

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Емельянов Сергей Геннадьевич

Должность: ректор

Дата подписания: 14.06.2024 11:59:12

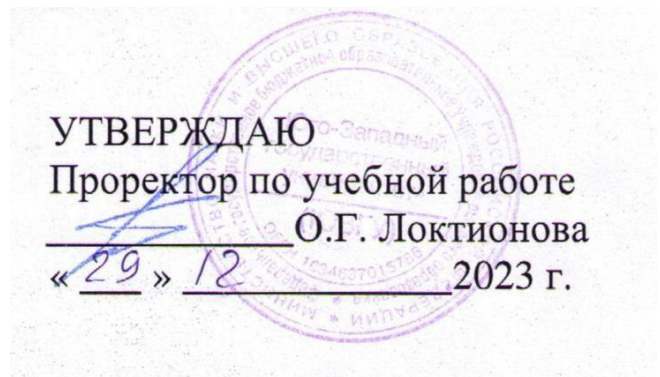
Уникальный программный ключ:

9ba7d3e34c012eba476ffd28064cf2781953bc730df2374d16f3c0ca536f0fc6

## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра уникальных зданий и сооружений



## СТРОИТЕЛЬСТВО ОБЪЕКТОВ ТЕПЛОВОЙ И АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Методические указания к практическим занятиям по дисциплине  
«Строительство объектов тепловой и атомной энергетики» для сту-  
дентов направления подготовки 08.04.01 «Строительство», направ-  
ленность (профиль) «Строительство объектов тепловой и атомной  
энергетики»

Курск 2023

УДК 624.04

Составитель: Ю.И. Гладышкина

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *Колесников А.Г.*

**Строительство объектов тепловой и атомной энергетики:**

Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Строительство объектов в тепловой и атомной энергетике» для студентов направления подготовки 08.04.01 «Строительство», направленность (профиль) «Строительство объектов тепловой и атомной энергетики»/Юго-Зап. гос. ун-т ; Ю.И. Гладышкина. - Курск, 2023. - 31 с.- Библиогр.: 31с.

В методических указаниях рассмотрены практические работы по строительству тепловой и атомной энергетике.

Методические указания предназначены для студентов направления подготовки 08.04.01 «Строительство», направленность (профиль) «Строительство объектов тепловой и атомной энергетике».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60x84 1/16.

Усл. печ. л. 1,8 . Уч.-изд.л. 1,63 . Тираж 100 экз. Заказ.

Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50лет Октября, 94.

## Введение

Строительство как одна из ведущих отраслей экономики страны присутствует во всех направлениях её развития, в том числе в энергетическом. Энергетическое строительство Российской Федерации всегда занимало и занимает лидирующие позиции, находясь на мировом уровне, поэтому подходы к организации строительства указанных объектов должны соответствовать современным требованиям.

Технология и организация возведения зданий позволяет изучить используемые в настоящее время методы и подходы к принятию организационно-технологических решений при осуществлении инвестиционно-строительной деятельности в целях обеспечения:

- промышленного производства строительной продукции (материалов, изделий, конструкций), отвечающей существующим стандартам качества;
- своевременного ввода в эксплуатацию зданий, сооружений, а также их частей;
- технологической и организационной эффективности выполнения работ по реконструкции, капитальному ремонту, техническому перевооружению и расширению производств, зданий и сооружений.

## ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

**Генеральный подрядчик** - строительная организация, которая на основании заключенного подрядного договора с заказчиком несет ответственность за своевременное и качественное выполнение всех предусмотренных договором строительных работ по данному объекту с привлечением при необходимости других организаций в качестве субподрядчиков.

**Застройщик** - юридическое лицо, обеспечивающее на принадлежащем ему земельном участке строительство, реконструкцию, капитальный ремонт объектов капитального строительства, а также выполнение инженерных изысканий, подготовку проектной документации для их строительства, реконструкции, капитального ремонта.

**Организационно технологические решения** - решения по организации технологии производства работ, принятые в технологической документации (ППР).

**Особо сложный проект производства работ (ОС ППР)** - проект производства общестроительных, монтажных, специальных работ по крупным сложным зданиям и сооружениям ОИАЭ.

**Пионерная база** - комплекс зданий и сооружений, предназначенных для обеспечения первоочередных объектов строительства необходимыми материально-техническими ресурсами до ввода в эксплуатацию объектов строительной-монтажной базы.

**Поточный метод** - метод организации строительных работ, обеспечивающий ритмичность производства работ, высокую производительность труда, равномерное завершение работ и выпуск готовой строительной продукции. Поточный метод основан на расчленении всего производственного процесса на отдельные, строго увязанные в технологической последовательности стадии работ, выполняемые одновременно на различных захватках. При этом строительные-монтажные работы ведутся равномерно и непрерывно по совмещенному графику с выпуском готовой строительной продукции через определенные промежутки времени.

**Проектная документация** - совокупность текстовых и графических проектных документов, определяющих архитектурные, функционально-технологические, конструктивные и инженерно-технические решения, состав которых необходим для оценки соответствия принятых решений заданию на проектирование, требованиям законодательства, нормативным правовым актам, документам в области стандартизации и достаточен для разработки рабочей документации для строительства.

**Рабочая документация** - совокупность текстовых и графических документов, обеспечивающих реализацию принятых в утвержденной проектной документации технических решений объекта капитального строительства, необходимых для производства строительных и монтажных работ, обеспечения строительства оборудованием, изделиями и материалами и/или изготовления строительных изделий.

**Строительство** -создание зданий, строений, сооружений (в том числе наместе сносимых объектов капитального строительства).

**Строительно-монтажные работы** -работы по строительствупроизводственных и непроизводственных объектов и монтажу (установке) в нихоборудования.

**Субподрядная организация** -специализированная строительнаяорганизация, привлекаемая генеральным подрядчиком на договорных условияхдля выполнения на строящемся объекте отдельных комплексов монтажных испециальных строительных работ.

**Технический заказчик** -юридическое лицо, уполномоченноезастройщиком заключать от имени застройщика договоры о выполненииинженерных изысканий, о подготовке проектной документации, о строительстве,реконструкции, капитальном ремонте объектов капитального строительства,подготавливать задания на выполнение указанных видов работ, предоставляетлицам, выполняющим инженерные изыскания и (или) осуществляющимподготовку проектной документации, строительство, реконструкцию,капитальный ремонт объектов капитального строительства, материалы идокументы, необходимые для выполнения указанных видов работ, подписываетдокументы, необходимые для получения разрешения на ввод объектакапитального строительства в эксплуатацию, осуществляют иные функции,предусмотренные Градостроительным кодексом Российской Федерации.

**Узловой метод** -возведение зданий и сооружений в виде конструктивной технологически обособленных узлов, связанных между собой общейтехнологической схемой производства.

**Укрупнительная сборка** - при строительстве промышленных и других-большепролетных зданий с редко расположенными (в плане) опорами ихпокрытия и другие части зданий монтируют из сборных элементов (ферм, балок,настилов, панелей), размеры которых не превышают пределов, удобных дляизготовления и перевозки. При монтаже таких конструкций в ряде случаевцелесообразно применять предварительную укрупнительную сборкуконструктивных элементов. При этом методе изделия и конструкции,доставляемые с заводов на строительную площадку, на специальнооборудованном полигоне собирают в звенья, узлы или части здания значительнойпротяженности, а затем в готовом виде поднимают краном и устанавливают впроектное положение.

**Эксплуатирующая организация** -организация, созданная всоответствии с законодательством Российской Федерации и признанная в порядкеи на условиях, установленных Правительством Российской Федерации,соответствующим органом управления использованием атомной энергиипригодной эксплуатировать ядерную установку, радиационный источник илипункт хранения и осуществлять собственными силами или с привлечением другихорганизаций деятельность по размещению, проектированию, сооружению,эксплуатации и выводу из эксплуатации ядерной установки, радиационногисточника или пункта хранения, а также деятельность по обращению с ядернымиматериалами и радиоактивными веществами. Для осуществления указан-

ных видов деятельности эксплуатирующая организация должна иметь разрешения (лицензии), выданные соответствующими органами государственного регулирования безопасности, на право ведения работ в области использования атомной энергии.

