

И расстояние до вершущи данного закруглённого конуса зависит от $\frac{q}{b\omega}$, которые представляют из себя параметры, выбираемые для каждого конкретного случая.

Заключение

Были рассчитаны формулы для расчёта насоса, а также изучена формула, определяющая объём вытесненной жидкости, проверенная на модели, вследствие чего была найдена точная характеристика для зависимости значений, построен график данной зависимости.

Были построены графики так же и для посторонних зависимостей, полезные для выбора значений при конструировании насоса, в зависимости от выполняемых им функций.

Литература

1. Юдин Е.М. Шестеренчатые насосы. Основные параметры и расчёт. – Москва:Машиностроение, 1964 -237с.

2. Насосы НШ. // ПромКомплектЦентр. [Электронный ресурс].
[URL:https://www.promkomplektcentr.ru/catalog/nasosy-i-nasosnoe-oborudovanie/nasosy-shesterenchatye/nasos-nsh-shesterenny-maslonasos-dlya-gidravlicheskih-system/](https://www.promkomplektcentr.ru/catalog/nasosy-i-nasosnoe-oborudovanie/nasosy-shesterenchatye/nasos-nsh-shesterenny-maslonasos-dlya-gidravlicheskih-system/)

3. Шестерёнчатые насосы для общего применения и тяжёлых условий эксплуатации// ТЕХНО-ГРУПП.[Электронный ресурс].

[URL:https://tehnogrupp.com/katalog/nasosy-po-tipu/shesterennye-nasosy/](https://tehnogrupp.com/katalog/nasosy-po-tipu/shesterennye-nasosy/)

УДК 621.

Исследование динамических нагрузок на здание энергоблока АЭС на примере падения самолета

Студенты гр. 10608122 Ю.С. Ровская, С.А. Лучина

Научный руководитель – старший преподаватель Т.В. Козлова

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Введение

Основным требованием к атомной электростанции (АЭС) является обеспечение радиационной безопасности. Это означает, что при любых режимах работы необходимо не допустить выброса радиоактивных веществ за пределы гермообъёма. Здание реакторного отделения должно

выдерживать землетрясение в 7 баллов и выдерживать внутреннее давление до 5 кг/см², а также воздействие ударной волны с давлением до 30 кПа и падение самолета.

Основная часть.

Строительные конструкции атомных электростанций (АЭС) подвергаются следующим видам нагрузок:

1) Постоянная нагрузка, включающая собственный вес конструкций, давление грунта и грунтовых вод на подземные части здания.

2) Длительная нагрузка, состоящая из:

-давления стационарного оборудования на фундамент здания;

-усилий от предварительного напряжения (для железобетонной внутренней защитной оболочки реакторного отделения, внутри которой находится предварительно напряженная арматура);

-вертикальных нагрузок от кранов;

-технологических нагрузок при нормальной эксплуатации АЭС, включая изменения температуры.

3) Особые воздействия, такие как сейсмические нагрузки, экстремальные погодные условия, ударная волна от взрывов, столкновение с самолетом и воздействие торнадо, которые вызывают динамическую нагрузку.

1. Падение самолета на АЭС.

Удар самолета о здание АЭС вызывает многочисленные нагрузки на конструкции, однако в основном рассматривают механические нагрузки. При этом отдельно рассчитывают нагрузку от удара и разрушения фюзеляжа и обломка самолета. Обломком самолета обычно считают турбину двигателя. Среди всех экстремальных воздействий особенно опасным считается удар летящего самолета о железобетонную оболочку ядерного реактора, известную как гермооболочка, из-за угрозы распространения радиации.

Материалом для изготовления гермооболочки служит предварительно напряженный железобетон. Во время процесса изготовления создается натяжение высокопрочной арматуры в бетоне. Из-за этого возникает сжимающие напряжения в железобетоне. При ударе самолета эти зоны будут подвергаться растяжению. Такой подход повышает трещиностойкость конструкции.

При ударе какого-либо объекта о защитную оболочку учитывается иное распределение деформационных нагрузок благодаря наличию арматуры в железобетоне. Существуют различные методы для учета арматуры, включая

добавление распределенной "жесткости" в направлениях армирования или прямое моделирование отдельных стержней арматуры и арматурной сетки. Для материала арматуры обычно используется упруго-пластическая модель деформирования. При ударе самолета о бетон без арматуры, бетон принимает на себя всю нагрузку от удара. А при наличии арматуры происходит перераспределение нагрузки. Соответственно арматура принимает на себя большую часть нагрузки, испытывая растяжение и неупругие деформации, а бетон принимает на себя оставшуюся часть нагрузки.

