

# **ЛЕКЦИЯ N4-5 (ОПнаАЭС)**

- 1. Капитальное строительство в ядерной энергетике**
- 2. Генеральный план АЭС.**
- 3. Компоновка и размещение оборудования в главном корпусе.**
- 4. Назначение основных цехов АЭС**

## Литература:

1. Болдырев В.М. и др. «Экономика, организация и планирование на АЭС». – М.: Энергоатомиздат, 1986.
2. Долгов П.П., Савин Н.М. Организация, планирование и управление энергетическим предприятием. – Х.: Основа, 1990.
3. Прузнер С.Л. Экономика, организация и планирование энергетического производства. М. Энергоатомиздат.1984 г.
4. Экономика предприятия. О.И. Волков, В.К. Скляренко. М, ИНФРА- М,
5. Бекман И.Н., Ядерная индустрия, Курс лекций, Москва, 2005
6. Ю.И. Ребрин, Основы экономики и управления производством, Конспект лекций, Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2000.
7. В.Н. Нагорная, Экономика энергетики , Дальневосточный государственный технический университет (ДВПИ им. В.В. Куйбышева), 2007
8. Строительство атомных электростанций, под. Редакцией В.Д. Дубровского, М. Энергоатомиздат.1987 г.

# Капитальное строительство

- совокупность всех видов деятельности, обеспечивающая осуществление инвестиционного процесса, от предпроектной стадии до ввода объекта в эксплуатацию. В состав этой отрасли входят организации, выполняющие строительные и монтажные работы по возведению новых зданий, сооружений и других объектов народного хозяйства, расширению, техническому перевооружению и реконструкции действующих предприятий, проектно-изыскательские организации, обслуживающие строительство, а также такие органы управления, как министерства, ведомства и т.д.

Конкретная цель капитального строительства на современном этапе определена его внешней средой (н/х в целом) - ввод объекта в эксплуатацию в нормативные сроки с надлежащим качеством. Поэтому возникает острый вопрос о надлежащем управлении капитальным строительством - сознательном его регулировании в целях повышения эффективности и роста производительности труда, улучшения качества продукции и обеспечения тем самым динамичного, планомерного и

Строительство любого объекта начинается с создания в районе строительной площадки производственной базы строительства, которая в зависимости от масштаба сооружаемого объекта по своим стоимостным показателям может быть сопоставима со стоимостью строительства самого объекта.

Строительство - прямая противоположность промышленного производства, где до начала выпуска продукции возводятся здания, сооружения, монтируется строительное оборудование, отрабатывается технология производства и только после этого начинается выпуск продукции. Это обстоятельство требует своеобразных форм организации и управления строительным процессом, разработки специальных методов технологии производства работ.

## **Капитальному строительству присуще:**

- 1) техническая и организационная сложность сооружаемых объектов, их многообразие; различие объектов строительства по габаритам, площади, этажности, материалам и т. д., вследствие чего практически каждый объект имеет свою индивидуальную цену;
- 2) неподвижность и территориальная разбросанность объектов;
- 3) значительные затраты материальных, трудовых и финансовых ресурсов на создание продукции строительного производства;
- 4) большая длительность производственного цикла - от начала проектирования объекта до ввода его в эксплуатацию, что вызывает отвлечение средств из хозяйственного оборота в незавершенное производство;
- 5) участие различных организаций (проектно-изыскательских, подрядных и субподрядных строительного-монтажных, производителей и поставщиков материалов, техники, оборудования и др.) в производстве конечной строительной продукции и разнообразие в связи с этим форм хозяйственных и финансовых отношений.

К капитальному строительству относятся: новое строительство, реконструкция, расширение и техническое перевооружение действующих объектов.

К новому строительству относится сооружение комплекса объектов основного, подсобного и обслуживающего назначения вновь создаваемых энергетических предприятий, зданий и сооружений, осуществляемое на новых площадках в целях создания новой производственной мощности. Если строительство предприятия намечается осуществлять очередями, то к новому строительству относятся первая и последующие очереди до ввода в действие всех запроектированных мощностей, предусмотренных проектом.

## *К расширению действующих предприятий*

относятся строительство дополнительных производств на действующем предприятии, а также строительство новых и расширение существующие отдельных цехов и объектов основного, подсобного и обслуживающего назначения на территории действующих предприятий или примыкающих к ним площадках в целях создания дополнительных или новых производственных мощностей.

## Реконструкция

представляет собой осуществляемое по комплексному проекту переоборудование цехов и объектов АС; связанное с совершенствованием производства и повышением его технико-экономического уровня на основе достижений НТП. Реконструкция осуществляется в целях увеличения производственных мощностей, улучшения качества и изменения номенклатуры продукции в основном без увеличения численности работающих при одновременном улучшении технико-экономических показателей производства, условий труда, охраны окружающей среды.

**К техническому перевооружению (модернизации)  
действующих энергетических предприятий**

относится комплекс работ и мероприятий по повышению технико-экономического уровня отдельных производств, цехов и участков на основе внедрения передовой техники и технологии, механизации и автоматизации производства, модернизации и замены устаревшего физически изношенного оборудования новым, более производительным, а также по совершенствованию общестанционного хозяйства и вспомогательных служб. В отличие от реконструкции техническое перевооружение производится, как правило, без расширения производственных площадей.

Капитальное строительство производится за счет капитальных вложений.

*Капитальные вложения* по своему экономическому содержанию представляют выраженные в денежной форме затраты материальных и трудовых ресурсов на капитальное строительство.

Источниками плановых капитальных вложений являются бюджетные ассигнования, собственные средства предприятий и кредиты банка.

При сооружении АС в состав капитальных вложений входят следующие виды затрат:

- 1) на строительные-монтажные работы, связанные с подготовкой территории строительства, с возведением зданий и сооружений, с монтажом оборудования;
- 2) на приобретение различных видов оборудования, инструмента и инвентаря, входящих в состав основных фондов;
- 3) прочие капитальные затраты: на проектно-исследовательские работы, на содержание дирекции строящейся АС и авторский надзор проектных организаций, на подготовку кадров для эксплуатации АС и др. Соотношение между этими видами затрат называется *технологической структурой* капитальных вложений

**Таблица 1. Технологическая структура капитальных вложений в строительство АЭС**

Мощность АЭС, МВт (эл.)	Строительные работы	Монтажные работы	Оборудование, приспособления, производственный инвентарь	Прочие затраты
2000	<u>35,1</u>	<u>9,8</u>	<u>49,5</u>	<u>5,6</u>
	36,7	9,5	48,3	5,5
4000	<u>31,8</u>	<u>9,9</u>	<u>52,8</u>	<u>5,5</u>
	34,0	9,6	51,1	5,3
6000	<u>29,9</u>	<u>10,2</u>	<u>54,6</u>	<u>5,3</u>
	32,7	9,8	52,3	5,2

В числителе указаны данные при техническом водоснабжении с водохранилищем-охладителем, в знаменателе — при техническом водоснабжении с градирнями.

