

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	4
1. ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРИНЦИПЫ СТРОИТЕЛЬСТВА СЕРИЙНЫХ АЭС .....	6
2. СОСТАВ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА И ОБЪЕМЫ СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ .....	21
2.1. Генеральный план АЭС ВВЭР-ТОИ .....	22
2.2. Объемы строительно-монтажных работ при возведении главного корпуса .....	26
2.3. Технология строительства главного корпуса .....	33
2.4. Схемы механизации при строительстве главного корпуса АЭС .....	41
2.5. Монтаж технологического оборудования .....	48
2.6. Пусконаладочные работы .....	50
3. ГРАФИКИ СТРОИТЕЛЬСТВА АЭС И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМОВ СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ ПО ГОДАМ .....	53
4. СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНАЯ БАЗА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ АЭС .....	55
4.1. Организация строительно-монтажной базы и принципы ее проектирования .....	62
4.2. Строительно-монтажные базы АЭС зарубежных проектов .....	88
4.3. Выбор технологичных решений для зданий строительно-монтажных баз АЭС .....	95
4.4. Расчет площади арматурного цеха .....	98
Заключение .....	100
Контрольные вопросы для самопроверки .....	102
Список использованной литературы .....	103
<i>Приложение А. Состав временных зданий и сооружений     для АЭС ВВЭР-ТОИ .....</i>	<i>105</i>
<i>Приложение Б. Быстровозводимые здания для строительно-     монтажной базы .....</i>	<i>112</i>
<i>Приложение В. Каркасно-тентовые конструкции на каркасах     из алюминиевых сплавов H-LINE (ROEDER) .....</i>	<i>119</i>
<i>Приложение Г. Инвентарные промышленные комплексы для строительно-     монтажной базы .....</i>	<i>124</i>
<i>Приложение Д. Краны козловые для площадок укрупнительной сборки     строительно-монтажной базы .....</i>	<i>129</i>
<i>Приложение Е. Цех по изготовлению фибробетонных     опалубочных блоков .....</i>	<i>132</i>

## ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия как в России, так и за рубежом наблюдается значительное увеличение потребности в строительстве новых высокомошных энергогенерирующих станций, использующих современные безопасные и экологически чистые технологии получения электроэнергии. Предполагается строительство ряда новых атомных электростанций (АЭС) по российским проектам и с участием российских специалистов. Использование передовых технологий, глубокие знания предметной области, непрерывная научно-исследовательская и экспериментально-конструкторская работа позволили отечественной атомной отрасли сформировать портфель заказов из более четырех десятков энергоблоков с водородными энергетическими реакторами [1]. На сегодняшнем этапе решается задача производственно-технического и организационно-технологического характера, связанная с сооружением АЭС, эффективным использованием ресурсов и их распределением по реализуемым проектам.

Сокращение сроков строительства АЭС и удешевление на всех этапах жизненного цикла являются приоритетными инженерными задачами, в которых не последнюю роль играет правильная организация работ на строительной площадке. Одним из традиционных решений при возведении крупных энергетических комплексов является устройство строительной-монтажных баз. На организуемых площадках выполняется ряд важнейших технологических операций, таких как складирование, производство материалов и изделий, доукрупнение полуфабрикатов строительных конструкций и т. д., что в конечном итоге позволяет выбрать наиболее эффективные технологии проведения работ на строительных объектах, выполнить большую часть операций в комфортных «цеховых» условиях, а также нивелировать логистические риски. Такое решение характерно в основном для российских проектов АЭС и редко используется в зарубежных проектах.

Учебное пособие ориентировано на обучающихся по программам магистратуры (направление подготовки 08.04.01 «Строительство», профиль «Строительство объектов тепловой и атомной энергетики») и специалитета (специальность 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений», специализация № 4

«Строительство сооружений тепловой и атомной энергетики») и предназначено для освоения дисциплин «Здания и сооружения объектов тепловой и атомной энергетики», «Строительный инжиниринг объектов тепловой и атомной энергетики», «Организация и управление строительством объектов использования атомной и тепловой энергии». Представленный в пособии материал соответствует современному уровню развития науки и техники и способствует глубокому изучению организационно-технологических и компоновочных решений строительного-монтажных баз АЭС.