При анализе нагрузки на неподвижную преграду со стороны самолета в процессе его разрушения можно использовать формулу J.D. Riera (1). В данном случае самолет моделируется как жесткопластический стержень.

$$R(t) = P[\xi(t)] + \xi(t)\mu[\xi(t)]. \quad (1)$$

где $R(t)$ - мгновенная суммарное усилие на оболочку

$P(\xi)$ – предельная результирующая нагрузка, воздействующая со стороны неразрушенного участка фюзеляжа самолета

$\mu(\xi)$ - масса

ξ - длина, отсчитываемая от носа самолета.

Второе слагаемое данного уравнения учитывает динамическую составляющую, первое слагаемое в выражении представляет собой статическое усилие во время смятия. Эта нагрузка воздействует, до тех пор, пока происходит смятие фюзеляжа самолета, т.е. при $\xi > 0$.

Отношение силы реакции железобетонной преграды ко времени при прямом и косом ударе, а также методом J.D. Riera, показано на рисунке 1. Из результатов видно, что наиболее опасным является прямой удар самолета о преграду, если мы рассматриваем максимальную реакцию на преграду как критерий опасности.

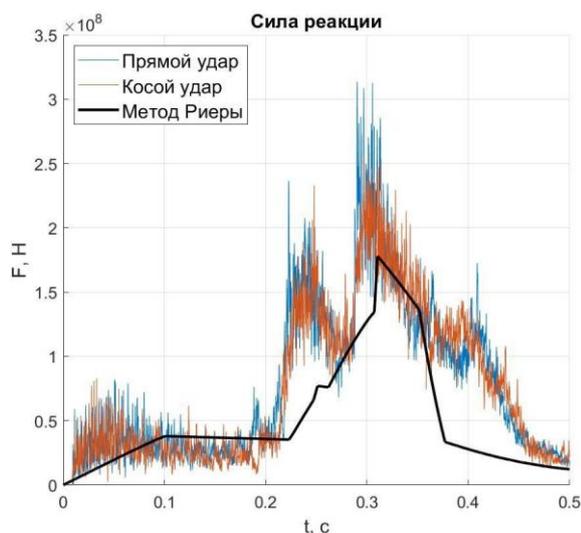


Рис. 1. Отношение силы реакции железобетонной преграды от времени при прямом и косом ударах, а также методом Риеры при ударе самолета о преграду.

На следующем рисунке (рис.2) показана зависимость степени поврежденности бетона при ударе самолета от толщины T . При столкновении в защитной оболочке реакторного здания возникнут магистральные трещины в меридиональном направлении при толщине стенки менее 2,5 м. Результаты показывают, что увеличение толщины бетонной стенки приводит к уменьшению степени поврежденности всей конструкции. Помимо этого, во всех случаях образуются магистральные трещины в кольцевом направлении снаружи защитной оболочки реакторного отделения.

Максимальное значение перемещений точек внешней защитной оболочки, равное 1,8 м, происходит при ее толщине в 0,6 м. Это вызывает неупругие деформации бетона и пластические деформации его арматуры, которые наносят значительный ущерб защитной оболочке. Из этого следует, что толщина защитной оболочки, равная 0,6 м, является неприемлемой. В соответствии с этими результатами, допустимая минимальная толщина защитной оболочки, при которой не возникает пластических деформаций арматуры, составляет 1,5 м.