## Особенности строительства АС

### 1. Обеспечение радиационной безопасности и охраны окружающей среды:

Создание биологической защиты, защитных железобетонных оболочек, герметичных боксов; повышенные требования к герметичности помещений, их гидроизоляции, к вентиляции, к теплоизоляции; выполнение специальной канализации, хранилищ радиоактивных отходов, создание санитарно - защитной зоны.

### 2. Уникальность, сложность и большая насыщенность оборудования и систем, повышенные требования к их надежности и радиационной безопасности, наличие специальных систем контроля, управления и защиты реактора и локализации аварий; использование специальных материалов; развитое резервирование систем.

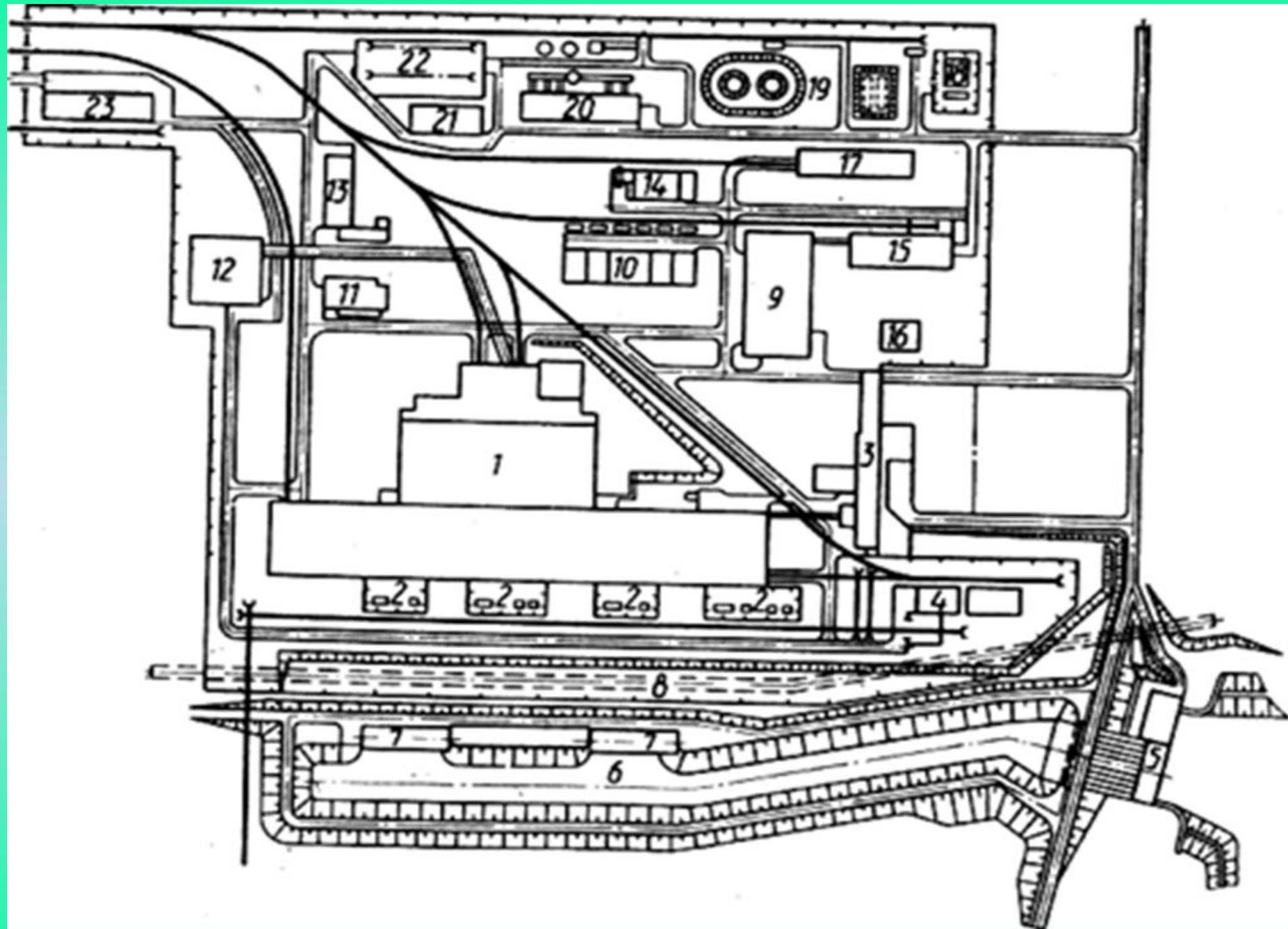
## Особенности строительства АС

3. Сложность строительно-монтажных работ: Большие объемы строительно-монтажных работ; повышенные требования к качеству работ (особенно сварочных), к чистоте внутренних полостей оборудования и трубопроводов; необходимость специальной оснастки, приспособлений и устройств для монтажных работ; новизна строительно-монтажных процессов
4. Большой объем работ по подготовке территории строительства, по внеплощадочным подготовительным работам, созданию строительно-монтажных баз, дорог, внешних инженерных коммуникации; повышенные требования к строительству жилья и объектов соцкультбыта.

## 2. Генеральный план АЭС

Это чертеж, на котором в плане показано размещение на площадке местности всех сооружений станции. На генеральном плане дано расположение производственных и вспомогательных помещений, железнодорожных путей, автомобильных дорог, открытых каналов технического водоснабжения, коммуникаций водопровода и канализации, открытого распределительного устройства и выходов линий электропередачи.

На генеральном плане должны быть размещены: главный корпус станции, распределительное устройство, повышающая подстанция, химводоочистка, сооружения системы технического водоснабжения, спецводоочистка, могильники, спецкорпус, административный корпус, подсобные помещения (мастерские, составы, гараж и т.п.).