Учебное пособие состоит из четырех глав и шести приложений.

В первой главе описаны методы и принципы организации строительства АЭС, обоснована необходимость формирования на подготовительном этапе строительного-монтажной базы.

Во второй главе представлены схемы механизации при строительстве главного корпуса АЭС, описана технология строительства реакторного острова, детально разобран генеральный план АЭС ВВЭР-ТОИ, состав объектов строительства и объемы строительного-монтажных работ.

В третьей главе рассматриваются графики строительства АЭС и распределение объемов строительного-монтажных работ по годам строительства.

В четвертой главе представлены генеральные планы строительного-монтажных баз АЭС, обосновываются объемно-планировочные решения объектов строительного-монтажных баз, приводится сравнительный анализ различных компоновочных решений.

Приложения дополняют изучаемый материал и дают наглядное представление об инфраструктуре строительного-монтажной базы АЭС и конструктивных решениях зданий и сооружений.

Особое внимание в учебном пособии уделено формированию у читателя системного представления о проектировании и строительстве технически сложных объектов, требующих большого объема строительного-монтажных работ и привлечения значительного количества подрядных организаций, что восполняет недостаток информации в имеющейся учебной литературе.

Авторы выражают признательность АО «Институт «Оргэнергострой» и АО «Атомэнергопроект» за предоставление материалов для учебного пособия.

# 1. ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРИНЦИПЫ СТРОИТЕЛЬСТВА СЕРИЙНЫХ АЭС

При строительстве АЭС широко используются серийные проекты. Это позволяет сократить сроки и стоимость сооружения энергетических комплексов, а также обеспечить необходимое качество работ.

Первым проектом реакторной установки с водо-водяным энергетическим реактором (ВВЭР) мощностью 1 000 МВт стал проект серии В-187, осуществленный в 1980 г. на энергоблоке № 5 Нововоронежской АЭС. В дальнейшем реактор существенно дорабатывался, основное оборудование реакторной установки также претерпело некоторые изменения, в основном в части упрощения компоновки и улучшения систем безопасности (рис. 1.1 и табл. 1.1).

АЭС с реакторами типа ВВЭР электрической мощностью 1 000–1 300 МВт могут быть условно классифицированы по номеру серии реакторной установки:

- **АЭС с ВВЭР-1000 серии В-187** – проект «головной» серии реакторов ВВЭР-1000 электрической мощностью 1 000 МВт, является прототипом последующих проектов АЭС с ВВЭР-1000 серий В-302, В-320 и В-338. Особенности конструкции: отсутствие «сухой» защиты (вместо нее использован кольцевой бак с водой); две паротурбинные установки мощностью по 500 МВт каждая (таким образом повышена надежность турбины); впервые применена защитная преднапряженная оболочка, рассчитанная на давление, возникающее при максимальной проектной аварии с разрывом главного циркуляционного паропровода, не учтены разрыв корпуса реактора и разрывы сосудов первого контура (на тот момент – 1966 г. – отсутствовали какие-либо государственные нормативы по безопасности АЭС, поэтому разработку вели по общепромышленным требованиям); строительная часть реакторного отделения выполнена в монолитном железобетоне с применением щитовой съемной опалубки; впервые применен метод совмещенного выполнения строительных и монтажных работ, который на тот момент себя не оправдал. Проектный срок эксплуатации – 20 лет. Данный проект реализован на энергоблоке № 5 Нововоронежской АЭС [2].

- **АЭС с ВВЭР-1000 серии 302** – «малая серия». Относительно серии В-187 изменены приводы систем управления и защиты реакторной установки; установлен один турбоагрегат мощностью 1 000 МВт. Проектный срок эксплуатации – 30 лет. Объект реализации – энергоблок № 1 Южно-Украинской АЭС. Причиной использования данной серии только для одного энергоблока являются полученные позднее результаты физических расчетов о недостаточной поглощающей способности стержней, изготовленных из карбида бора [2].

- **АЭС с ВВЭР-1000 серии В-338** – «малая серия». Относительно проекта АЭС с реактором ВВЭР-1000 серии В-302 изменено количество органов регулирования реакторной установки с 49 до 61 шт. Проектный срок эксплуатации – 30 лет. Объекты реализации – энергоблок № 2 Южно-Украинской АЭС, энергоблоки № 1 и 2 Калининской АЭС [2].

