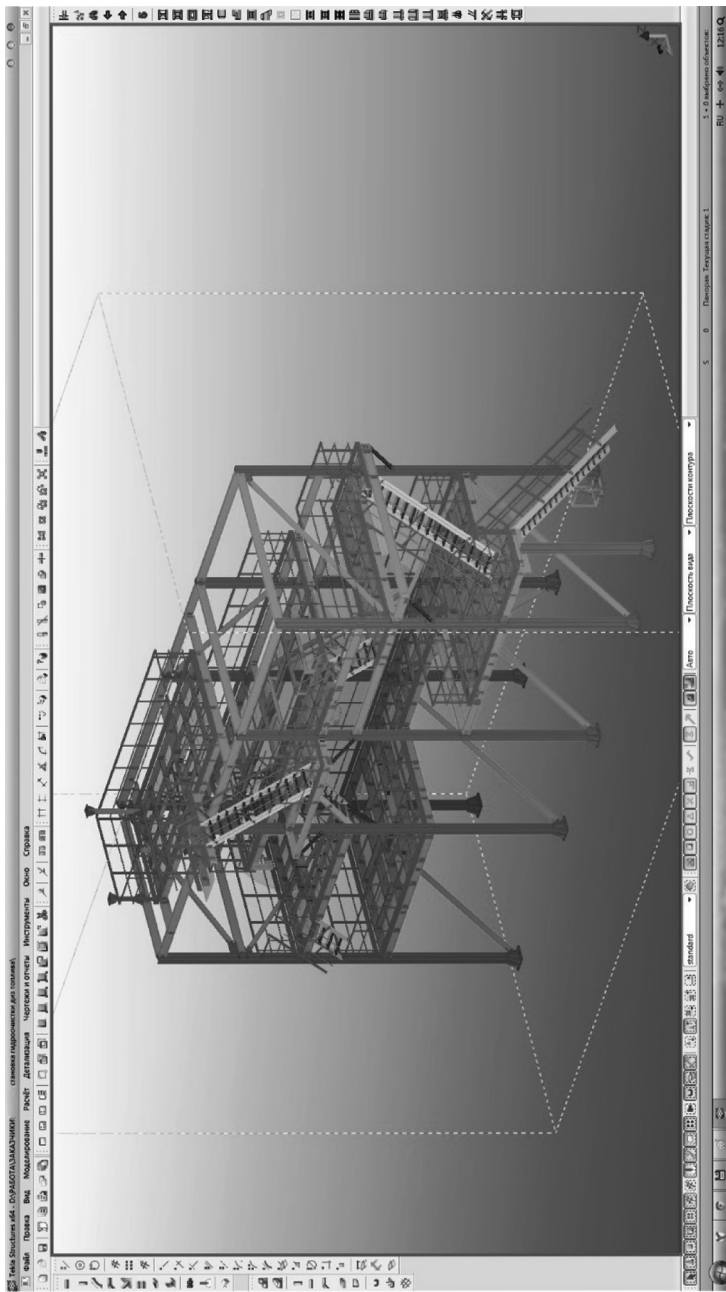


Рис. 1.4. Интерфейс Tekla

Для разработки архитектурных решений проекта также существует множество программ. Специализированные САПР строительной отрасли отличаются от САПР общего назначения специфической номенклатурой строительных изделий и их параметров (металлопрокат и др.). Здесь строительные конструкции изображаются в виде несущих или ограждающих конструкций здания. Виртуальная модель проектируемого объекта выполняется из информационных аналогов строительных элементов, имеющих дополнительные параметры и ограничения, связанные с их физической реализацией. Этим элементам можно задавать материал, из которого они могут быть изготовлены, вертикальные и горизонтальные привязки. В качестве разграничения здания по вертикали выступают рабочие плоскости, к которым привязываются элементы (верхняя и нижняя привязки). Таким образом, если необходимо изменить высоту этажа, меняя привязку рабочей плоскости, то изменяется высота всех элементов, привязанных к этой плоскости. Если правильно задать материал изготовления строительных конструкций, можно легко получить спецификацию материалов. В строительных САПР имеется набор помещений по функциональному назначению, с помощью которого можно создать экспликацию. Главное отличие строительных САПР от программ 3D-графики заключается в том, что создается не только внешний облик объекта строительства, но и его внутреннее наполнение (материалы конструкций и др.). Современные строительные САПР с разной степенью успешности реализуют многопользовательский режим работы над проектом. Реализованы алгоритмы по поиску коллизий (несоответствий). При работе с такими программами можно получить любой план, чертеж или узел. Наиболее известными программами в этой области являются REVIT (Autodesk), Tekla Structures (Tekla Corporation) (рис. 1.4), ALLPLAN (Nemetschek) и др. Архитектурная модель может быть использована для дальнейшего расчета строительных конструкций. Современные строительные САПР используют для обмена информацией формат IFC.