1 — главный корпус с блоком вспомогательных систем, 2 — открытые установки трансформаторов, 3 — административно-бытовой корпус и столовая, 4 — башня ревизии трансформаторов и маслохозяйство, 5 — насосная станция технического водоснабжения, 6 — подводящий канал — напорный бассейн, 7 — водоразборные сооружения, 8 — сбросный канал, 9 — объединенный вспомогательный корпус, 10 — дизель-генераторная станция, // — компрессорная, 12 — хранилище жидких и твердых отходов, 13 — азотно-кислородная станция, 14 — ремонтно-строительный цех, 15 — склад химических реагентов, 16 — ресиверы водорода, 17 — склад свежего топлива, 18 — ацетилено-генераторная станция, 19 — склад топлива для котельной, 20 — резервная котельная, 21 — склад серпентинита, 22 — площадка для оборудования, 23 — склад графита

Все здания и сооружения АЭС можно подразделить на здания и сооружения основного производственного назначения, подсобно-производственного назначения и вспомогательные.

К зданиям и сооружениям основного производственного назначения относятся:

- главный корпус, в котором, как правило, размещают реакторное отделение, оборудование первого и второго контуров, бассейны выдержки ТВЭЛОВ,
- машинный зал с турбинами и турбогенераторами, этажерки электроустройств, щиты управления и вентиляционный центр;

- специальный корпус, в котором размещают систему специальной водоочистки и хранилище жидких и твердых радиоактивных отходов;
- распределительное устройство;
- вентиляционная труба;
- сооружения технического водоснабжения;
- дизель-генераторная.

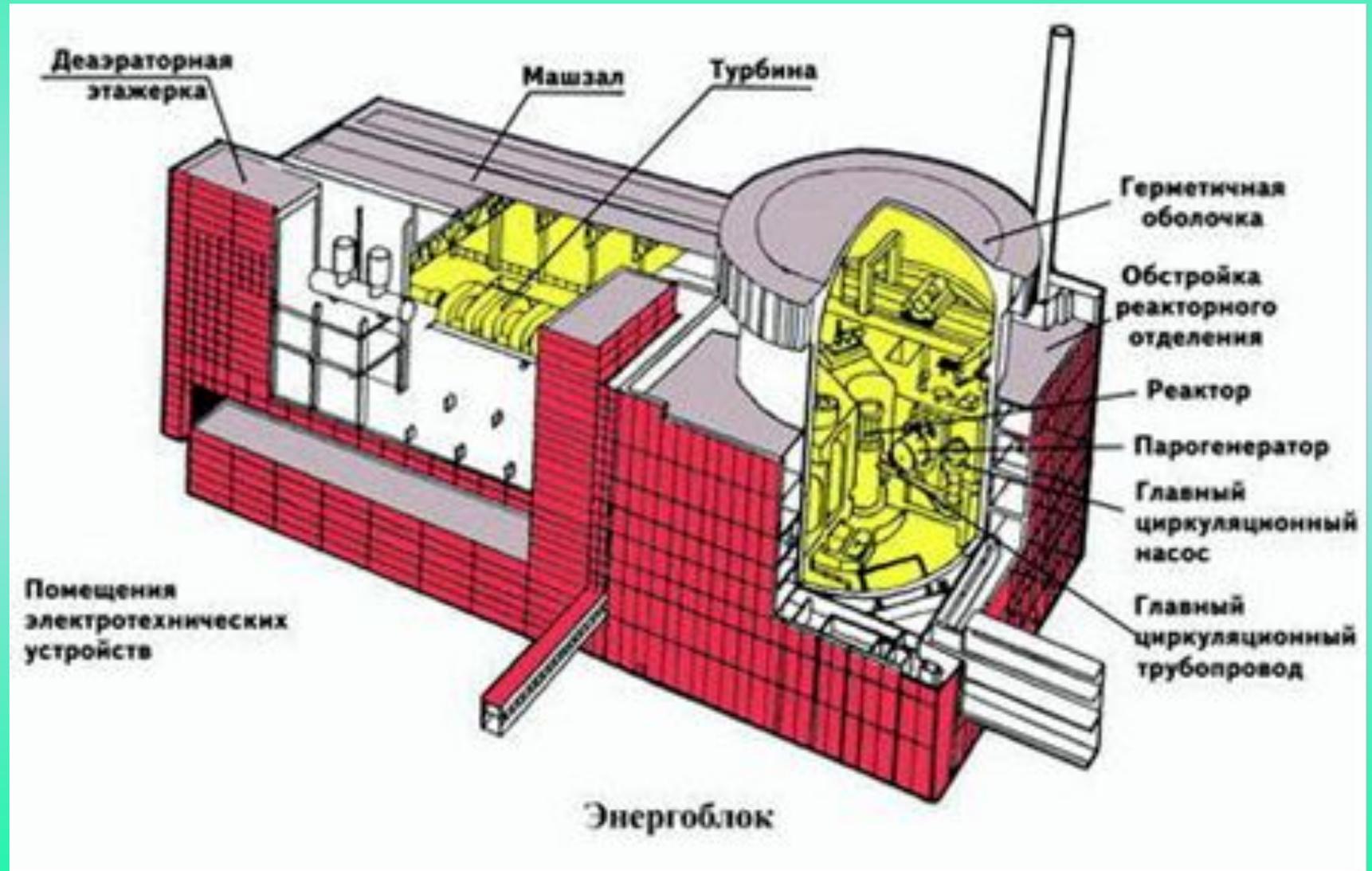
К зданиям второй группы относятся: административный корпус, санитарно-бытовой корпус со специальной прачечной, здания ацетиленовой, кислородно-азотной и компрессорной станций, мастерские, склады, гараж, пожарное депо и др.

Все производственные объекты АЭС разделяются на зоны: строгого режима, где имеется опасность радиационного воздействия, свободного режима, где радиационное воздействие должно быть исключено. При переходе из одной зоны в другую устанавливаются санитарные пропускники с соответствующим дозиметрическим контролем.

Основой для разработки генерального плана АЭС является технологическая схема энергоблока, которая может видоизменяться в зависимости от типа ядерной энергетической установки.

Генеральный план должен обеспечивать оптимальное функционирование всей технологической цепочки и безопасность окружающей среды и населения.

**В состав энергоблока входят: реакторное отделение, машинный зал, деаэрационная этажерка, помещения электротехнических устройств.**



«Сердце» атомной станции — ядерный реактор размещен в герметичной защитной оболочке реакторного отделения, которая защищает его от любых внешних воздействий и препятствует попаданию в окружающую среду радионуклидов в случае аварии. Там же, в герметичной защитной оболочке, размещено и все оборудование главного циркуляционного контура. Реактор и главный циркуляционный контур в сборе образуют замкнутый объем для теплоносителя первого контура.