- **унифицированный проект АЭС с ВВЭР-1000 (В-320)** – «большая серия». В основу данного проекта легла серия реакторов В-187, однако существенно модернизирован верхний блок реактора: уменьшено число органов регулирования системы управления и защиты, установлены датчики внутриреакторного контроля. Изменено днище шахты реакторной установки, применена трехгодичная загрузка топлива, использованы бесчехловые кассеты тепловыделяющих сборок, упрощена компоновка реакторной установки с исключением главных запорных задвижек. Применена «мокрая» перегрузка внутрикорпусных устройств реактора. Обеспечена работа реакторной установки в полупиковом режиме. Использована одна турбинная установка, одинарная защитная оболочка реакторного отделения. Обстройка реакторного отделения также претерпела изменения в части компоновки – выполнена вокруг реакторного отделения, а для строительной части использованы сборно-монолитные решения по возведению защитных стен и перекрытий в несъемной опалубке. Строительные конструкции рассчитаны на проектное землетрясение до 7 баллов по шкале MSK-64. Проектный срок эксплуатации – 30 лет. Объекты реализации – Запорожская, Балаковская АЭС, блоки № 3 и 4 Калининской АЭС, АЭС «Темелин» и «Козлодуй».

- **АЭС-88 (серия В-392)**. Относительно серии В-320 выполнен ряд дополнительных мероприятий по повышению безопасности.

Увеличено количество органов систем управления и защиты с 61 до 121 шт., что упрощает переход в подкритичное состояние. В шахту реактора введены направляющие, которые обеспечивают падение стержней поглотителей в заданном направлении при любом варианте развития запроектной аварии. Применены новые пассивные системы управления запроектными авариями: система быстрого ввода бора, система отвода остаточных тепловыделений реактора окружающему воздуху, дополнительная система пассивного залива активной зоны раствором бора. Усовершенствованы активные системы безопасности. Применен бассейн перегрузки с уплотненным хранением топлива и усовершенствованной системой перегрузки топлива. Выполнен учет запроектных аварий. Проект АЭС-88 рассчитан на сейсмическое воздействие при проектном землетрясении в 7 баллов по шкале MSK-64 и при максимальном расчетном землетрясении в 8 баллов по шкале MSK-64. Не был реализован [2].

- **АЭС-91 (В-428), АЭС-91/99 (В-446, В-466Б)** – проекты АЭС с реакторами повышенной безопасности, соответствующие европейским нормам. Модернизирована активная зона, верхний блок, корпус реактора. Конструктивные особенности: одна турбинная установка мощностью 1 000 МВт, двойная защитная оболочка реакторного отделения. В нижней части шахты реактора, в соответствии с проектом, установлено устройство локализации расплава, предназначенное для локализации и охлаждения расплава активной зоны реактора при аварии. В строительных конструкциях реакторного отделения предусматривалась защита от летящих объектов. Проектный срок эксплуатации – 30 лет. Объекты реализации – АЭС «Бушер», Тяньваньская АЭС.

- **АЭС-92 (серия В-412)** – проект АЭС на основе серии В-392 с изменениями в части повышения сейсмостойкости. В проект включены дополнительные пассивные системы безопасности, принята концепция дублирования активных систем безопасности, что значительно уменьшает вероятность необнаруженных отказов. Основные функции безопасности выполняются независимо друг от друга двумя различными по принципу работы системами. Выполнена двойная защитная оболочка, что обеспечивает защиту реактора от внешних воздействий, таких как взрывная волна или падение самолета, и предотвращает выход радиоактивных материалов при проектных авариях. Проект 3-го поколения. Соответствует основным требованиям

европейских эксплуатирующих организаций (EUR) к АЭС нового поколения. Объект реализации – АЭС «Кудамкулан» (Индия).