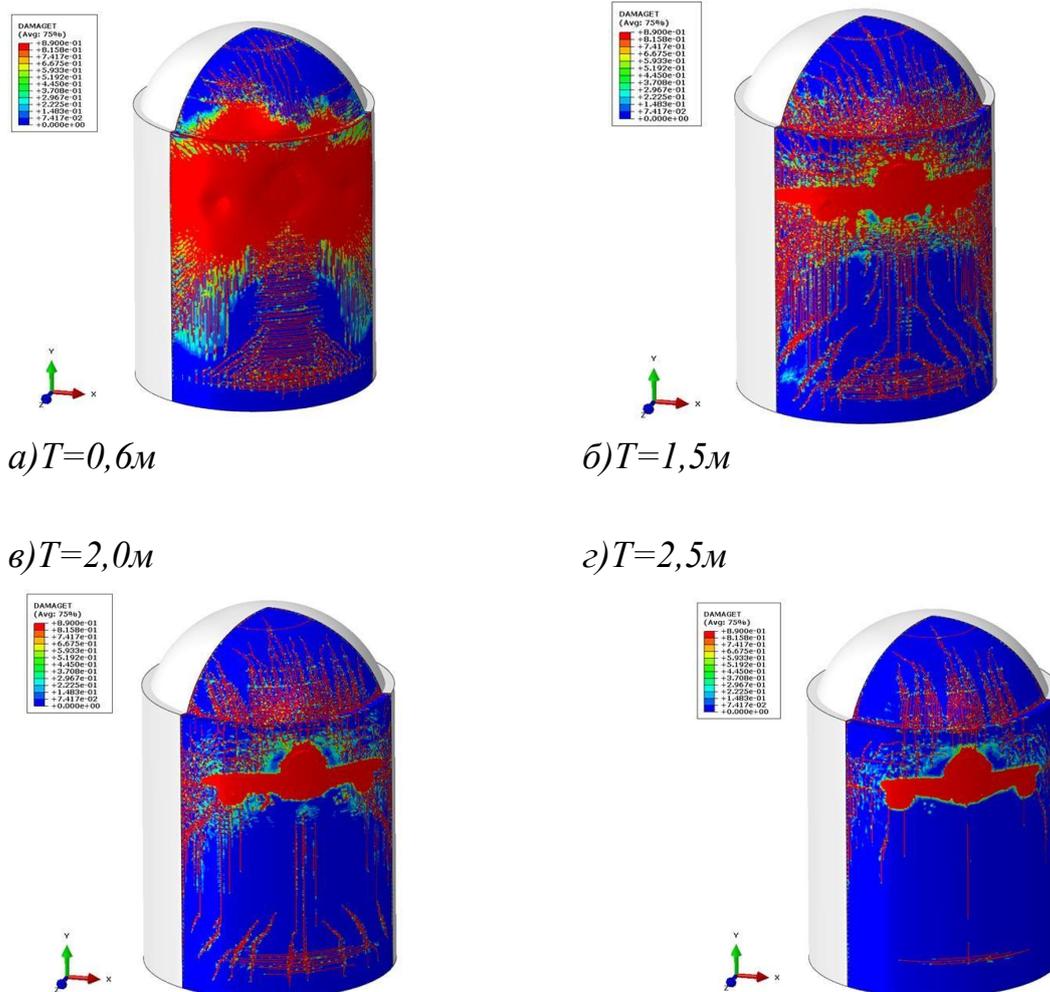


Рис. 2. Степень поврежденности бетона при различных значениях толщины T внешней защитной оболочки реактора.

2. Прочность строительных конструкций при нагрузке от разрушения фюзеляжа самолета.

Для расчета на прочность при ударе от фюзеляжа самолета проводят динамический расчет, применяя метод конечных элементов.

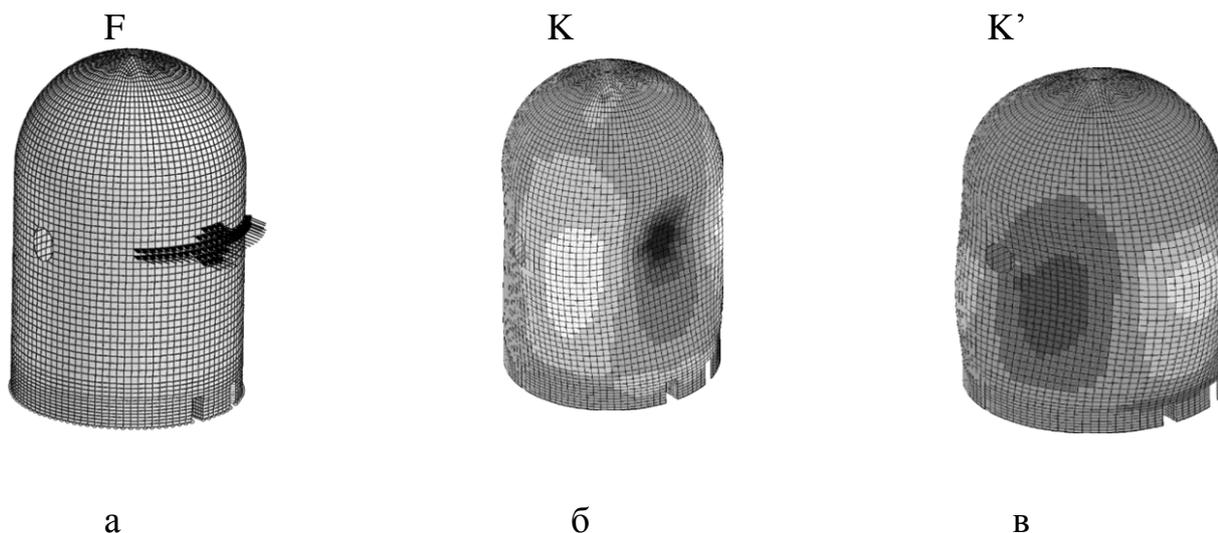


Рис. 3. Анализ деформаций и прочности наружной защитной оболочки при ударе самолета: **F** – конечно-элементная модель и схема приложения нагрузки; **K** – изгибающий момент в кольцевом направлении при максимальном прогибе внутрь; **K'** – тоже при максимальной «упругой отдаче».