Кроме оборудования первого контура внутри гермооболочки находятся: оборудование шахт ревизии внутриреакторных устройств, машина перегрузки топлива, полярный кран, оборудование бетонной шахты реактора, включающее в себя, в том числе ряд биологических и температурных защит, бассейны перегрузки и выдержки топлива.

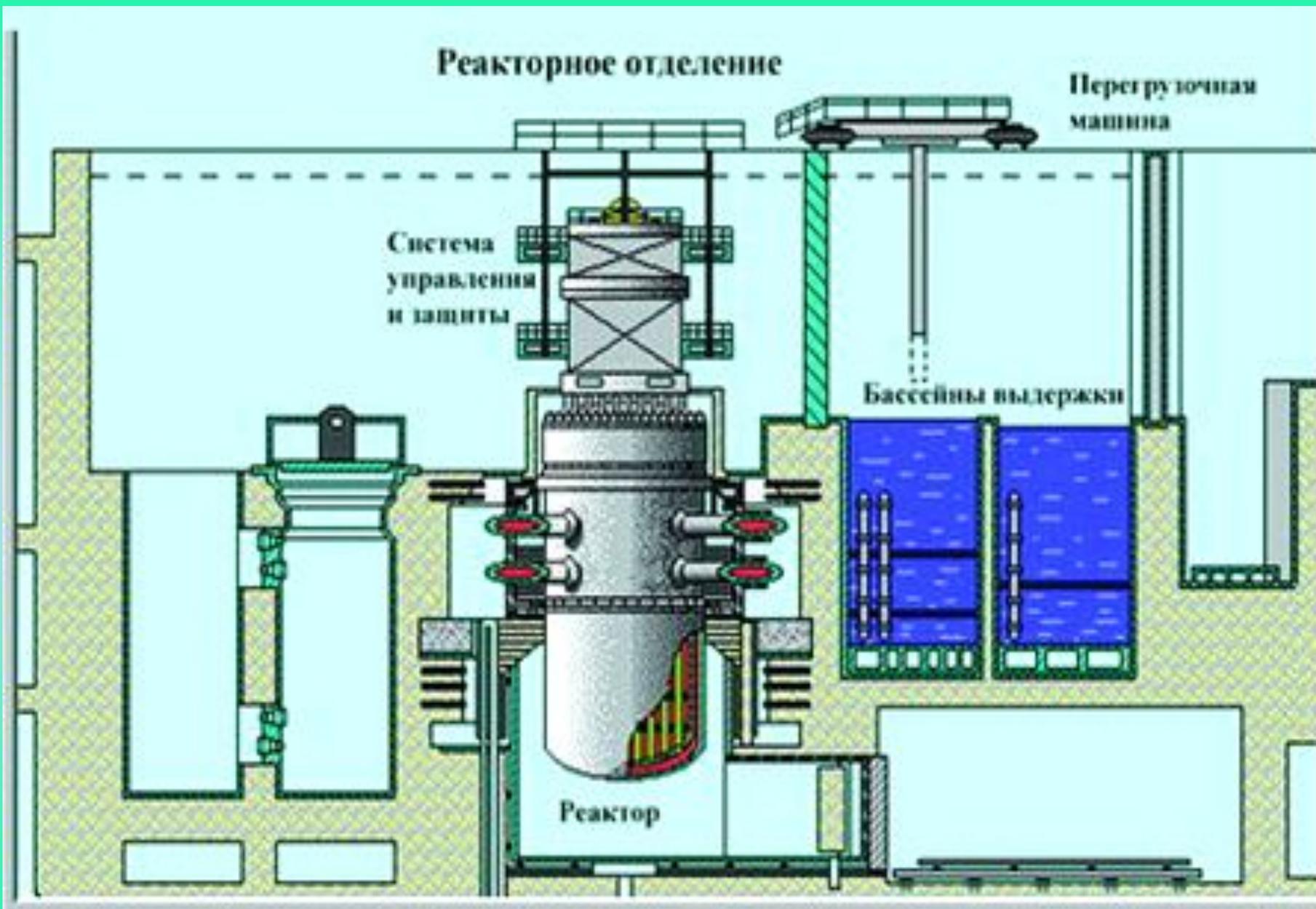
# Реакторное отделение

Перегруточная машина

Система управления и защиты

Бассейны выдержки

Реактор



# 3. Компоновка АЭС

## Компоновка главного корпуса.

Под компоновкой подразумевается взаимное расположение оборудования и конструкций АЭС.

Главный корпус АЭС образуют реакторное отделение и машинный зал.

В реакторном отделении располагают все оборудование первого контура, системы выдержки отработавшего топлива, систему аварийного расхолаживания.

В машинном зале размещают турбогенераторную установку для производства электроэнергии, конденсаторы, регенеративные подогреватели, питательные, конденсационные, дренажные насосы, БРУ, эжекторные установки.