- **АЭС-2006 (серия В-392М и В-491)** – проект АЭС с реакторной установкой поколения «3+», в нем использованы новейшие достижения и разработки, отвечающие всем требованиям, принятым после аварии на АЭС «Фукусима». В частности, энергоблок оснащен двумя защитными оболочками с вентилируемым пространством между ними. Внутренняя защитная оболочка обеспечивает герметичность объема, где расположена реакторная установка. Внешняя оболочка способна противостоять природным (смерчи, ураганы, землетрясения, наводнения) и техногенным (взрывы, падение самолета) воздействиям на АЭС. Применена система пассивного отвода тепла, которая обеспечивает длительный отвод тепла от активной зоны реактора в условиях отсутствия всех источников электроснабжения. Между внешней и внутренней защитными оболочками энергоблока предусмотрена система пассивной фильтрации, позволяющая исключить выход радиоактивных продуктов в окружающую среду через наружную защитную оболочку в любых ситуациях, связанных с отказом активной системы спецвентиляции. Установлено устройство локализации расплава. Электрическая мощность реакторной установки увеличена до 1 200 МВт. Проектный срок эксплуатации – 60 лет. Объекты реализации – Нововоронежская АЭС-2 (серия В-392М), Ленинградская АЭС-2 (серия В-491).

- **АЭС ВВЭР-ТОИ (серия В-510)**. Проектная мощность реактора увеличена до 1 300 МВт. Использована тихоходная турбина. Строительные конструкции рассчитаны на проектное землетрясение до 7 баллов по шкале MSK-64, а внешняя защитная оболочка на падение самолета весом до 400 т со скоростью 150 км/ч с учетом взрыва топливных баков. Проект АЭС ВВЭР-ТОИ полностью выполняется в информационной среде. Единое информационное пространство позволяет осуществлять качественное управление проектированием, строительством и эксплуатацией энергоблоков. В строительной части для специальных защитных конструкций использованы блоки из несъемной фибробетонной опалубки. Проектный срок эксплуатации – 60 лет. Объекты реализации – АЭС «Аккую», Курская АЭС-2.

Таблица 1.1

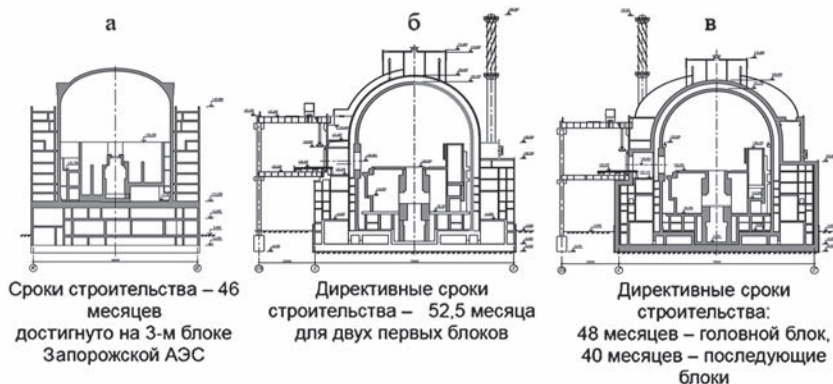
## Некоторые основные характеристики реакторных установок и систем безопасности по сериям

Характеристики	АЭС с ВВЭР-1000			АЭС-91	АЭС-2006	АЭС ВВЭР-ТОИ
	В-187	В-302	В-338			
Проектная единичная мощность установки	1 000				1 200	1 300
Система аварийного ввода бора	+	+	+	+	+	+
Система быстрого ввода бора	-	-	-	+	+	+
Аварийный запас борного раствора	+	+	+	+	+	+
Устройство локализации расплава	-	-	-	-	+	+
Применение сборно-мо- литных решений при возведении защитных стен и перекрытий	Монолитное в съёмной опалубке			Сборно- монолитное решение с плоскими панелями	Монолит- ное в съёмной опалубке	Фибро бетонные панели несъёмной опалубки
Система аварийного расхолаживания парогене- раторов	-	-	-	-	-	+
Система пассивного отвода тепла	-	-	-	-	-	+



Окончание табл. 1.1

Характеристики	АЭС с ВВЭР-1000				АЭС-91	АЭС-2006	АЭС ВВЭР-ТОИ
	В-187	В-302	В-338	В-320			
Спринклерная система	+	+	+	+	+	+	+
Герметичная оболочка	одинарная	одинарная	одинарная	одинарная	двойная	двойная	двойная
Пассивная система удаления водорода	—	—	—	—	+	+	+
Проектный срок эксплуатации, лет	20	30	30	30	30	60	60
Мощность турбоагрегата, МВт	2х500	1 000	1 000	1 000	1 000	1 200	1 300