В начальный момент времени защитная оболочка максимально прогибается во внутрь за счет пластических деформаций (растяжения) арматуры. Образуется «вмятина» (рис. 3б), а бока оболочки раздаются. Внешний слой арматуры оболочки в месте удара прогибается больше, чем внутренний.

Конструкция оболочки создается таким образом, чтобы ее деформации не превышали предела упругости. Максимальная упругая отдача конструкции, которая возникает в противодействие деформациям от удара самолета, показана на рисунке 3в. Она возникает после прекращения нагрузки. На участке, где происходит упругая отдача, оболочка становится выпуклой, а ее бока – втянутыми. Наружная поверхность оболочки испытывает растяжение. Поэтому требуется усиление армирования этой области путем использования более прочной арматуры, либо увеличение ее количества. Так как наружный слой арматуры в оболочке испытывает большие нагрузки, чем внутренний, то для наружной поверхности требуется более высокий процент армирования.

При проведении проверочного расчета на прочность строительных конструкций искусственно завышаются допускаемые значения прочности

материалов в соответствии со стандартами. При каких-либо воздействиях внешних нагрузок, допускается возникновение определенного процента деформации в конструкциях. Также не нормируется ширина раскрытия трещин в бетоне при условии соблюдения радиационной безопасности и нормальной работы АЭС. Толщина бетона, равная 2,3 м, является минимально допустимой. При такой толщине не происходит разрушение наружной защитной оболочки при этой нагрузке. Однако могут возникать сквозные трещины в бетоне, в которые может попасть авиационное топливо. В соответствии с условиями безопасности, его проникновение во внутрь оболочки не допускается. Для избежания этого применяют различные конструктивные меры: увеличение толщины оболочки, облицовка стальным листом внутренней поверхности оболочки и др.

3. Прочность строительных конструкций при ударе обломка самолета

За обломок самолета обычно принимают турбину двигателя, которая рассматривается как абсолютно твердое тело. Такие характеристики снаряда (обломка), как: масса, геометрический параметры, деформируемость значительно влияют на поврежденность бетонной преграды при столкновении с ней. Также учитываются параметры мишени, такие как толщина, условия армирования, характеристики бетона и шаг опоры. Степени поврежденности бетонной преграды будут отличаться при различных значениях условий удара, таких как: линейная и угловая скорости снаряда, его ориентация и угол падения относительно нормали к мишени и др. Виды взаимодействия снаряда с бетонной преградой, в зависимости от скорости обломка, представлены на рисунке 4.

При низкой скорости, без повреждения преграды, снаряд отталкивается от нее. Однако, при увеличении скорости снаряд проникает в преграду, этому сопутствует разрушение бетона в месте удара. Глубина проникания зависит от скорости. Чем быстрее движется снаряд, тем глубже он проникает и наносит больший ущерб конструкции. При увеличении скорости образуется кратер большим размером, чем диаметр снаряда, но с увеличением глубины проникания он становится почти равным ему. Этот процесс соответствует условиям пластического удара.

При еще более высокой скорости начинается внутреннее растрескивание преграды за счет передачи импульса внутри стенки, что может привести к разлету осколков бетона с другой стороны от места удара (рис. 4б). Зона растрескивания обычно больше по размеру, чем кратер снаружи, но меньше

его внутри. В конце концов, при еще большей скорости преграда пробивается насквозь. После этого снаряд может сохранять остаточную скорость (рис. 4)