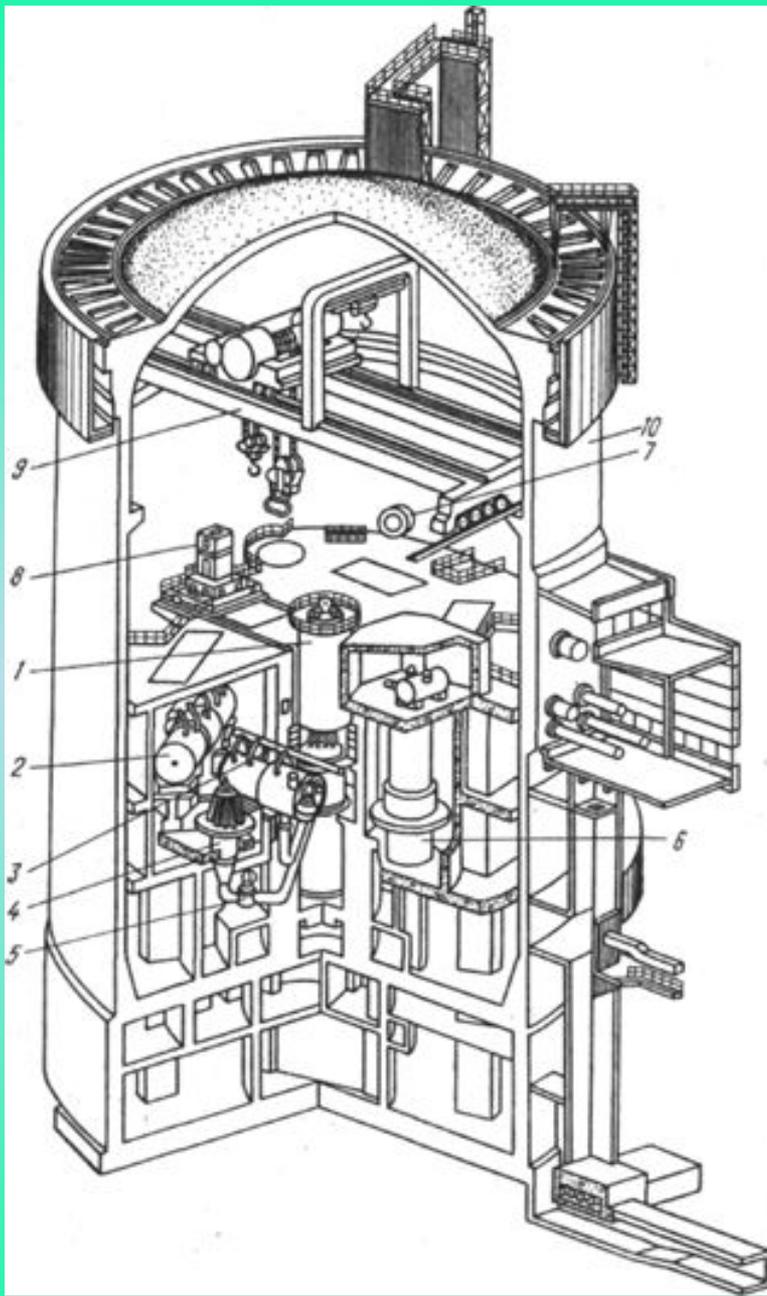
**Компоновка главного корпуса** должна удовлетворять следующим требованиям, т. е. обеспечивать: удобство монтажа и демонтажа оборудования, с максимальной механизацией всех монтажных работ; возможность осмотра, контроля и ремонта оборудования; безопасность работы персонала, в том числе и радиационную безопасность; нормальное ведение технологического процесса; локализацию последствий аварий; предотвращать выброс радиоактивных веществ в окружающую среду.

**В зависимости от расположения реакторного отделения и машинного зала различают сомкнутую и разомкнутую компоновки.**

При сомкнутой компоновке реакторное отделение и машинный зал объединяются в одном здании. Сомкнутая компоновка использовалась при строительстве части АЭС с реакторами ВВЭР-440, когда реакторное отделение и машзал находятся в одном корпусе и нет защитного ограждения РО.

В настоящее время для сооружения АЭС с реакторными установками ВВЭР-1000 используют разомкнутую компоновку.

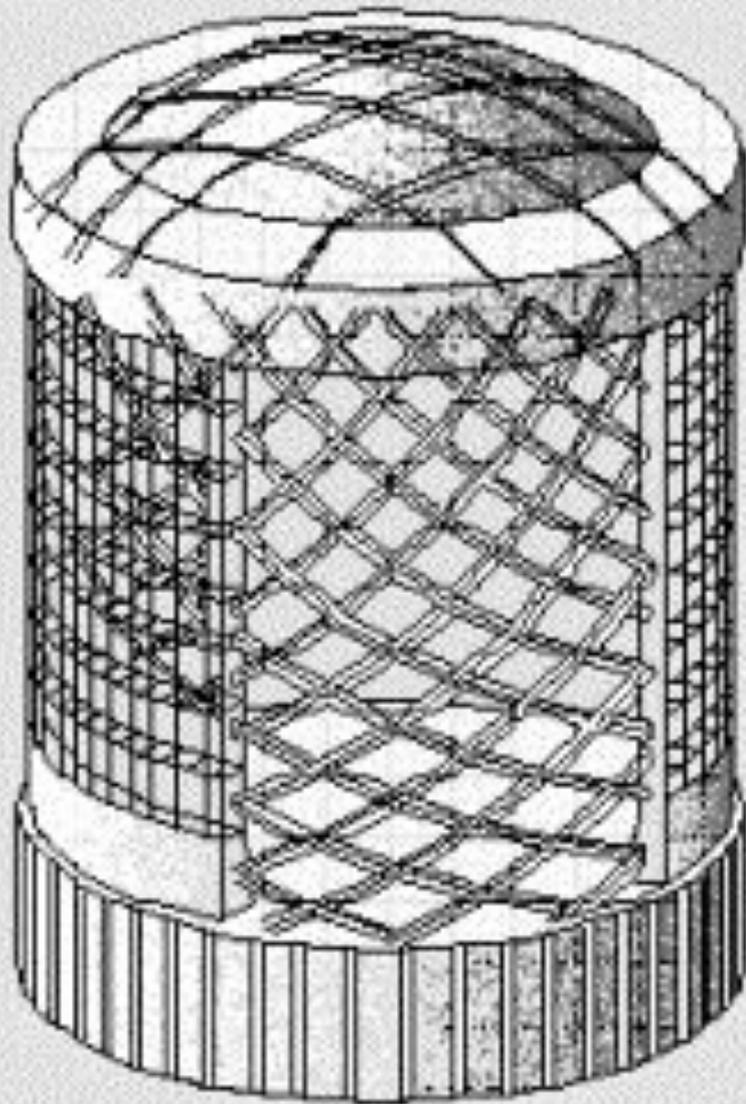
При разомкнутой компоновке реакторное отделение располагают в специальной защитной оболочке, к ней примыкает машзал.



## Реакторное отделение АЭС:

1 — реактор; 2 — парогенератор; 3 - паропроводы; 4 — циркуляционный насос; 5 — запорная задвижка; 6 — компенсатор объема; 7 — аварийный шлюз; 8 — перегрузочная машина; 9 — мостовой кран грузоподъемностью  $S = 400$  т; 10 — защитная железобетонная оболочка со стальной внутренней облицовкой

К машинному залу также примыкает спецкорпус, в котором расположены установки очистки теплоносителя первого контура (спецводоочистка), мастерские по ремонту радиоактивного оборудования, хранилища радиоактивных отходов и др. Такая компоновка обеспечивает компактное размещение всех основных технологических звеньев производства электроэнергии, безопасное ведение процесса и охрану окружающей среды.



Защитная гермооболочка опирается на железобетонную плиту толщиной 2,4 метра на высоте 13 метров.

Диаметр цилиндрической части гермооболочки 45 метров, высота сферической части – 45 метров, толщина железобетонных стен гермооболочки и купола 1,2 метра.