Инженерное проектирование решает вопросы оптимальной организации конструктивной схемы здания. Определяются нагрузки на здание от внешних воздействий и нагрузки от оборудования. Также учитываются специальные воздействия, в частности нагрузки от мостовых кранов, расположенных в здании. Для нагрузок

определяются коэффициенты, учитывающие статистическую погрешность нормативного значения нагрузки. Объектом поиска являются оптимальные физические и геометрические характеристики строительных конструкций, а также материалы, из которых те будут изготовлены. Определение оптимальной прочности основано на расчете по предельным состояниям. Следует отметить, что главную роль играет ориентация элемента в пространстве, так как в разных направлениях момент инерции будет иметь различные значения.

Удачными примерами программных комплексов для расчета строительных конструкций, использующих в своей основе методы конечных элементов, можно назвать современные ПК «Ли́ра» и SCAD, реализующие данный метод для определения усилий в элементах конструкций (рис. 1.5).

Также на основе метода конечных элементов созданы специализированные САПР для расчета несущей способности грунта (например Plaxis, midas и др.).

После конструирования необходимо разработать проект организации строительства. Программные продукты MS Project и Primavera позволяют планировать и назначать ресурсы для выполнения различных работ, задавать последовательность выполнения работ, генерировать календарные планы и сетевые графики и измерять прогресс в достижении целей (рис. 1.6).

Решить задачу расстановки персонала на объекте, предусмотреть площади близ возводимого объекта для расстановки монтажного оборудования, разместить монтажные блоки, организовать безопасное ведение работ, а также эффективно и безопасно расставить основные машины и механизмы помогает проработка этапов возведения по наиболее сложным строительным процессам (рис. 1.7).

Ниже приведены сравнительные характеристики отдельных САПР (табл. 1.1).