*Рис. 1.1.* Эволюция АЭС с реакторными установками ВВЭР: компоновка реакторного отделения в поперечном разрезе и директивные сроки строительства; *а* – унифицированный проект АЭС с ВВЭР-1000 (серия В-320); *б* – проект АЭС-2006 (серия В-392М); *в* – проект АЭС ВВЭР-ТОИ (серия В-510)

Возведение энергоблоков по унифицированному (серийному) проекту позволяет перейти к поточному строительству на строительной площадке АЭС, эффективность которого подробно описана в статье «Конструктор под названием «АЭС»», опубликованной в журнале «Атомный эксперт»:

«В 1984 году в СССР практически одновременно были введены в строй первые блоки двух АЭС – Калининской и Запорожской. Возведение этих станций велось параллельно с той лишь разницей, что Калининскую начали строить в январе 1974 года, а Запорожскую – в 1977-м. При этом первый бетон в строительные конструкции реакторного отделения Запорожского первого блока был уложен в апреле 1981 года, а запустили его также в 1984-м. Иными словами, с начала строительства и до начала ввода прошло всего шесть лет. Более того, к концу того же 1984 года были закончены все строительные-монтажные работы и на втором блоке Запорожской АЭС, а также практически завершилось строительство третьего блока.

В результате срок строительства блока № 1 Калининской АЭС составил 132 месяца, тогда как на Запорожской АЭС он был сокращен почти в два раза и составил 73 месяца.

Пятый блок Запорожской АЭС был построен вообще за 38 месяцев – от первого бетона до физпуска! Если оперировать советскими статистическими данными по строительству энергоблоков с реакторами типа ВВЭР и РБМК [реактор большой мощности канальный. – Прим. авт.] на атомных электростанциях, можно сделать вывод, что на Запорожской АЭС за период с 1977 по 1984 год выполнено физических объемов работ на сооружаемых поточным методом реакторных отделениях в три раза больше, чем на Калининской АЭС. При этом практически на 40% были сокращены трудозатраты при выполнении строительно-монтажных работ на энергоблоке № 4 Запорожской АЭС по сравнению с ее блоком № 1 за счет достигнутого роста среднегодовой выработки. Надо отметить, что в Минэнерго СССР опыт организации поточного строительства с применением крупноблочного монтажа был принят за основу, для чего в середине 1980-х были откорректированы «Обязательные технологические правила строительства атомных электростанций с реакторами ВВЭР-1000». Появился фундаментальный документ – ОТП-86, в котором все эти методы сооружения АЭС с ВВЭР стали обязательными.

В период запуска строительства Запорожской АЭС на площадке были созданы необходимые объекты стройбазы, позволившие организовать возведение шести блоков поточным методом. Это полигоны изготовления и укрупнительной сборки армометаллоблоков и металлоконструкций, строительные базы тепломонтажных, электромонтажных работ, цех предмонтажных работ и площадка тяжеловесного оборудования, цех для производства химзащитных работ. Анализ дальнейшего строительства АЭС с блоками ВВЭР-1000 показал, что атомные станции, строительство которых базировалось на использовании опыта Запорожской АЭС, строились и вводились в существенно более короткие сроки, чем станции, строители которых не взяли на вооружение этот опыт» [3].

Поточная организация строительства обеспечивает специализацию подразделений при работе на повторяющихся объектах, использование специализированных механизмов, приспособлений и т. д. Эти условия создают основные предпосылки для значительного повышения производительности труда.

### **Основная терминология:**

*Подготовительный период* — календарный отрезок времени в инвестиционном цикле создания объекта, на протяжении которого выполняется комплекс мероприятий и работ с целью создания наиболее благоприятных условий для выполнения строительно-монтажных работ при возведении зданий и сооружений.

*Основной период строительства* — календарный отрезок времени в инвестиционном цикле создания объекта, в течение которого выполняются строительно-монтажные и специальные строительные работы на основных зданиях и сооружениях объекта.