Гермооболочка обтянута системой тросов, находящихся внутри стен, с усилием натяжения до 1200 тонн на каждый трос, что обеспечивает исключительную прочность сооружения.

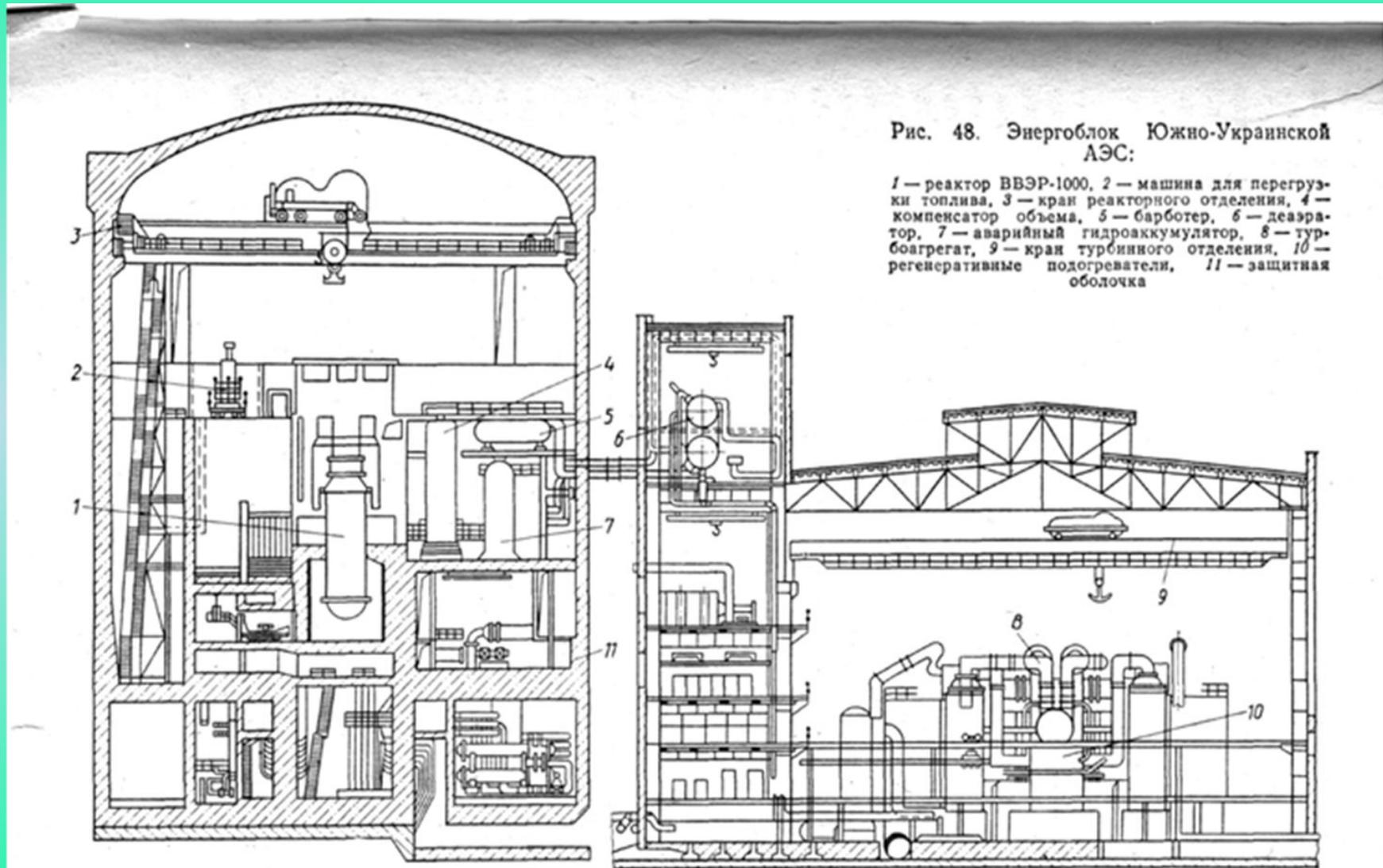
Защитная оболочка реакторного отделения не только предотвращает выброс в атмосферу радиоактивных веществ в случае разрыва первого контура реактора, но и защищает саму реакторную установку от внешних воздействий: падения самолета, взрыва на местности, стихийных бедствий и т. п. В шахте, под защитной оболочкой устанавливают ядерный реактор. За биологической защитой располагают парогенераторы, ГЦН, главные запорные задвижки, емкости аварийного запаса раствора бора, барботажный бак, компенсатор объема, гидроемкости системы САОЗ. Электроприводы ГЦН и главной запорной задвижки располагают за дополнительной биологической защитой, обеспечивающей доступ персонала для обслуживания электроприводов

В окружающей гермооболочку реактора **обстройке** высотой в 45,6 м и площадью 66 \* 66 кв.м размещены **блочный щит управления** реактором, оборудование систем управления, контроля и защиты энергоблока, устройства вентиляции, фильтры, противопожарное и другое оборудование.