### **Сокращения**

АЭС - Атомная электростанция

АСУ ТП - Автоматизированная система управления технологическими процессами

ГИБДД - Государственная инспекция по безопасности дорожного движения

МАГАТЭ - Международное агентство по атомной энергии

ОС ППР - Особо сложный проект производства работ

ПОС - Проект организации строительства

ППР - Проект производства работ

ППГР - Проект производства геодезических работ

ППРк - Проект производства работ краном

СМР - Строительно-монтажные работы

ЯППУ - Ядерная паропроизводящая установка

## ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Организация строительства АЭС и ТЭЦ должна представлять собой систему взаимосвязанных организационных, технических и технологических решений, направленных на обеспечение ввода в эксплуатацию АЭС и ТЭЦ с необходимым качеством и в установленные сроки.

Производство работ для конкретного здания и сооружения АЭС или ТЭЦ в соответствии с технологическими правилами, требованиями к охране труда, экологической безопасности и качеству работ регламентируется ППР.

Требования к производству общестроительных, монтажных, специальных работ по крупным и сложным зданиям и сооружениям АЭС или ТЭЦ разрабатываются и утверждаются в ОС ППР.

При строительстве АЭС или ТЭЦ должны соблюдаться следующие принципы:

- планирование строительного производства;
- своевременное обеспечение строительства качественной технической и технологической документацией;
- своевременная подготовка площадки строительства к выполнению работ;
- использование быстровозводимых сборных и модульных зданий при создании временной инфраструктуры;
- обеспечение строительства энергоресурсами;
- обеспечение строительства кадрами;
- обеспечение строительства строительной техникой и механизмами, в заданные сроки и в объеме, необходимом для выполнения СМР;
- комплектная поставка материалов, конструкций и оборудования в соответствии с установленными сроками;
- применение поточного метода в подготовительном и основном периодах строительства, на основе детально разработанных проектов его организации;
- использование узлового метода (по конструктивно-технологическим узлам);
- применение, в возможных случаях, технологии блочного монтажа, предусматривающей использование заранее изготовленных в заводских условиях модулей строительных конструкций и оборудования;
- применение технологии совмещенного монтажа, предусматривающей параллельное выполнение работ по сооружению строительных конструкций и введению монтажных работ по установке основного технологического оборудования;
- снижение внутрисменных простоев при производстве СМР за счет организации работы строительной техники и механизмов на основании графиков;
- максимально-возможное укрупнение монтажных блоков, их оснащение на крупнотельно - складских площадках;

- применение единой схемы механизации работ на главных корпусах АЭС или ТЭЦ;

- опережающая поставка закладных и оборудования для совмещенного-выполнения СМР;

- использование прогрессивного оборудования и материалов, современныхавтоматизированных систем;

- рациональное управление трудовыми и материально-техническимиресурсами за счет целесообразного формирования их состава и распределения вовремени и пространстве;

- обеспечение контроля качества на протяжении всего периодастроительства.

Строительство АЭС или ТЭЦ подразделяется на два периода:

- подготовительный период;

- основной период.

Организация и координация работ на всех участках строительства АЭС или ТЭЦосуществляется генеральным подрядчиком.По согласованию с застройщиком (техническим заказчиком)генеральный подрядчик может привлекать для производства отдельных видов(комплексов) работ другие строительномонтажные организации, неся всюполноту ответственности перед застройщиком (техническим заказчиком) завыполнение всех работ по договору подряда.

В ходе строительства АЭС или ТЭЦ генеральный подрядчик должен обеспечитьисполнение принятых на себя обязательств, обязательств привлекаемыхсубподрядных организаций, строгое соблюдение работниками своей организации работниками субподрядных организаций требований проектной документации,охраны труда, пожарной безопасности и охраны окружающей среды.

Все вопросы взаимодействия организации генерального подрядчика исубподрядных организаций определяются сторонами в договоре.

Субподрядные организации по согласованию с генеральнымподрядчиком могут привлекать для выполнения работ другие строительномонтажные организации.

### **Подготовительный период строительства**

Подготовительный период состоит из двух частей. Первая часть – это обоснование инвестиций (выбор площадки, инвестиционный проект и т.д.), разработка и утверждение проектнойдокументации, выбор подрядчиков. Вторая часть начинается с моментаподписания договора с генеральным подрядчиком на сооружение изавершается началом каких-либо общестроительных работ по возведению зданийи сооружений основного и вспомогательного производственного назначения.

Продолжительность подготовительного периода определяется сроками строительства внеплощадочных сооружений, инженерных и транспортныхкоммуникаций, планировки территории, строительства временных зданий исооружений в районе строительной площадки, устройства котлованов.



Состав объектов подготовительного периода определяется проектной документацией для конкретного строительства.

К объектам подготовительного периода относятся:

- пионерная база (при необходимости);
- постоянные и временные автомобильные дороги, соединяющие строительную-монтажную базу, жилой поселок, строительную площадку и ближайшие магистральные автомобильные дороги;
- железнодорожные пути к прирельсовым складам;
- прирельсовые склады и площадки для приема строительных материалов и конструкций;
- причалы, предназначенные для приема строительных материалов и конструкций (при необходимости);
- внешние линии связи, соединенные с ближайшим узлом связи;
- внешние линии электропередач с трансформаторными подстанциями;
- водопроводные сети с заборными сооружениями;
- канализационные коллекторы с очистными сооружениями;
- жилой поселок с необходимой инфраструктурой;
- временные инженерные и технологические сети водоснабжения, электроснабжения, теплоснабжения, воздухообеспечения, газоснабжения;
- инвентарные здания, оборудованные электроосвещением, связью в зоне производства земляных работ под главный корпус АЭС или ТЭЦ;
- административные, складские, санитарно-бытовые объекты генподрядчика, субподрядных организаций по строительству и рабочие помещения проектных организаций;
- строительная-монтажная база;
- объекты противопожарного обеспечения;
- пуско-резервная котельная в объеме, обеспечивающем потребность в теплоснабжении строительной площадки, жилого поселка и строительной-монтажной базы;
- объекты автомобильного хозяйства.

В подготовительный период должно быть начато строительство объектов технического водоснабжения, относящихся к сооружениям основного производственного назначения и завершаемых в основном периоде.

#### Требования к внеплощадочным работам подготовительного периода.

В подготовительный период строительства выполняется комплекс внеплощадочных работ, которые должны быть завершены до начала основных работ.

Внеплощадочные работы при строительстве АЭС или ТЭЦ должны включать:

- строительство железнодорожных путей к прирельсовым складам;
- строительство постоянных подъездных и временных автомобильных дорог, реконструкцию существующих автомобильных дорог;
- строительство внешних линий связи и линий электропередачи трансформаторными подстанциями;

- строительство водопроводных сетей с заборными сооружениями;
- строительство канализационных коллекторов с очистными сооружениями;
- строительство пионерной базы (при необходимости);
- строительство причалов (при необходимости);
- подготовку искусственных оснований под внеплощадочные здания и сооружения, намыв территории, выторфовывание, глубинное водопонижение; устройство специального дренажа, закрепление грунтов;
- строительство жилого поселка и инфраструктуры в объеме, необходимом для начала выполнения основных СМР.
- начало строительства строительной базы.

Требования к внутриплощадочным работам подготовительного периода

Внутриплощадочные работы при строительстве АЭС или ТЭЦ должны включать:

- снос неиспользуемых в процессе строительства существующих зданий и сооружений;
- перекладку инженерных сетей;
- расчистку территории;
- сооружение нагорных канав;
- понижение уровня грунтовых и поверхностных вод;
- вертикальную планировку территории;
- устройство временного ограждения строительной площадки;
- устройство опорной геодезической сети;
- прокладку постоянных и временных инженерных сетей на территории строительной площадки в объеме, обеспечивающем ведение основных СМР;
- монтаж инвентарных зданий и сооружений для персонала генерального подрядчика и субподрядных организаций;
- устройство постоянных (используемых во время строительства) и временных железных и автомобильных дорог;
- устройство строительной базы;
- устройство подкрановых путей;
- строительство пускорезервной котельной в объеме, обеспечивающем потребность в теплоснабжении строительной базы и первоочередных объектов жилого поселка;
- строительство временных трансформаторных подстанций;
- строительство комплекса объединенной насосной станции, хозяйственно-питьевого, производственного и противопожарного водоснабжения;
- разработку котлована под градирню;
- разработка котлована под основные здания и сооружения энергоблока;
- строительство пожарного депо;
- устройство пластового дренажа, бетонных выравнивающих подготовок и защитной гидроизоляции под здания ядерного острова.