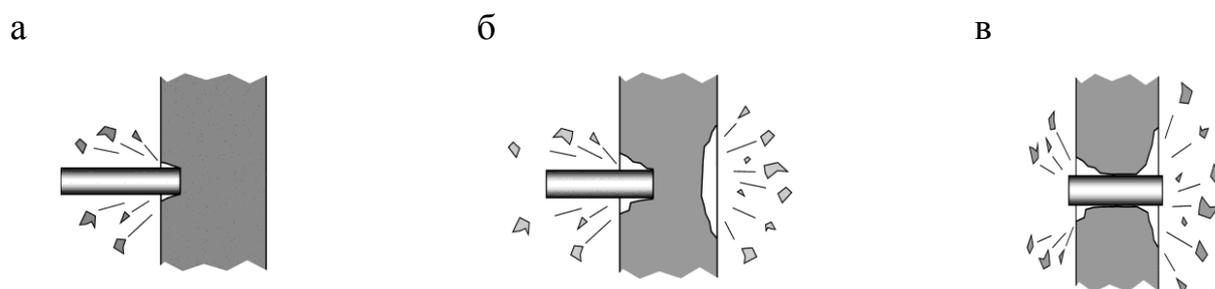


Рис. 4. Виды повреждения бетонной преграды при различных скоростях обломка самолета: а – выкрашивание с лицевой поверхности; б – растрескивание изнутри; в – пробивание.

4. Колебания здания и нагрузки на расположенное внутри оборудование.

При столкновении самолета со зданием реакторного отделения возникают кратковременные колебания большой силы. В следствии удара самолета в оболочке возникают инерционные нагрузки, передающиеся на установленное и работающее оборудование внутри гермообъема. Внутренние конструкции соединены с защитной оболочкой только на уровне фундаментной плиты, а она, в свою очередь, находится в грунте. Данная компоновка, изображенная на рисунке 5, спроектирована таким образом, что в следствии взаимодействия здания с грунтом уменьшаются колебательные воздействия на гермообъем и ускорение конструкций от удара

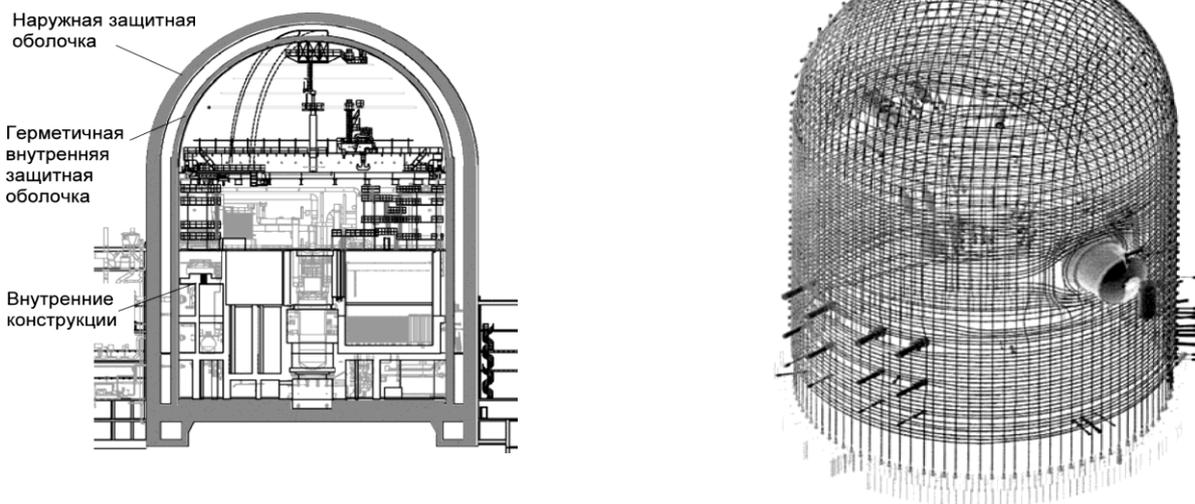


Рис. 5. Пример компоновки реакторного отделения АЭС.
Расположение канатов системы предварительного напряжения.

Заключение

При проектировании атомной электростанции необходимо учитывать все потенциальные риски. Для защиты АЭС от экстремальных воздействий, которые характеризуются высокой интенсивностью, но низкой вероятностью возникновения, необходимо провести расчеты на прочность здания реакторного отделения и других сооружений АЭС. В соответствии с этими расчетами создается приемлемая компоновка здания реакторного отделения, которое обеспечивает необходимую прочность при экстремальных ситуациях и не допускает распространение радиации.

УДК 621.1

История развития информационных технологий

Студент гр.10303123 А.В. Кузнецов

Научный руководитель – старший преподаватель Кавальчук О.Н.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Информационные технологии развиваются достаточно быстрыми темпами для того, чтобы облегчить даже самую незначительную деятельность одного человека. Если рассматривать информационные технологии с точки зрения одного пользователя какого-либо устройства, то на сегодняшний день наша жизнь стала гораздо быстрее. Данное подтверждает даже самый обычный телефон или ноутбук, чтобы получить