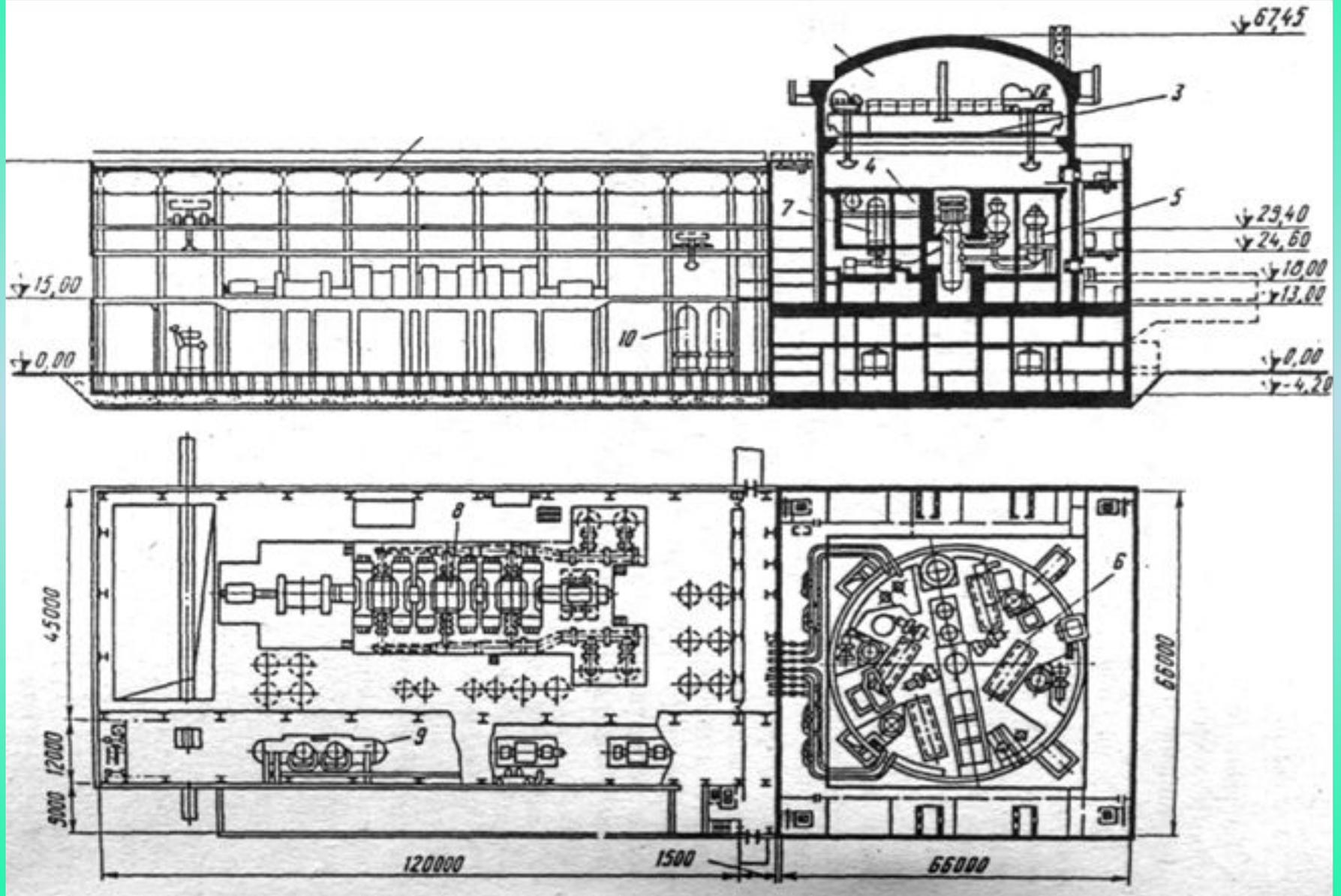
В фундаментной части обстройки размещены системы аварийного охлаждения, теплообменники и часть оборудования промежуточного контура, системы подпитки – продувки.

**С обстройкой реакторного отделения соединяется здание машинного зала и деаэрационного отделения.**

# Компоновки ЭБ АЭС

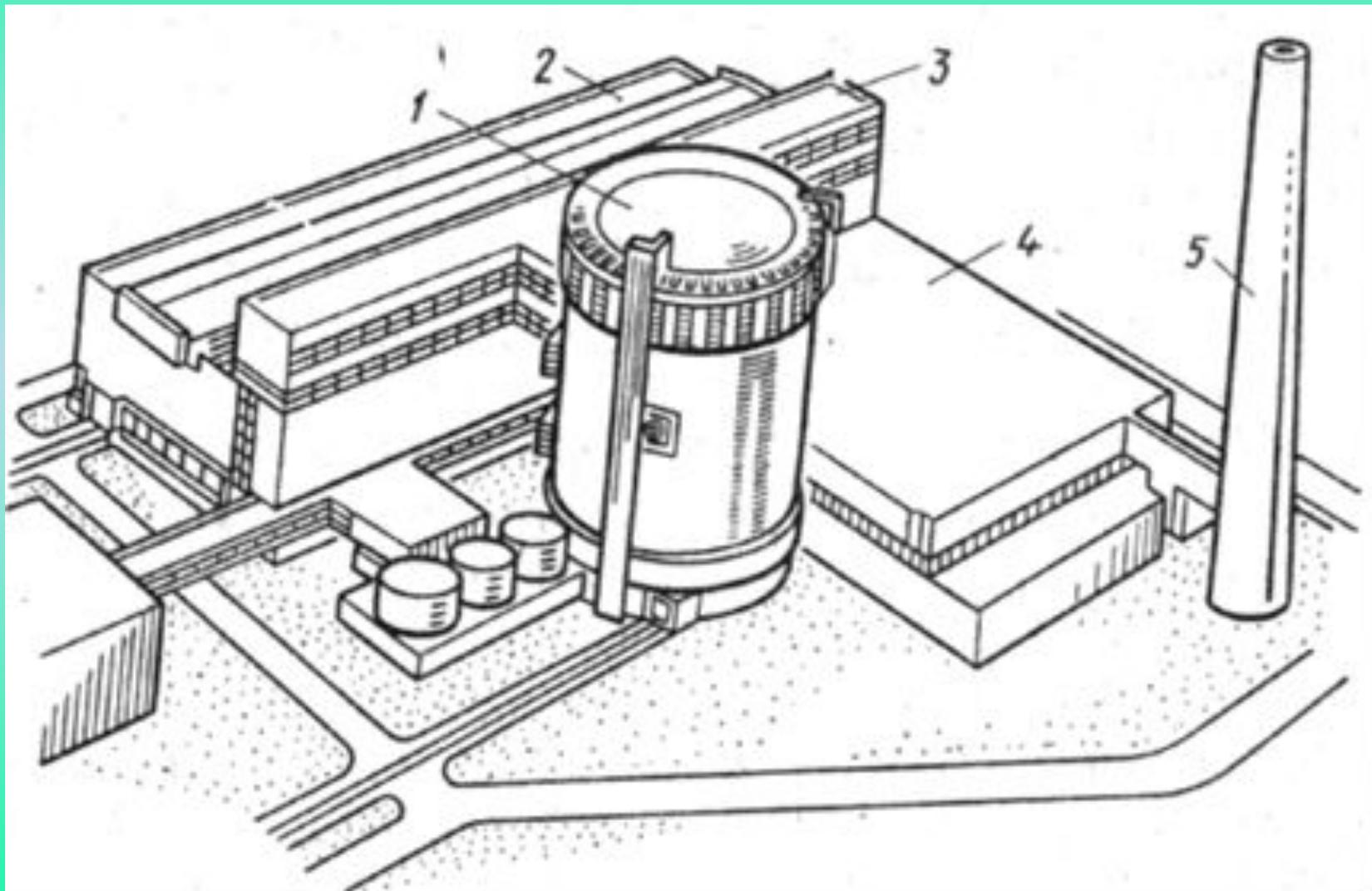


# Компоновки ЭБ АЭС



## Энергоблок Нововоронежской АЭС:

1 — реакторное отделение, 2 — машинный зал, 3 — этажерка энергоустройства, 4 — спецкорпус, 5 — вентиляционная труба



Различают цеховую и безцеховую производственную и организационную структуру АЭС.