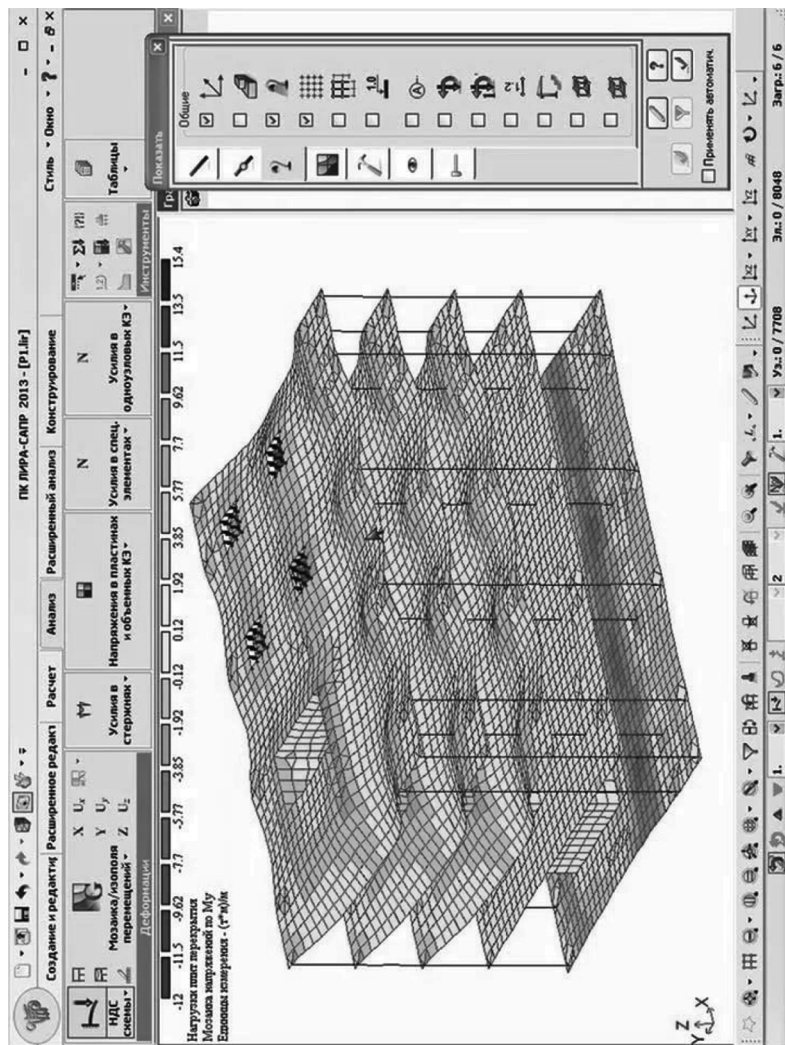


Рис. 1.5. Интерфейс ПК «Ли́ра»

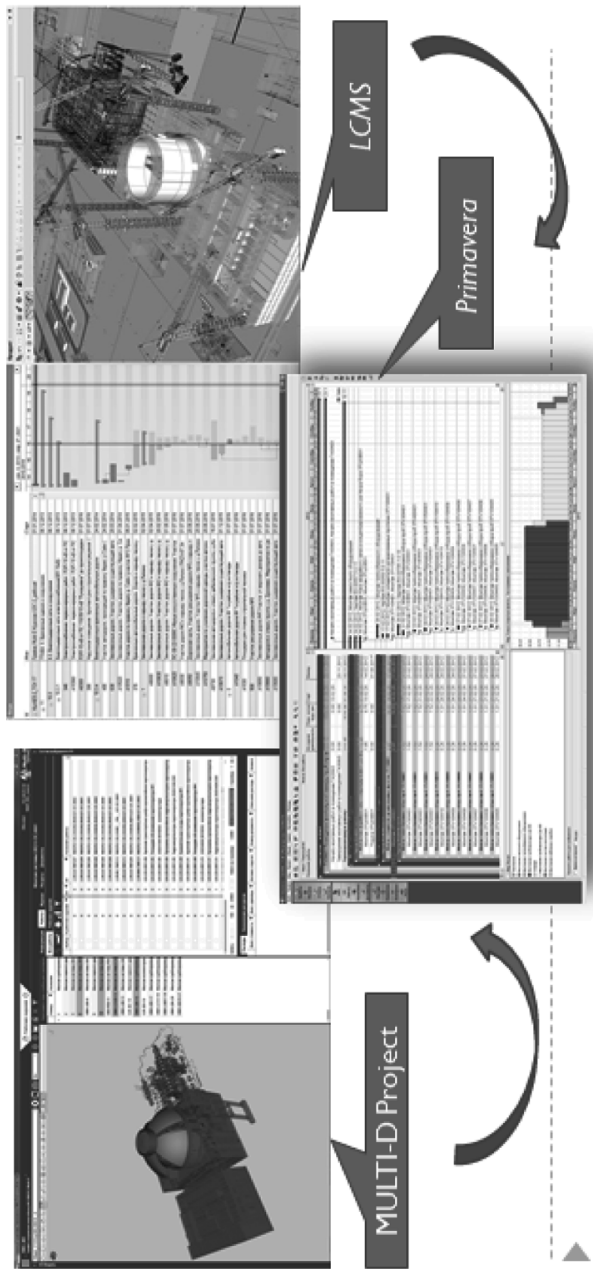


Рис. 1.7. Multi-D-модель решения по возведению наиболее сложного объекта площадки в LCMS-комплексе