*Пусконаладочные работы* (завершающий процесс строительства) — комплекс работ, выполняемых в период подготовки и проведения испытаний и комплексного опробования энергетического оборудования объекта. Пусконаладочные работы включают в себя подготовительный этап, наладочные работы, комплексное опробование оборудования под нагрузкой, оформление рабочей и приемосдаточной документации по проведенным работам.

*Очередь строительства* — разбивка предприятий на самостоятельные комплексы зданий и сооружений, осуществляемые строительством с вводом в эксплуатацию в строгой очередности и способные автономно функционировать и производить продукцию.

*Пусковой комплекс* — совокупность зданий и сооружений электростанции, обеспечивающая нормальное функционирование энергоблока в соответствии с проектом.

В подготовительный период должна быть обеспечена полная готовность комплектовочных площадок строительных комбинатов, начаты работы по созданию собственной строительно-монтажной базы. Разработка котлована главного корпуса начинается в последний год подготовительного периода вслед за планировочными работами в этом районе.

Началом основного периода строительства следует считать начало работ по фундаментной плите реакторного отделения (работы по бетонной подготовке). Началом завершающего периода строительства следует считать ввод в действие последнего энергоблока. В этот период выполняются все предусмотренные проектом строительно-монтажные работы, которые не были включены в состав работ над пусковыми комплексами энергоблоков. Их объем составляет, как правило, около 2% от общей стоимости строительно-монтажных работ.

При строительстве атомных электростанций необходимо соблюдать следующие основные принципы организации строительно-монтажных работ [4–7]:

- 1) планирование строительного производства;
- 2) своевременное обеспечение потребностей строительной площадки комплектами рабочих чертежей, строительными кадрами, материально-техническими ресурсами и техникой;
- 3) финансирование строительства и материально-техническое обеспечение в соответствии с технологическими графиками;
- 4) комплексная поставка материалов и конструкций в установленные сроки;
- 5) развертывание работ основного периода строительства на объектах промышленной площадки только после завершения или частичного завершения работ подготовительного периода;
- 6) применение поточного строительства;
- 7) строительство основных сооружений по единому технологическому графику с максимально возможным совмещением работ, предоставлении фронтов работ специализированным субподрядным организациям в строгом соответствии с графиком;
- 8) применение узлового метода при строительстве (строительство по конструктивно-технологическим узлам);
- 9) применение технологии блочного монтажа, предусматривающей использование заранее изготовленных в заводских условиях модулей строительных конструкций и оборудования;
- 10) применение технологии совмещенного монтажа, предусматривающей параллельное выполнение работ по сооружению строительных конструкций и ведению монтажных работ по установке основного технологического оборудования;
- 11) организация работы строительной техники и механизмов на основании графиков для снижения внутрисменных простоев при выполнении строительно-монтажных работ;
- 12) внедрение промышленных методов изготовления конструкций на заводах и полигонах;
- 13) максимально возможное укрупнение монтажных блоков, их оснащение на укрупнительно-сборочных и складских площадках с целью сокращения трудозатрат в зоне монтажа;
- 14) применение единых схем механизации;

15) поставка технологического оборудования и монтажной оснастки в соответствии с графиком работ;

16) опережающая поставка закладных и оборудования (по перечню) для совмещенного выполнения строительных и монтажных работ.

Нормативная продолжительность строительства может быть обеспечена только при условии готовности строительной базы к первому году основного периода строительных работ.

Сжатые сроки выполнения работ по графику требуют организации поточного строительства АЭС, при котором каждая специализированная подрядная организация или специализированный поток в составе генеральной подрядной организации выполняет определенный комплекс (этап, стадию) работ с подготовкой фронта для выполняющих следующий комплекс работ в технологическом процессе. С этой целью при строительстве энергоблоков АЭС могут быть организованы внутриобъектный и внутриплощадочный потоки [6].

Внутриобъектный поток основывается на применении технологии совмещенного монтажа и организуется с учетом повышенных требований к качеству и законченности всех видов работ, обязательных для монтажа технологического оборудования.

Внутриплощадочный поток основывается на разделении всего комплекса сооружений АЭС на группы (объекты), состав работ каждой из которых повторяется при переходе на следующий энергоблок.