*Организация работ подготовительного периода*

Работы подготовительного периода должны быть завершены до начала работ основного периода. Очередность работ подготовительного периода определяется графиком в составе ПОС. Работы подготовительного периода выполняются в соответствии с организационно-технологическими решениями, установленными в ППР. Окончание подготовительного периода оформляется актом готовности объекта к началу строительства и соответствии выполненных внеплощадочных и внутриплощадочных работ требованиям по безопасности труда.

В подготовительном периоде следует обеспечить:

- опережающую прокладку подземных коммуникаций в зоне строительства, под транспортными коммуникациями, строительной-монтажной базой. Работы должны выполняться по окончании планировочных работ на площадке, параллельно с устройством котлованов под основные сооружения.

- опережающее устройство оснований внеплощадочных и внутриплощадочных дорог с покрытием из временных сборных железобетонных плит или другого покрытия;

- совмещенную прокладку различных видов инженерных сетей вне зон строительства объектов и под строительной-монтажной базой;

- организацию производственных и бытовых условий на строительной площадке за счет возведения мобильных (инвентарных) зданий;

- минимальный объем перегрузочных работ путем оптимизации способов доставки материально-технических ресурсов;

- строительство в подготовительном периоде постоянных зданий и использования для нужд строительства существующих зданий.

#### *Пионерная база строительства*

На этапе, когда к территории площадки не подведены железные дороги, вблизи железнодорожных станций, причалов портов может быть создана пионерная (временная) база для кратковременного хранения грузов, поступающих на станцию. Размер такой базы следует предусматривать минимальным, количество и перечень сооружений определяются местными условиями и расстоянием до площадки строительства. Основными объектами пионерной базы должны являться: площадки открытого хранения конструкций, материалов (сборный железобетон, пиломатериалы, металлопрокат и другие), административно-бытовые здания контейнерного типа, закрытые сборно-разборные склады цемента, склады лакокрасочных и других материалов.

#### *Строительство железнодорожных путей*

Железнодорожные пути прокладывают от прирельсовых складов пионерной, строительной-монтажной базы до ближайшей магистральной железной дороги.

#### *Устройство постоянных и временных автомобильных дорог*

Расположение автомобильных дорог должно соответствовать стройгенплану на подготовительный период в составе ПОС. Конструкции, протяженность и ширина автомобильных дорог принимаются согласно решениям, заложенным в ПОС. Автомобильные дороги должны соединять жилой поселок, строительную-монтажную базу и строительную площадку между собой и

смагистральными автомобильными дорогами. На территории строительной площадки (в период внутриплощадочных работ) для целей строительства прокладываются внутрипостроечные временные автомобильные дороги.

Проектируемые постоянные автодороги и временные автодороги на период вырубki зеленых насаждений, устройства вертикальной планировки и устройства котлованов устраиваются без асфальтового покрытия из сборных железобетонных плит или другого материала.

Строительство внутрипостроечных временных дорог должно быть завершено до начала работ по возведению подземной части объекта.

#### *Работы по расчистке территории*

Работы по расчистке территории должны включать:

- расчистку площадки от ненужных деревьев, кустарника, корчевку пней;
- пересадку зеленых насаждений;
- снятие плодородного слоя почвы;
- отсоединение или перенос с площадки существующих инженерных сетей.

До начала расчистки территории необходимо определить участок для отвала грунта и свалки строительного мусора. Вырубка и пересадка зеленых насаждений производится в соответствии с законодательством субъектов Российской Федерации на основании специального разрешения органов муниципального самоуправления.

#### *Геодезические работы*

В состав геодезических работ на территории строительной площадки входят:

- создание геодезической разбивочной основы;
- разбивка внутриплощадочных линейных сооружений или их частей, временных зданий (сооружений);
- создание внутренней разбивочной сети здания (сооружения) на исходном монтажном горизонте и разбивочной сети для монтажа технологического оборудования, если это предусмотрено ППР, а также производство детальных разбивочных работ;
- геодезический контроль точности геометрических параметров зданий (сооружений) и исполнительные съемки с составлением исполнительной геодезической документации.

#### *Земляные работы*

Земляные работы включают:

- работы по понижению уровня подземных вод и отводу поверхностных вод с территории строительной площадки;
- работы по вертикальной планировке территории;
- разработку выемок под котлованы отдельных зданий и сооружений АЭС или ТЭЦ, разработку траншей и зумпфов;
- разработку, уплотнение и закрепление грунта.

Разработка котлована главного корпуса осуществляется в последний год подготовительного периода, после планировочных работ. До выполнения зем-

ляных работ должны быть полностью завершены работы по расчистке территории. Использование ручного труда при выполнении земляных работ должно быть минимальным. При разработке грунта (выемки) вертикальной планировки котлованов целесообразно использовать экскаваторы «обратная лопата», с ковшом вместимостью 1,0...2,5 м<sup>3</sup> и автосамосвалы грузоподъемностью 10...17,6 т

Разработку траншей и зумпфов целесообразно выполнять малогабаритными экскаваторами «обратная лопата» с ковшом вместимостью не более 0,25 м<sup>3</sup>. Недоборы грунта целесообразно выполнять малогабаритными бульдозерами. Обратные засыпки пазух котлованов и траншей целесообразно выполнять с применением самоходных катков, в том числе малогабаритных и ручных трамбовок.

#### *Устройство временных инженерных и технологических сетей*

Временные инженерные и технологические сети устраиваются в целях водоснабжения, электроснабжения, теплоснабжения, пароснабжения телефонизации и радиофикации строительства АЭС или ТЭЦ. Устройство сетей водоснабжения, канализации, прокладке теплотрассы, кабельных линий связи, сетей временного электроснабжения, воздухооборудования осуществляется в соответствии с проектом и с соблюдением СП 18.13330, СП 61.13330.

Водоснабжение строительства должно обеспечивать производственные, хозяйственно-бытовые и противопожарные нужды. Сети противопожарного водопровода должны быть проложены в подготовительный период до устройства временных дорог, проездов, площадок складирования.

Временное теплоснабжение на строительной площадке осуществляется согласно проекту и должно обеспечивать: тепло-технологические процессы (подогрев воды и заполнителей на бетонно-растворных узлах, отопление тепляков, прогрев бетона, оттаивание грунта и другие), отопление и сушку строящихся объектов; отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение временных санитарно-бытовых и административно-хозяйственных зданий. В целях теплоснабжения строительства в подготовительный период возможно использование передвижных котельных установок. В основном периоде для теплоснабжения строительной площадки, строительной монтажной базы и жилого поселка, если иное не предусмотрено проектом, должна использоваться пускорезервная котельная.

Запитка строительной площадки электроэнергией осуществляется от высоковольтной линии в соответствии с техническими условиями. Для освещения строительной площадки в вечернее и ночное время, если иное не предусмотрено проектом, применяются прожектора с галогенными лампами мощностью по 1,5 кВт, установленными на металлических мачтах высотой 22,8 м. Для освещения рабочих мест, если иное не предусмотрено проектом, применяется система общего освещения, которая выполняется светильниками с лампами накаливания и люминесцентными. В дополнении к общему равномерному освещению предусматривается устройство местного освещения на напряжение 220 В. Используются также переносные светильники.

Расстановка источников света производится с учетом особенностей планировки освещаемой территории и назначением отдельных участков производства работ. Решения и мероприятия по созданию сети связи на период строительства предусматриваются проектом.

*Прокладка кабельных линий связи осуществляется от ближайшего узла телефонной связи.*

Снабжение строительства сжатым воздухом целесообразно осуществлять от передвижных компрессорных установок. Подача сжатого воздуха потребителям на рабочие места осуществляется при помощи временной трубопроводной разводки.