Таблица 1.1

Сравнительные характеристики отдельных групп САПР

Тип САПР	Характеристика	Область применения	Преимущества	Недостатки
Строительные	Используют понятия строительной отрасли и их семантическую нагрузку	Для изготовления чертежей марок АР, КМ, КЖ и АС	Высокая степень автоматизации	Сложность работы с уникальными проектами
Расчетные	Используют метод конечных элементов (математическую модель)	Для прочностного расчета строительных конструкций	Высокая скорость расчета и вариативность моделей. Возможность автоматического подбора сечений	Большая погрешность модели, сложность перехода от архитектуры к расчетной модели
Для изготовления чертежей	Используют простейшие примитивы (линии, тела)	Изготовление лобовых чертежей	Простота работы и распространенность	Малая степень автоматизации, не учитывают специфику строительной отрасли
ПО для планирования и организации работы	Использует методику управления проектами	Для планирования и организации СМР	Позволяет управлять большим количеством ресурсов и синхронизировать работы	Терминология управления проектами и трудности реализации сложной структуры работ
Специализированные	Используют личные разработки компании по аналогичным задачам	Для работы над уникальными проектами или уникальными задачами	Автоматизация уникальных задач	Требуют доработки под каждую уникальную задачу

2. ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫЕ И КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТУРБИННОГО ОТДЕЛЕНИЯ

2.1. Объемно-планировочные решения турбинного отделения

В турбинном отделении располагаются системы и оборудование, связанные с выдачей мощности. Турбинное отделение состоит из двух основных объемов — машинного зала в рядах А–Б и деаэрационного отделения (деаэрационной этажерки в рядах Б–В (рис. 2.1)).

Объемно-планировочное решение турбинного отделения определяется структурой и габаритами турбоагрегата, компоновкой систем и оборудования второго контура и выбором оборудования деаэрационно-питательной установки.

Верхний этаж машинного зала называют обычно турбогенераторным, нижний — конденсаторным, так как в основном он занят конденсаторами и конденсатными насосами.

Турбинное отделение АЭС имеет размеры в плане 101×60 м и высоту 38,2 м до низа ферм покрытия. В машинном зале пролетом 48,0 м размещены турбоагрегат и его вспомогательное оборудование, сепараторы-пароперегреватели, конденсаторы и конденсатные насосы, подогреватели высокого и низкого давлений и др. Ось турбины расположена по оси реактора. Основные отметки здания турбины для обслуживания турбоустановки и вспомогательного оборудования — 0,000, +7,800 и +16,000 м. Отметка подвала зависит от конструктивного решения фундамента турбоагрегата, условий и характеристик грунта в месте строительства станции, однако в среднем это значение колеблется в районе –6,000 м, а максимальное значение может достигать до –8,000 м. Машинный зал обслуживается краном грузоподъемностью 180(220)/32 + 220 + 6,3 т, 50/12,5 + 6,3 т и краном грузоподъемностью 15 т.

В деаэрационном отделении пролетом 12,00 м размещены деаэраатор (отметка обслуживания +19,200 м), основные и вспомогательные питательные насосы с грузоподъемными механизмами для их обслуживания, а также оборудование систем вентиляции.