**При цеховой структуре** цех основная структурная единица АЭС.

Цеха подразделяются на основные и вспомогательные.

*Основные цеха* принимают непосредственное участие в производстве энергии. К ним належат: реакторной, турбинной, электрический, химический, тепловой автоматики и измерений.

*Вспомогательные цеха* обслуживают основное производство необходимыми работами и услугами. К ним належат отдел охраны работы и техники безопасности, цеха централизованного ремонта, отладка и испытаний оборудования, ремонтно-строительный, дезактивации, теплоснабжение и подземных коммуникаций, а также лаборатории. Состав цехов и лабораторий на АЭС различается и зависит от типа реактора, мощности, количества блоков и других факторов.

Возглавляет АЭС директор, который руководит работой коллектива АЭС в целом и несет персональную ответственность за соблюдение графика работ, финансовой, договорной и трудовой дисциплины. Заместители директора руководят отдельными сферами деятельности на станции. Производственно-технической деятельностью на АЭС руководит главный инженер. Он руководит техническим развитием производства на АЭС, ремонтом, рациональным использованием оборудования, топлива и

У главного инженера имеются заместители из ремонта, эксплуатации и научной работы. Каждый цех возглавляет начальник, который назначается директором. Начальник цеха руководит работой коллектива цеха, распоряжается средствами цеха, имеет право поощрения и наложение взысканий на работников цеха.

При **безцеховой структуре**, применяемой на заграничных АЭС, вместо цехов создаются производственные службы: эксплуатации, которая обеспечивает безаварийное и экономическое функционирования оборудования; ремонтов, который поддерживает исправное состояние оборудования и осуществляет его модернизацию; усовершенствований и контроля, ответственной за технико - экономические показатели внедрения новой техники и передового опыта.

**Безцеховая** структура имеет ряд преимуществ, так как ликвидируются «стыки» между цехами, и, итак, более четко разграничиваются функции и задачи между производственными подразделениями. Вследствие этого сокращается численность персонала и облегчается работа по обеспечению радиационной безопасности. В качестве примера на рис. 2 показанная схема организационной структуры американской АСС, организованной по принципу безцеховой структуры.

## **Краткая характеристика основных подразделений АЭС**

***Реакторный цех*** (РЦ) осуществляет эксплуатацию ЯЕУ с основными и вспомогательными системами, а также выполняет подготовку стрежней к загрузке в реактор, их сохранение и отправку на переработку.

***Турбинный цех*** (ТЦ) осуществляет эксплуатацию основного и вспомогательного турбинного оборудования, оборудование дизельной электростанции, а также оборудование сооружений питьевого, пожарного и технического водоснабжения, канализационных и сантехнических устройств, трубопроводов и пристроил теплоснабжение.

***Электрический цех*** (ЭЦ) осуществляет эксплуатацию, ремонт, контроль, наладку и испытание электротехнического оборудования, средств релейной защиты, электроавтоматики и электроприборов, диспетчерского и технологического управления.

***Цех тепловой автоматики и измерений*** (ЦТАИ) осуществляет ведомственный надзор, обслуживание, ремонт, контроль, отладка и испытание приборов технологического, химического и радиационного контроля, электрооборудование устройств СУЗ, устройств внутриреакторного контроля и автоматики тепловых процессов, технологических защит и сигнализации, дистанционного управления регулирующей и запорной арматурой, вычислительной техники и системы управления технологическими процессами (АСУ ТП).

*Химический цех (ХЦ)* осуществляет эксплуатацию оборудования водоподготовки, спецводоочистки и спецгазоочистки, химический и радиохимический контроль, разработку и внедрение технологии дезактивации оборудования, помещений и спецодежды, а также способов переработки и погребение редких и твердых радиоактивных отходов.

*Цех отладки и испытаний оборудования (ЦНИО)* осуществляет отладка и испытание реакторного и тепломеханического оборудования АЭС, оборудование водоподготовки, спецводо- и газоочисток, а также разработку режимных карт работы этого оборудования.

*Ремонтно-строительный цех (РСЦ)* осуществляет надзор за состоянием и текущий ремонт промышленных домов, сооружений и дорог на территории АЭС.

*Цех теплоснабжения и подземных коммуникаций (ЦТПК)* занимается обслуживанием и ремонтом внешних тепловых сетей.

*Цех централизованного ремонта оборудования (ЦЦР)* осуществляет ремонт тепломеханического оборудования реакторного и турбинного цехов, химического оборудования, оборудование спецводоочистки, внешних сооружений, в т.ч. гидротехнических систем вентиляции, теплоснабжение и подземных коммуникаций, станочно-механическое и транспортно-технологическое оборудование

*Отдел охраны работы и техники безопасности (ООТ и ТБ)* обеспечивает дозиметрический контроль, ремонт и эксплуатацию дозиметрической аппаратуры. Одновременно он есть функциональным отделом и отвечает за обеспечение радиационной и общей безопасности, снижение уровня профессионального облучения персонала, контролирует работу всех подразделов АЭС относительно соблюдения ПРБ и ПТБ, личной гигиены работников при эксплуатации и ремонте оборудования АСС, а также осуществляет контроль за соблюдением действующих норм относительно охраны окружающей среды.

*Отдел ядерной безопасности и надежности* обеспечивает контроль за выполнением требований ПЯБ, проводит измерения параметров активной зоны реактора, выполняет расчеты относительно обоснования перегрузок топлива и допустимых режимов эксплуатации ЯЕУ и осуществляет анализ надежности оснащение.

*Гидротехнический цех (ГЦ)* осуществляет надзор и эксплуатацию гидротехнических сооружений и их механического оборудования.

*Цех дезактивации (ЦД)* проводит периодическую и предремонтную дезактивацию оборудования и производственных помещений, переработку и погребение радиоактивных отходов, осуществляет выполнение правил санитарно-пропускного режима, а также обеспечивает персонал спецодеждой и средствами индивидуальной защиты с следующей их дезактивацией.

*Лаборатория металлов (ЛМ)* проводит контроль и анализ состояния металла оборудования, арматуры, трубопроводов и сварных швов.

Спасибо за  
внимание!