В целях газоснабжения прокладываются инженерные сети специального назначения (кислородопроводы, ацетиленопроводы). Целесообразно предусматривать централизованное снабжение всех строительно-монтажных организаций кислородом, пропан-бутаном, аргоном. Поставляемые газы должны храниться на объектах централизованного газового хозяйства строительства. Для удобства обслуживания объекты газового хозяйства лучше всего располагать группировано в одном месте, оснащенном дорогами для подъезда автотранспорта, как можно ближе к территории сооружаемых объектов АЭС или ТЭЦ строительно-монтажной базы. Поставка технологических газов от объектов газового хозяйства до потребителей производится автотранспортом в баллонах, где они устанавливаются в перепускные рампы, снабжающие рабочие места через временную трубопроводную разводку. Перечень объектов газового хозяйства определяется проектом и уточняется при разработке рабочей документации.

#### *Строительно-монтажная база*

Состав, мощность и характеристики зданий и сооружений строительно-монтажной базы определяются в проектной документации.

Объекты строительно-монтажной базы должны обеспечивать возможность выполнения, как правило, следующих работ:

- входной контроль, хранение поступающих строительных материалов, изделий и конструкций, технологического оборудования;
- изготовление доборных изделий и конструкций;
- расконсервация, ревизия, контрольная сборка и агрегирование технологического оборудования;
- укрупнение и подготовка к монтажу строительных конструкций;
- текущее обслуживание и ремонт строительно-монтажных машин, механизмов, средств малой механизации и монтажных приспособлений;
- лабораторные испытания материалов, изделий, технологического оборудования, первичная и периодическая поверка (калибровка) средств измерений, используемых при строительстве (в состав лабораторий включается хранилище радиационных изотопных элементов/источников, применяемых в лабораторном оборудовании для всех участников);
- снабжение стройплощадки и объектов базы электроэнергией, сжатым воздухом, а так же технологическими и защитными газами;

- обеспечение перемещения конструкций, оборудования, материалов и пр., между объектами строительной базы и строительной площадки при помощи железнодорожного и автомобильного транспорта;

- бытовое обслуживание работающего персонала.

Объекты строительной базы должны располагаться вблизи основных зданий и сооружений АЭС или ТЭЦ и использоваться для их возведения. Строительная база должна быть мобильной, состоящей из зданий и сооружений максимальной заводской готовности в комплектно-блочном исполнении.

Строительная база должна иметь собственные временные инженерные сети, удобное сообщение с автомобильной и железной дорогой, водным транспортом и строительной площадкой. Компонировка строительной базы, строительной площадки их взаимное расположение, транспортные коммуникации должны обеспечить возможность последовательного ввода в эксплуатацию первых энергоблоков при продолжающемся строительстве последующих.

На строительной базе должны быть организованы:

- комплекс генподрядчика;
- комплекс общестроительных организаций;
- комплекс тепломонтажных организаций;
- комплекс электромонтажных организаций;
- комплекс химмонтажных организаций;
- база главного механика и главного энергетика;
- база автохозяйства с участком механизации;
- сооружения общего назначения;
- городок для временного проживания строительного персонала;
- объекты базы дирекции.

#### *Устройство подкрановых путей*

Устройство и эксплуатация подкрановых путей должны осуществляться на основании ППРк в соответствии с ГОСТ Р 51-248. Перед устройством полотна подкрановых путей должны быть закончены все земляные работы и сделаны вводы водопровода, канализации, газа и других коммуникаций. Площадка должна быть спланирована и обеспечен отвод ливневых вод.

#### **Основной период строительства**

Началом основного периода строительства АЭС или ТЭЦ следует считать начало работ по бетонной подготовке. Продолжительность основного периода строительства АЭС или ТЭЦ определяется временными затратами на сооружение каждого энергоблока, при этом учитываются этапы сооружения энергоблоков: основных строительных работ, основных монтажных работ, ввода энергоблока в промышленную эксплуатацию.

Объекты основного периода относятся к неизменяемой части проекта. В основной период должны быть построены:

- здания и сооружения основного производственного назначения;
- подсобно-производственные здания и сооружения;

- вспомогательные здания и сооружения.

*Очередность и технологическая последовательность работ при строительстве основных зданий и сооружений АЭС или ТЭЦ*

Организационно-технологические схемы возведения зданий и сооружений АЭС или ТЭЦ и решения по очередности и технологической последовательности работ при их возведении или их отдельных элементов устанавливаются в ПОС. Строительство основных зданий и сооружений АЭС или ТЭЦ в составе пускового комплекса осуществляется в соответствии с комплексным укрупненным сетевым графиком. Строительно-монтажные работы выполняются в последовательности и в сроки, определенные локальным графиком производства работ.

При строительстве основных зданий и сооружений должно обеспечиваться максимальное совмещение работ, предоставление фронтов работ специализированным субподрядным организациям в установленные сроки.

Состав объектов пускового комплекса определяется ПОС. В пусковой комплекс энергоблока включаются объекты, обеспечивающие его надежную, безаварийную работу и проектную выдачу мощности.

Период строительства каждого энергоблока состоит из трех этапов:

- этап основных строительных работ;
- этап основных монтажных работ;
- этап ввода блока в промышленную эксплуатацию.

Строительство зданий и сооружений, сроки сооружения которых, не определяют длину критического пути, производится в технологической последовательности строительно-монтажных работ при равномерном их распределении по годам строительства. Предусмотренная графиками технологическая последовательность и интенсивность выполнения строительно-монтажных работ должны обеспечивать нормативную продолжительность возведения сооружений энергоблоков и равномерное предоставление работ монтажным организациям.

*Организация поточного строительства энергоблоков АЭС и ТЭЦ*

При поточном строительстве специализированное подразделение, выполняя определенный комплекс (этап, стадию) работ, готовит фронт для следующего подразделения, выполняющего другой комплекс работ, следующий в технологическом процессе.

При строительстве энергоблоков АЭС или ТЭЦ могут быть организованы внутриобъектный и внутриплощадочный потоки. Внутриобъектный поток основывается на применении технологии совмещенного монтажа и организуется с учетом повышенных требований к качеству и законченности всех видов работ, а также к чистоте, в условиях которой должно монтироваться технологическое оборудование. При организации внутриобъектного потока должна быть создана система работ по стадиям, подлежащая строгому соблюдению. Стадии готовности строительных работ должны быть увязаны с этапами монтажных работ. Внутриплощадочный поток основывается на разделении всего комплекса сооружений АЭС или ТЭЦ на группы (объекты), состав работ каждой из которых повторяется при переходе на очередной энергоблок.



Основными условиями применения поточного метода при возведении энергоблоков являются:

- своевременная подготовка строительства и обеспечение ввода в эксплуатацию объектов, обеспечивающих необходимые условия для начала работ по сооружению энергоблока;
- опережающая готовность инженерных сетей и коммуникаций площадкостроительства;
- своевременное выполнение необходимого объема СМР по заделочным блокам;
- строгое выполнение графика сдачи помещений субподрядным организациям и предоставление им фронтов работ в соответствии с запланированными в графике сроками;
- своевременное обеспечение работ необходимыми средствами механизации, в том числе большегрузными строительными кранами;
- своевременная поставка основного технологического оборудования, закладных частей, трубопроводов, металлоконструкций;
- обеспечение финансирования в соответствии с запланированными сроками.

#### *Организация работ основного периода*

В основном периоде выполняются:

- комплекс строительно-монтажных работ: бетонные, арматурные, опалубочные работы, монтаж строительных конструкций, монтажных блоков, тяжеловесных штатных кранов, работы по отделке помещений и т.д.;
- комплекс тепломонтажных работ, включающих: укрупнительную сборку и монтаж тепломеханического оборудования и технологических трубопроводов;
- комплекс вентиляционных работ, включающих: изготовление воздуховодов и конструкций, сборку технологических блоков, укрупнительную сборку оборудования, монтаж;
- комплекс работ по монтажу электротехнического оборудования;
- антикоррозийные работы;
- теплоизоляционные работы;
- гидротехнические работы;
- комплекс работ по монтажу устройств АСУ ТП.

Работы основного периода должны выполняться на основании разрабатываемых в составе ППР технологических карт, включающих расчетно-пояснительную записку и графическую часть.

В ППР должны быть проработаны прогрессивные методы и способы выполнения работ основного периода, технологические приемы, оборудование и оснастка. Производство работ основного периода должно вестись в соответствии с программами обеспечения качества и соответствовать требованиям федеральных норм и правил по безопасности в области использования атомной энергии и т.д.

Программы обеспечения качества должны быть разработаны и осуществлены всеми организациями, привлеченными для выполнения работ, влияющих на ядерную и радиационную безопасность.