Рекомендуется организация следующих специализированных потоков [4, 6]:

поток № 1 – работы нулевого цикла (котлованы, бетонная подготовка и подземные коммуникации) основных объектов промышленной площадки; работы по подземным коммуникациям должны выполняться одновременно с разработкой котлованов и сооружением подземных частей основных объектов;

поток № 2 – строительство подземных частей основных объектов (работы по устройству фундаментов основных зданий и сооружений);

поток № 3 – монтаж специальных железобетонных конструкций нижней герметичной зоны реакторных отделений, строительство обстройки и дизель-генераторных станций;

поток № 4 – крупноблочный монтаж конструкций герметичной зоны реакторных отделений. К моменту начала работ должны быть введены в эксплуатацию краны с высокой грузоподъемностью;

поток № 5 – сооружение надземных частей машинных отделений, блочных насосных станций, специального корпуса, объединенного вспомогательного корпуса и эстакады технологических трубопроводов в пределах промышленной площадки.

Бетонирование конструкций должно выполняться специализированным участком, оснащенным полным набором оборудования и приспособлений для механизированной укладки бетонной смеси.

### ***Подготовительный период строительства***

Подготовительный период состоит, как правило, из двух частей. Первая часть – это обоснование инвестиций (выбор площадки, инвестиционный проект), разработка и утверждение проектной документации, выбор генерального подрядчика. Вторая часть начинается с момента подписания договора на сооружение АЭС с генеральным подрядчиком и завершается началом общестроительных работ по возведению зданий и сооружений основного и вспомогательного производственного назначения [6].

Основной задачей подготовительного периода является [4, 6]: строительство перевалочной и пионерной баз, устройство части строительно-монтажной базы, временного жилого поселка, подъездных автомобильных и железных дорог, причалов, складов и площадок для приема строительных материалов и конструкций, внеплощадочных инженерных сетей и коммуникаций, линий связи, объектов энерго-, водо-, тепло-, газо- и воздухоснабжения, водотока и канализации, устройство инвентарных зданий бытового, административного, санитарно-бытового и складского назначения, пускорезервной котельной, обеспечивающей потребность в теплоснабжении строительной площадки, временного жилого поселка и строительно-монтажной базы.

Удельный вес стоимости внеплощадочных подготовительных работ в общей стоимости подготовительных работ, согласно ОТП-86 [4], составляет:

- по сооружению объектов электроснабжения и связи – 75%;
- по устройству подъездных железнодорожных путей – 60%;
- по устройству подъездных автомобильных дорог – 50...60%;

- по прокладке хозяйственно-питьевого водопровода, канализации, теплосетей – 20...30%;
- по строительству временных зданий и сооружений – 25...30%;
- по строительству временного жилого поселка – 13...18%.

Также в подготовительный период выполняются работы по строительству объектов технического водоснабжения (гидротехнических сооружений), относящихся к сооружениям основного производственного назначения (в соответствии с принятой схемой технического водоснабжения АЭС и генеральным планом площадки).

К работам на основной площадке строительства относят [6]: снос неиспользуемых в процессе строительства существующих зданий и сооружений; перекладку инженерных сетей; расчистку территории; организацию водостока; понижение уровня грунтовых и поверхностных вод; вертикальную планировку территории; устройство временного ограждения строительной площадки; устройство опорной геодезической сети; прокладку постоянных и временных инженерных сетей; монтаж инвентарных зданий и сооружений на строительной площадке; устройство части постоянных и временных железных и автомобильных дорог; устройство пускорезервной котельной; строительство временных электротехнических объектов, комплексов хозяйственно-питьевого, производственного и противопожарного водоснабжения; разработку котлована под градирню; разработка котлована под основные здания и сооружения первого энергоблока АЭС; строительство пожарного депо; устройство пластикового дренажа, бетонных выравнивающих подготовок и защитной гидроизоляции под здания ядерного острова.

Состав и мощность цехов строительного-монтажной базы должны определяться в проекте организации строительства таким образом, чтобы обеспечить возможность выполнения объемов строительного-монтажных работ внеплощадочного и первого года внутриплощадочного этапов подготовительного периода с учетом объемов по жилищному строительству. Выполнение работ второго года внутриплощадочного этапа подготовительного периода должно обеспечиваться цехами строительного-монтажной базы и площадками пионерной базы с последовательным вводом в действие новых предприятий (цехов) строительного-монтажной базы, состав которых устанавливается в зависимости от конкретных условий стройки.