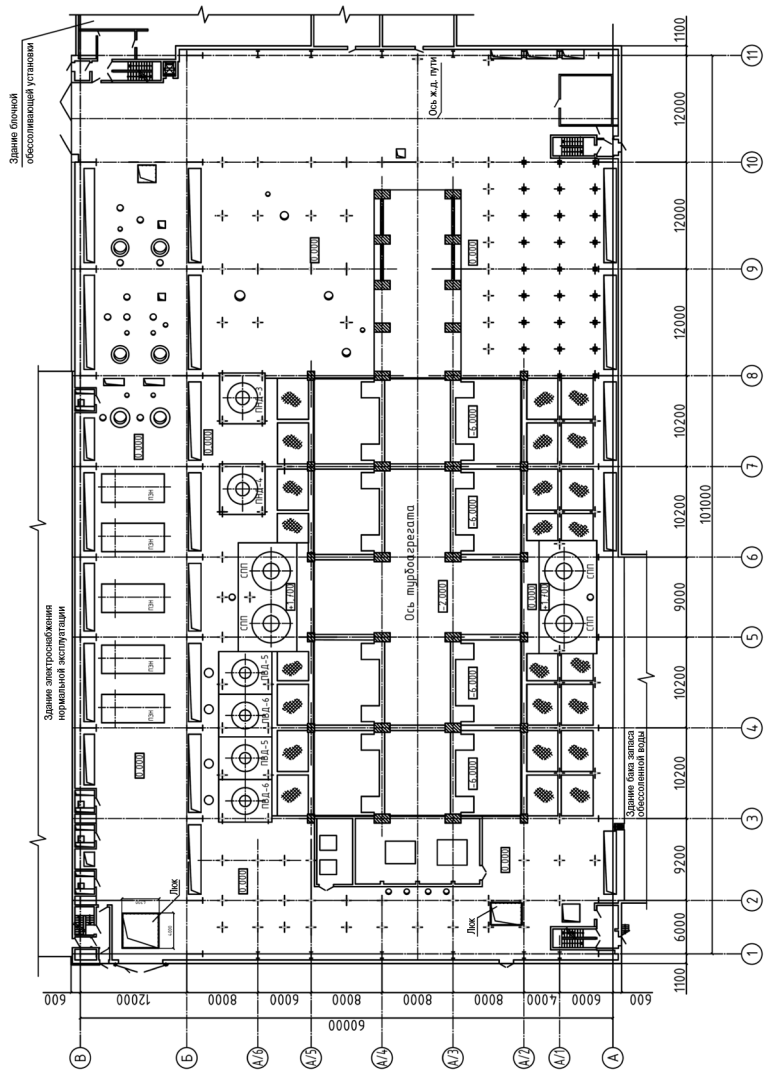


Рис. 2.1. План турбинного отделения АЭС ВВЭР (водо-водяной энергетический реактор) на отметке 0.000: ПВД — подогреватели высокого давления; СПП — сепараторы-пароперегреватели; ПЭН — питательный электронасос

В машинном зале со стороны генератора предусмотрено свободное пространство для установки охлаждения, выемки ротора и размещения электрических выводов генератора.

На отм. 0,000 устраивают транспортный въезд в крайних осях здания. Для связи между отметками, а также для эвакуации из здания предусмотрены четыре лестничные клетки: две в машинном зале по первой и крайней оси, две в деаэрационном отделении соответственно. Из подвала организованы четыре эвакуационных выхода на улицу, обособленные от основных лестничных клеток.

Вход персонала в здание осуществляется из пешеходной галереи. Здание турбины относится к зоне свободного доступа.

2.2. Конструктивные решения турбинного отделения

Современные каркасы здания турбины целесообразнее выполнять металлическими, в целях упрощения технологии и сокращения сроков монтажа конструкций. Также каркас турбинного отделения выполняют из монолитного и сборного железобетона.

Металлические колонны здания жестко заземлены в железобетонных подколонниках по рядам А, Б и В (рис. 2.2). Шаг колонн переменный и составляет от 6 до 12 м. Сечение колонн выполняется в виде симметричного составного двутавра с листами шириной 1,5 и 0,6 м, толщиной 12–16 и 30–35 мм соответственно. Фундаменты каркаса — отдельно стоящие из монолитного железобетона.

Поперечная жесткость каркаса здания турбины обеспечивается деаэрационной этажеркой, в которой ригели кровельного перекрытия и ригели перекрытий образуют рамные узлы при соединении с колоннами рядов Б и В. Стеновое ограждение здания турбины выполняют из двухслойного профилированного стального листа и негорючего утеплителя.

Продольная жесткость каркаса здания турбины обеспечивается вертикальными связями. Дополнительные связи устанавливают в осях размещения статора генератора для обеспечения жесткости здания в момент монтажа статора. Пространственная жесткость здания обеспечивается также горизонтальными связями по верхнему и нижнему поясам ферм в пролете А–Б, а также жесткими дисками монолитных перекрытий здания (см. рис. 2.1).

Конец ознакомительного фрагмента.
Приобрести книгу можно
в интернет-магазине
«Электронный универс»
e-Univers.ru