Потребность в основных строительных машинах, механизмах и оборудовании для производства работ определяется на основании проектных проработок схем механизации и производительности оборудования.

#### *Строительно-монтажные работы*

Для обеспечения своевременного разворота строительно-монтажных работ по строительству зданий и сооружений АЭС или ТЭЦ необходимо:

- организовать перспективное планирование и четкое управление строительным процессом;
- создать на строительной площадке постоянно действующие специализированные подразделения, оснащенные современным строительно-монтажным оборудованием и инструментом;
- обеспечить функционирование в полном объеме всей инфраструктуры строительно-монтажной базы, в том числе бетонно-растворного и арматурного хозяйства, участка по изготовлению металлических спецконструкций и закладных частей;
- обеспечить своевременную поставку конструкций и материалов, согласно графику работ;
- завершить прокладку коммуникаций для своевременного ввода в эксплуатацию строительных кранов на главном корпусе и обеспечения подачи строительных конструкций и оборудования с укрупнительных складских площадок в зону монтажа;
- применять прогрессивные технологии укладки монолитного бетона, направленные на уменьшение трудоемкости бетоноукладочных работ;
- использовать современное крановое и бетоноукладочное оборудование;
- обеспечить поступление материалов, конструкций и изделий заводского изготовления на строительную площадку в строгом соответствии с заданными сроками;
- обеспечить организацию входного контроля материалов, конструкций и изделий, применяемых при производстве работ основного периода.

#### *Бетонные работы*

Схема бетонирования определяется проектной документацией. При производстве работ следует обеспечить сокращение машинного времени строительной техники, занятой на укладке бетонной смеси, и уменьшение трудоемкости бетонных работ. При бетонировании фундаментных плит, стен, перекрытий, ограждающих конструкций основных зданий и сооружений АЭС или ТЭЦ в целях освобождения строительных кранов для более рационального использования на монтажных работах и обеспечения интенсивности укладки бетонной смеси следует использовать бетононасосное оборудование, которое включает: стационарные бетононасосы большой мощности, автобетононасосы, бетоноукладочные распределительные стрелы.

#### *Арматурные работы*

Решения по армированию конструкций зданий и сооружений, соединению арматурных стержней устанавливаются проектной документацией. Последовательность установки отдельных элементов арматуры, способы их подачи и соединения прорабатываются в ППР. При транспортировке и хранении арматурная сталь должна быть защищена от механических повреждений и коррозии. В целях быстрой и качественной связки арматуры диаметром от 6 до 39 мм целесообразно применять ручные автоматические инструменты – пистолеты.

#### *Опалубочные работы*

Решения по типам опалубки, применяемые для тех или иных конструкций сооружений, общие указания по установке, контролю качества опалубочных работ, методы контроля устанавливаются ПОС. Выбор конструкции опалубочных систем, размеры и раскладка щитов определяются при разработке ППР. Необходимо использовать прогрессивные опалубочные системы.

#### *Тепломонтажные работы*

Производство тепломонтажных работ должно выполняться специализированной организацией, укомплектованной специалистами соответствующей квалификации и подготовки, аттестованными и имеющими допуск к работе сварщиками, наладчиками сварного оборудования, лабораторией контроля качества. Организация должна иметь необходимое оборудование для производства слесарно-сборочных и сварочных работ

Монтаж оборудования и трубопроводов АЭС или ТЭЦ 1, 2 и 3 классов безопасности может быть начат после проведения целевой инспекции территориального органа Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору, осуществляемой по запросу эксплуатирующей организации.

До начала работ по монтажу необходимо:

- обеспечить функционирование строительно-монтажной базы, в том числе устроить площадку тяжеловесов, укрупнительно-сборочную и складскую площадку, цех предмонтажных работ с теплым складом, предусмотрев приспособления и стенды для сварки элементов, установки для плазменной дуговой резки и термообработки, а также газовое хозяйство, электроснабжение, снабжение сжатым воздухом.

- устроить подъездные автомобильные и железнодорожные пути для подачи

оборудования в монтажную зону и подготовить автомобильный и железнодорожный транспорт, в том числе для перевозки крупногабаритного и тяжеловесного оборудования.

- согласовать графики ведения строительно-монтажных работ и сдачи помещений под монтаж;

- разработать технические условия на поставку оборудования и трубопроводов максимальной заводской готовности;

- утвердить графики поставки оборудования, трубопроводов, металлоконструкций и т.д. и согласовать их с графиками монтажа;

- организовать рациональную схему грузопотока оборудования при его размещении во временных сооружениях для подготовки к монтажу;

- проработать и определить организацию транспортировки оборудования к месту монтажа;
- выбрать рациональную схему механизации строительно-монтажных работ, обеспечивающую эффективную расстановку и размещение грузоподъемных механизмов и такелажных средств;
- выполнить мероприятия по охране труда, противопожарной безопасности и производственной санитарии;
- провести укомплектование монтажных организаций подъемно-транспортным оборудованием, монтажными и такелажными механизмами и оснасткой, приспособлениями и инструментом;
- осуществить поставку оборудования, конструкций и материалов в необходимом объеме, предусмотренном ППР (порядок и условия хранения должны отвечать требованиям технических условий или инструкций заводов-изготовителей);
- организовать временную вентиляцию рабочих мест;
- проложить временные разводящие сети и устройства для подачи электроэнергии, технологических и защитных газов, сжатого воздуха, при необходимости воды;
- выполнить электрическое освещение в зоне сборки и монтажа оборудования;
- подготовить оборудование для контроля качества сварки и сборки.

Для начала работ по монтажу должны быть выполнены в необходимом объеме строительные части зданий и сооружений, монтажные проемы, закладные детали, фундаменты под оборудование, произведена приемка помещений в соответствии с ППР и этапом монтажа

Работы по монтажу вентиляционного оборудования выполняются специализированной монтажной организацией, специалистами, обладающими соответствующей квалификацией и подготовкой. Часть работ по подготовке к монтажу вентиляционного оборудования не требующие особых условий (отсутствие пыли, сквозняков, осадков, положительной температуры окружающего воздуха) могут выполняться на открытой площадке складирования и укрупнительной сборки воздуховодов. Работы по подготовке вентиляционного оборудования к монтажу, которые невозможно выполнить на открытой площадке складирования и укрупнительной сборки воздуховодов, необходимо выполнять в помещениях цеха перед монтажными работами.

До начала работ по монтажу вентиляционного оборудования необходимо:

- обеспечить функционирование соответствующего блока строительно-монтажной базы;
- подготовить грузоподъемные и транспортные средства, устройства для монтажа и индивидуального испытания оборудования и трубопроводов, инвентарные производственные и санитарно-бытовые здания и сооружения;
- выполнить предусмотренные нормами и правилами мероприятия по охране труда, противопожарной безопасности и охране окружающей среды.

При подготовке к монтажу должны быть осуществлены:

- приемка оборудования, изделий и материалов с сопроводительной документацией в соответствии с ГОСТ 24444, сборочными чертежами воздуховодов, опор и подвесок и документами, удостоверяющими их качество, сертификатами на материалы предприятий поставщиков;
- приемка производственных зданий, сооружений и фундаментов под монтаж оборудования и воздуховодов;
- изготовление воздуховодов и конструкций;
- сборка технологических блоков, укрупнительная сборка оборудования;
- доставка оборудования, воздуховодов и конструкций в рабочую зону.

Приемка объекта строительства (захватки) к монтажу вентиляционного оборудования оформляется актом. При приемке монтажной организации должна быть передана исполнительная схема расположения фундаментных болтов, закладных и других деталей крепления оборудования и воздуховодов.

При монтаже вентиляционных систем должны строго соблюдаться правила пожарной безопасности.

#### *Работы по монтажу электротехнического оборудования*

Работы по монтажу электротехнического оборудования выполняются специализированной монтажной организацией, специалистами, обладающими соответствующей квалификацией и подготовкой. Электрооборудование, приборы, аппаратура, материалы и изделия, поступающие в монтаж, должны проходить входной контроль.