Состав объектов строительно-монтажной базы принимается в соответствии с «Табелем временных зданий и сооружений для строительно-монтажных баз АЭС» [4] или составом строительно-монтажной базы объекта-аналога. Мощности производственных площадей определяются генеральной подрядной организацией в проекте организации строительства для каждой АЭС индивидуально, в зависимости от объемов работ по изменяемой части проекта, которые определяются с учетом местных условий строительства (наличия или отсутствия производственной базы и прочих условий инфраструктуры).

К началу фазы основного периода строительства необходимо иметь транспортную схему строительства, которая должна включать в себя проектные дороги и разработанные схемы механизации основных объектов. До устройства автомобильных и железных дорог, путей монтажных кранов должны быть уложены все магистральные сети и коммуникации или заложены гильзы под их укладку. При прокладке сетей и подземных коммуникаций необходимо учесть требования проекта производства работ на проведение земляных работ в зонах с уже проложенными сетями и коммуникациями. Вводы и выходы инженерных сетей и коммуникаций должны выполняться одновременно с завершением нулевых циклов зданий и сооружений, в соответствии с выполнением работ по отметкам, со сдачей под обратную засыпку.

### ***Основной период строительства***

Период основных строительных работ охватывает время от начала работ по фундаментной плите реакторного отделения до ввода во временную эксплуатацию полярного крана в здании реактора [6]. Продолжительность основного периода строительства АЭС определяется затратами на сооружение каждого энергоблока, при этом учитываются этапы их сооружения: основные строительные и монтажные работы, ввод энергоблока в промышленную эксплуатацию (пусконаладочные работы и физический пуск). Состав объектов основного периода строительно-монтажных работ определяется проектом АЭС. В основной период должны быть построены здания и сооружения основного производственного, подсобного и вспомогательного назначения.

В основной период строительно-монтажных работ выполняются бетонные, арматурные, опалубочные работы; монтаж строительных конструкций, монтажных блоков, тяжеловесных штатных кранов; работы по отделке помещений; комплекс тепломонтажных работ с укрупнительной сборкой и монтажом тепломеханического оборудования и технологических трубопроводов; комплекс вентиляционных работ; комплекс работ по монтажу электротехнического оборудования; антикоррозионные, теплоизоляционные и гидротехнические работы; комплекс работ по монтажу устройств автоматизации систем управления технологическим процессом.

Продолжительность основного периода строительства существенно зависит от степени готовности к первому году основного периода строительно-монтажной базы, временного жилого поселка и строительной площадки [4]. Директивный график строительства АЭС предусматривает продолжительность строительства от начала работ на главном корпусе АЭС до физического пуска первого энергоблока (пускового комплекса) 48 месяцев. Ввод последующих энергоблоков предусмотрен через 18 месяцев. Технологическая последовательность выполнения строительно-монтажных работ, предусмотренная календарно-сетевым графиком, обеспечивает опережающее предоставление фронтов работ для выполнения основных монтажных работ и обеспечивает максимальное распределение подрядных организаций [7]

Сроки строительства главного корпуса АЭС являются определяющими при расчете сроков энергетического пуска, поэтому следует все строительно-монтажные работы по вспомогательным объектам площадки вести в жесткой увязке с возведением здания реакторного отделения [6].

Возведение зданий и сооружений, не лежащих на критическом пути графика строительства АЭС, осуществляется с равномерным освоением объемов строительно-монтажных работ по годам строительства.

Технология строительно-монтажных работ на основных сооружениях АЭС (реакторное отделение, машинный зал) должна обеспечивать сохранность оборудования, установленного в проектное положение на этапе совмещения строительных и монтажных работ: емкостей, баков и другого оборудования, монтаж которого в законченных строительством помещениях невозможен.

Конец ознакомительного фрагмента.  
Приобрести книгу можно  
в интернет-магазине  
«Электронный универс»  
[e-Univers.ru](http://e-Univers.ru)