До начала электромонтажных работ необходимо:

- ввести в эксплуатацию приобъектную производственную базу для подготовки электромонтажных работ;
- выполнить в необходимом объеме строительную часть зданий и сооружений;
- выполнить автодороги и подъездные пути к зданиям и сооружениям для доставки оборудования, материалов и изделий со складов хранения в монтажную зону;
- разработать локальные графики производства монтажных работ с сроками ввода в эксплуатацию технологических и электротехнических систем по зданиям и сооружениям АЭС или ТЭЦ.
- образовать монтажные подразделения;
- организовать временные площадки для временного складирования оборудования, материалов, изделий, технологического монтажного оборудования, а также для хранения контейнеров с отходами.
- осуществить приемку объектов под монтаж;
- осуществить приемку в монтаж электрооборудования, кабельной продукции и других материалов и изделий.

Сдача строительной части под монтаж электрооборудования осуществляется поярусно. К началу производства электромонтажных работ должны быть выполнены следующие мероприятия:

- разработана транспортная схема подачи электрооборудования;

- сооружены с учетом требований ППР и сданы по акту фундаменты и опорные конструкции под монтаж электрооборудования;
- смонтированы монорельсы штатной механизации ремонтных работ, системы временного электро-газоснабжения, временного (или постоянного) освещения, временной вентиляции, водоснабжения и канализации;
- выполнены противопожарные мероприятия и мероприятия по охране труда.

#### *Антикоррозионные работы*

Антикоррозионные работы по защите строительных конструкций и оборудования должны включать: лакокрасочные, металлизационные и облицовочные работы.

Перед началом работ по антикоррозионной обработке должны быть выполнены все предшествующие строительно-монтажные работы на участках нанесения защитных покрытий. Принятие поверхностей, подлежащих антикоррозионной защите осуществляется по акту.

#### *Теплоизоляционные работы*

Производство теплоизоляционных работ следует выполнять по ППР и технологическим картам. В ППР должен быть предусмотрен комплекс мероприятий по организации и механизации производственных процессов и созданию необходимых условий труда бригадам изолировщиков.

### **Требования по охране окружающей среды**

Условия выполнения в процессе строительства требований законодательства по охране окружающей среды устанавливаются ПОС и ППР. Для предотвращения воздействия на окружающую среду вредных факторов, при выполнении работ и эксплуатации строительной базы необходимо:

- производить рекультивацию временно используемых территорий, трасс временных автодорог и подъездных путей прокладывать с учётом требований по предотвращению повреждений сельскохозяйственных угодий, древесно-кустарниковой растительности и животного мира;
- предусматривать опережающее строительство временных автодорог с твердым покрытием, организовывать полив автодорог в сухое время года;
- производить отвалы грунта, а также складирование строительного мусора и отходов производства строго на отведённых для этого территориях;
- погрузку, перевозку и хранение сыпучих пылящих материалов (цемент, песок т.п.) производить с использованием специальных средств и закрытых ёмкостей;
- не допускать закапывания бракованных конструкций;
- не допускать сжигание отходов во избежание загрязнения воздушного пространства;
- предусматривать на дымящих трубах установку специальных фильтров;
- регулировать двигатели строительных механизмов и автотранспортных средств с целью уменьшения токсичности выхлопных газов, в соответствии с требованиями ГИБДД;

- устраивать для технических стоков воды систему оборотного водоснабжения с не фильтрующими ловушками и отстойниками;
- для технических нужд строительства использовать преимущественно электроэнергию, взамен твёрдого или жидкого топлива.

### **Требования по охране труда**

Условия выполнения в процессе строительства требований законодательства по охране труда устанавливаются ПОС и ППР

В соответствии с действующим трудовым законодательством Российской Федерации обязанности по обеспечению безопасных условий охраны труда возлагаются на работодателя. В строительно-монтажных организациях должно быть организовано проведение проверок, контроля и оценки состояния охраны и условий безопасности труда в соответствии с уровнями и формами контроля.

Ответственность за соблюдение требований безопасности при эксплуатации машин возлагается:

- за техническое состояние строительных машин – на организацию, на балансе которой они находятся, а при передаче их в аренду – на организацию, определенную договором;
- за обеспечение требований безопасного производства работ – на организации, выполняющие работы.

При производстве работ с привлечением субподрядчиков, генеральный подрядчик обязан:

- разработать совместно с субподрядчиками график выполнения совмещенных работ, обеспечивающих безопасные условия труда, обязательный для всех организаций и лиц на данной территории;
- выполнять запланированные за ним мероприятия и координировать действия субподрядчиков в этой части;
- при заключении договоров подряда предусматривать взаимную ответственность сторон за выполнение мероприятий по обеспечению безопасных условий труда.

Перед началом работ в местах, где имеется или может возникнуть производственная опасность, ответственному исполнителю работ должен быть выдан наряд-допуск на производство работ повышенной опасности.

Все работники строительно-монтажных организаций должны быть обеспечены спецодеждой, спецобувью и другими средствами индивидуальной защиты. Все лица, находящиеся на строительной площадке, обязаны носить защитные каски и иметь при себе специальные удостоверения о проверке знаний и допуске к работам с указанием видов. Выдача, хранение и пользование спецодеждой, спецобувью и другими средствами индивидуальной защиты должны осуществляться в соответствии с действующими нормами и инструкциями.

Все работники занятые на строительстве объекта, должны быть обеспечены санитарно-бытовыми помещениями (гардеробными, сушилками для одежды и обуви, душевыми, помещениями для приема пищи, отдыха и обогрева) в соответствии с действующими нормами. Подготовка к эксплуатации санитарно-бытовых помещений и устройств должна быть закончена до начала основных

строительно-монтажных работ. Все работающие на строительной площадке должны быть обеспечены питьевой водой.

Руководители строительно-монтажных организаций (ответственные лица) обязаны обеспечить на строительной площадке и рабочих местах условия для выполнения рабочими требований правил по охране труда.

При возникновении угрозы безопасности, ответственное лицо обязано прекратить работы и принять меры по устранению опасности, а при необходимости обеспечить эвакуацию людей.

Ответственные за обеспечение охраны труда лица не реже одного раза в три года должны проходить проверку знаний правил охраны труда и производственной санитарии. Перед допуском к работе вновь привлекаемых рабочих, руководитель организации (ответственное лицо) обязан обеспечить их обучение и проведение инструктажа по охране труда. Повторный инструктаж по охране труда необходимо проводить для всех рабочих не реже одного раза в шесть месяцев. В ППР должны быть предусмотрены мероприятия по безопасности труда.



## ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ

### Задание 1

Изучение технологического процесса и основного оборудования ТЭС и АЭС

Темы докладов:

1. Устройство и работа современной ТЭС (ПСУ, рассмотреть различные виды топлива: природный газ, мазут, уголь).
2. Типы энергетических котлов, схемы генерации пара в них.
3. Устройство и работа паровых турбин ТЭС и АЭС.
4. Устройство и работа современной ПГУ ТЭС.
5. Электростанции на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ).
6. Устройство и работа АЭС с водо-водяным реактором.
7. Устройство и работа АЭС с реактором на быстрых нейтронах.
8. Типы ядерных реакторов и их устройство.
9. Назначение и конструкция парогенератора на АЭС.
10. Принцип работы и конструкции современных конденсаторов.

Требования к отчету:

Отчет выполняется в форме реферата. Реферат (лат. *refere* - докладывать, сообщать) представляет собой обзор литературы по какой-либо проблеме (изложение содержания работ, книг, статей, с обозначением позиций их авторов по соответствующим вопросам). Автор реферата анализирует современное состояние вопроса, при необходимости сопоставляет позиции авторов. Структура пояснительной записки реферата включает всебя:

- титульный лист;
- содержание;
- введение;
- основная часть (текст, соответствующий пунктам содержания);
- выводы по каждому пункту содержания;
- заключение;
- список использованных источников;
- приложения.

Во «Введении» необходимо раскрыть актуальность темы, а также цель работы и задачи, решаемые в работе (в объеме около 1 страницы).

В «Заключении» должны быть сформулированы основные выводы, полученные в результате выполнения исследовательской работы, возможные рекомендации.

После заключения оформляется список использованной литературы, содержащий не менее 5 наименований изданий, цитируемых автором работы, включая законодательно-правовые акты РФ, регулирующие отношения, возникающие в рамках рассматриваемой деятельности.

В «Приложении» помещаются копии документов, иллюстрирующих данную работу, большие таблицы. Они носят вспомогательный характер. Приложе-

ния оформляются как продолжение работы после списка литературы и располагаются в порядке появления ссылок в тексте.

Одним из основных требований к реферату, выполняемому по технической тематике, является наличие в нем достаточного количества иллюстраций (схем, чертежей, графиков и пр.) и таблиц.

Не менее важным и обязательным является требование о необходимости ссылок на используемую литературу в тексте реферата. При ссылке в тексте на использованные источники следует приводить порядковые номера по списку использованных источников, заключенные в квадратные скобки, например: «... как указано в монографии [1]»; «... в работах [5 – 7]».

Отчет в форме реферата (20-30 страниц А4) сдается на проверку преподавателю. После допуска к защите создается презентация (Microsoft PowerPoint или др.) для доклада перед преподавателем и студентами группы на занятии. Доклад должен быть составлен по существу заявленной темы и рассчитан на 5-7 минут.

### ***Задание № 2***

Выбор площадки для размещения ТЭС и АЭС.

С использованием картографических материалов Google, Yandex и т.п. на территории РФ (или СНГ) выбрать площадку для строительства новой ТЭС (или АЭС). Форма площадки в плане – прямоугольник со сторонами 2 x 1 км. Площадка должна находиться на удалении не более 10-15 км от крупного населенного пункта численностью жителей не менее 100 тыс. чел.

Расположение и географическая ориентация площадки, ее рельеф, приближение к основным объектам инженерной инфраструктуры (железные и автомобильные дороги, источники топливоснабжения и техводоснабжения), должны максимально отвечать требованиям и учитывать требования по минимизации воздействия на окружающую природную среду, сельскохозяйственные объекты и близрасположенные населенные пункты.

Отчет по заданию должен содержать:

- Выкопировку из карты и снимка со спутника с обозначением контуров площадки, охватывающую территорию в радиусе 15 км от ее центра;
- Описание ландшафта и рельефа территории, назначения и ценности земель, отводимых под площадку;
- Описание климатических условий и ветрового режима района расположения площадки;
- Расстояние до ближайших населенных пунктов и объектов инженерной инфраструктуры (железные и автомобильные дороги, источники топливоснабжения и техводоснабжения, аэродромов, портов и т.п.).

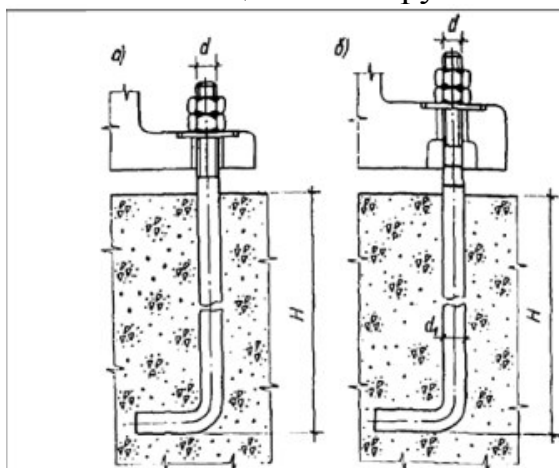
Объем отчета – 5-7 стр текста шрифтом 12 с графическими материалами.

### ***Задание № 3***

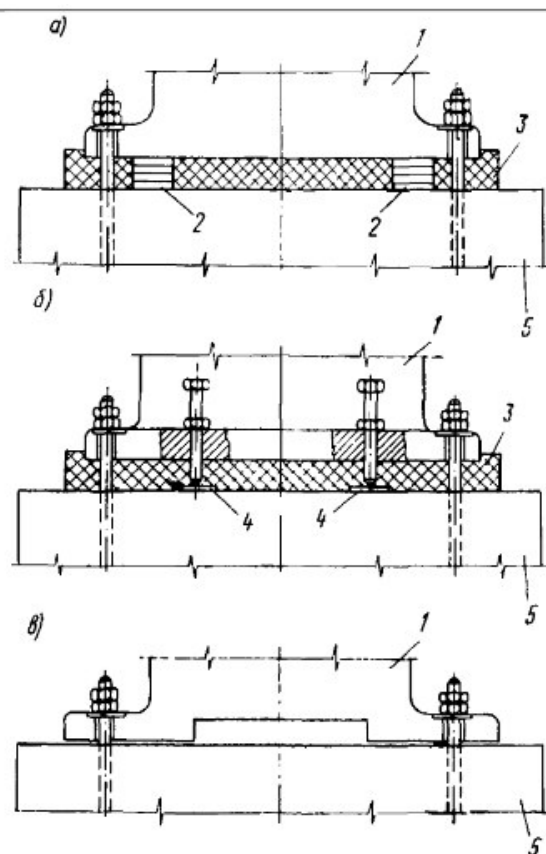
Расчет фундаментных болтов

Определить диаметр фундаментных болтов и глубину их заделки в бетонфундаменте при следующих исходных данных:

- Тип фундаментного болта;
- Расчетная динамическая нагрузка, приходящаяся на наиболее нагруженный болт;
- Сталь шпилек болтов;
- Марка бетона фундаментов;
- Способ опирания оборудования на фундамент (вид стыка);
- Характер нагрузок (статические, динамические);
- Число циклов нагружения.



**Рис. 1** Фундаментные болты с отгибом: а) – с резьбой диаметром от М10 до М48 (тип. 1); б) – с резьбой диаметром от М56 до М125 (тип. 2)



**Рис. 2** Конструкции стыков фундамент-оборудование:  
 а) – с опиранием оборудования на металлические пакеты (вид 1);  
 б) – с опиранием на бетонную подливку при бесподкладочном методе монтажа оборудования (вид 2);  
 в) – с опиранием оборудования непосредственно на фундамент (вид 3)  
 1 – оборудование; 2 – металлические пакеты; 3 – бетонная подливка; 4 – регулировочные (установочные) болты; 5 – фундамент

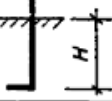
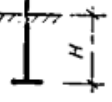
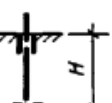
**Исходные данные**

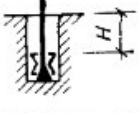
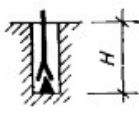
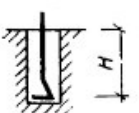
Наим.	Обozn.	Ед. изм.	Знач.										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Вариант													
Тип фундаментного болта	-	-	с отгибом (тип 1)	с отгибом (тип 1)	с отгибом (тип 1)	с отгибом (тип 1)	с отгибом (тип 1)	с отгибом (тип 1)	с отгибом (тип 1)	с отгибом (тип 1)	с отгибом (тип 1)	с отгибом (тип 1)	с отгибом (тип 1)
Расчетная динамическая нагрузка, приходящаяся на наиболее нагруженный болт	P	тс	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	
Сталь шпилек болтов	-	-	ВСтЗпс6	ВСтЗпс6	ВСтЗпс6	ВСтЗпс6	ВСтЗпс6	ВСтЗпс6	ВСтЗпс6	ВСтЗпс6	ВСтЗпс6	ВСтЗпс6	
Расчетное сопротивление растяжению	$R_p^a$	кгс/см <sup>2</sup>	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	
Марка бетона фундаментов	-	-	M150	M150	M150	M150	M150	M150	M150	M150	M150	M150	
Способ опирания оборудования на фундамент	-	-	Вид 1	Вид 3	Вид 2	Вид 1	Вид 3	Вид 2	Вид 3	Вид 1	Вид 2	Вид 3	
Характер нагрузок	-	-	Дин.	Дин.	Дин.	Дин.	Дин.	Дин.	Дин.	Стат.	Дин.	Дин.	
Число циклов нагружения	-	-	5*10 <sup>6</sup> и более	0,05*10 <sup>6</sup>	0,05*10 <sup>6</sup>	2*10 <sup>6</sup>	0,8*10 <sup>6</sup>	0,2*10 <sup>6</sup>	2*10 <sup>6</sup>	-	2*10 <sup>6</sup>	5*10 <sup>6</sup> и более	

**Методика расчета**

1. По табл. 1 для данного болта и способа опирания оборудования определяется коэффициент нагрузки ( $\chi$ ), коэффициент стабильности затяжки ( $k_{ст}$ ) и установочная минимальная глубина заделки болтов (H).

Таблица 1. Глубина заделки болтов в фундаменты H для шпилек из стали с расчетным сопротивлением растяжению  $R_p^a = 1400$  кгс/см<sup>2</sup> и марки бетона фундамента M150 с расчетным сопротивлением растяжению  $R_p = 6,3$  кгс/см<sup>2</sup>.

Способ установки болтов	Наименование болтов	Тип болтов	Эскиз болта	Установочные параметры			Расчетные параметры					
				глубина заделки болтов	расстояние между осями болтов	расстояние от оси крайних болтов до границ фундамента	коэффициент нагрузки, $\chi$			коэффициент стабильности затяжки, $k_{ст}$		
							1	2	3	1	2	3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Непосредственно в массиве фундамента	С отгибом	1 и 2		25 d	6 d	4 d	0,55	0,45	0,5	$\frac{1,5}{2}$	$\frac{1,3}{1,8}$	$\frac{1,4}{1,9}$
	С анкерной плитой	3 и 4		15 d	10 d	6 d	0,55	0,45	0,5	$\frac{1,5}{1,9}$	$\frac{1,3}{1,7}$	$\frac{1,4}{1,8}$
	Составные	5		15 d	10 d	6 d	0,6	0,5	0,55	$\frac{1,5}{2,1}$	$\frac{1,3}{1,9}$	$\frac{1,4}{2,0}$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
В колодцах	Конические с распорной втулкой	12		7 d	10 d	10 d	0,7	0,65	0,65	$\frac{2,2}{3}$	$\frac{2,2}{3}$	$\frac{2,2}{3}$
	Конические с распорным конусом	13		6 d	8 d	8 d	—	—	—	—	—	—
	С отгибом	14		25 d	6 d	4 d	0,55	0,45	0,5	$\frac{1,5}{2,1}$	$\frac{1,3}{1,9}$	$\frac{1,4}{2,0}$

Примечания: 1. Для конструктивных болтов с отгибами (типы 1, 2 и 14) глубину заделки в бетон следует принимать равной  $15 d$ , для болтов с анкерными плитами (типы 3—5) —  $10 d$ , а для болтов, устанавливаемых в готовые фундаменты (типы 11 и 12), —  $5 d$ .

2. В числителе приведены значения  $k_{ст}$  при статических нагрузках, в знаменателе — при динамических.

3. В тех случаях, когда способ установки оборудования на фундаментах (вид стыка) не оговаривается, величины коэффициентов нагрузки  $\chi$  и коэффициентов стабильности затяжки  $k_c$  для каждого типа болта принимаются по максимальному значению.

2. Необходимое усилие предварительной затяжки фундаментных болтов при вертикальных статических и динамических нагрузках определяется по формуле:

$$V_3 = k_{ст} \cdot (1 - \chi) \cdot P$$

3. Необходимая площадь сечения болтов по прочности определяется по формуле:

$$F = (V_3 + \chi \cdot P) / R_p^a$$

4. По расчетной необходимой площади сечения болтов по табл. 2 принимается (ближайшее большее значение) болт со стандартной резьбой и соответствующей площадью поперечного сечения  $F_{прин.}$

Таблица 2. Расчетные площади поперечных сечений болтов (по резьбе) в зависимости от их диаметра

Диаметр резьбы болтов $d$	Расчетная площадь поперечного сечения болтов по резьбе, $F$ , см <sup>2</sup>	Диаметр резьбы болтов $d$	Расчетная площадь поперечного сечения болтов по резьбе, $F$ , см <sup>2</sup>
M10	0,523	M56	18,74
M12	0,768	M64	25,12
M16	1,44	M72×6	32,23
M20	2,25	M80×6	40,87
M24	3,24	M90×6	53,68
M30	5,19	M100×6	67,32
M36	7,59	M110×6	82,67
M42	10,34	M125×6	108,56
M48	13,80	M140×6	138,01

5. Выполняется проверка сечения болта на выносливость (при динамических нагрузках).

Расчетное сопротивление болта усталостному разрушению при динамических нагрузках определяется по формуле:

$$R_{p \cdot y^a} = 0,278 \cdot R_p^a \cdot \alpha / \mu ,$$

Где  $\alpha$  – коэффициент, учитывающий число циклов нагружения (Таблица 3)  $\mu$  – коэффициент, учитывающий масштабный фактор (Таблица 4).

Таблица 3. Коэффициент, учитывающий число циклов нагружения

Число циклов нагружений	$0,05 \times 10^6$	$0,2 \times 10^6$	$0,8 \times 10^6$	$2 \times 10^6$	$5 \times 10^6$ и более
Коэффициент $\alpha$	3,15	2,25	1,57	1,25	1

Таблица 4. Коэффициент, учитывающий масштабный фактор

Диаметр резьбы болтов $d$	M10—M12	M16	M20—M24	M30—M36	M42—M48	M56—M72×6	M80×6—M90×6	M100×6—M125×6	M140×6
Коэффициент $\mu$	1	1,1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,2	2,5

Необходимая площадь сечения болта определяется по формуле и сравнивается принятой в пункте 4:

$$F = (\chi \cdot P) / (2 \cdot R_{p \cdot y^a}) < F_{\text{прин}}$$

При выполнении условий принятый типоразмер болта утверждается.

6. Определяется глубина заделки болтов в бетон Н (Таблица 1).

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Основы научных исследований: учебное пособие / Б. И. Герасимов и др. - М.:Форум, 2011.
2. Основы научных исследований. Теплоэнергетика: учебное пособие для вузов / Н.А. Дикий, А. А. Халатов; Под ред. Г. М. Доброва. - Киев: Вицшк., 1985.
3. Рыжкин В.Я. Тепловые электрические станции.- М.: Энергоатомиздат, 1987.
4. Тепловые электрические станции: учебник для вузов/В.Д. Буров, Е.В. Дорохов, Д.П. Елизаров и др. - М.: Издат. дом МЭИ, 2009.
5. Тепловые и атомные электростанции: Справочник /Под общей ред. А.В. Клименко, В.М.Зорина. – 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Издательство МЭИ, 2003.
6. Назмеев Ю.Г. Теплообменные аппараты ТЭС.- М.: Издательство МЭИ, 2002.
7. Стерман Л.С., Лавыгин В.М., Тишин С.Г. Тепловые и атомные электрические станции. - М.: Издательство МЭИ, 2004.
8. Паровые и газовые турбины/М.А. Трубилов, Г.В. Арсеньев, В.В. Фролов и др. – М.:Энергоатомиздат, 1985.
9. Трухний А.Д. Стационарные паровые турбины. – М.: Энергоатомиздат, 1990.
10. Трухний А.Д. Теплофикационные паровые турбины и турбоустановки. – М.:Издательство МЭИ, 2002.
11. Цанев С.В. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций.-М.: Издательство МЭИ, 2002.
12. Малюшенко В.В., Михайлов А.К. Насосное оборудование тепловых электростанций.-М.: Энергия, 1975.
13. Малюшенко В.В., Михайлов А.К. Монтаж энергетических насосов ТЭС и АЭС.-М.: Энергоатомиздат, 1989.
14. Термодинамические свойства воды и водяного пара. Справочник. Ривкин С.Л., и др. -М.: Энергоатомиздат, 1985.
15. Тевлин С.А. Атомные электрические станции с реакторами ВВЭР-1000 : учебное пособие / С. А. Тевлин. — Москва: Изд. дом МЭИ, 2008.
16. Ташлыков О.Л. Эксплуатация и ремонт ядерных паропроизводящих установок АЭС: учебник: в 2 кн. / О. Л. Ташлыков, А. Г. Кузнецов, О. Н. Арефьев . — Москва: Энергоатомиздат , 1995.
17. Стерман Л.С. Тепловые и атомные электрические станции : учебник для вузов / Л.С. Стерман, В. М. Лавыгин, С. Г. Тишин. — Москва: Издательский дом МЭИ, 2008.
18. Тепловые и атомные электростанции : справочник / под ред. А. В. Клименко, В. М.Зорина. —Москва: Изд-во МЭИ, 2003, 2007.
19. АЭС с реактором типа ВВЭР-1000. От физических основ эксплуатации до эволюции проекта / С. А. Андрущечко [и др.]. — Москва: Логос, 2010.
20. Шелегов А.С. Насосное оборудование АЭС: учебное пособие / А.С. Шелегов, С.Т.Лескин, В.И. Слободчук. – Москва: НИЯУ МИФИ, 2011.