

Казахская головная архитектурно-строительная  
академия

Дисциплина: Современное проектирование зданий и  
сооружений

Расчет строительных конструкций и  
проектирование на основании результатов  
испытаний

Хомяков Виталий Анатольевич  
Академический профессор, д.т.н.

Лекция 6



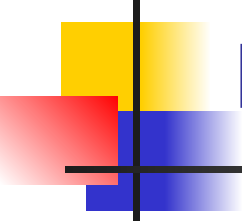
# Литература

---

## Основная литература

- Гульванесян Х., Калгаро Ж.-А., Голицки М.  
Руководство для проектировщиков к Еврокоду EN 1990: Основы проектирования сооружений.-М.:изд. МГСУ,2011-263с.
- Выдержки из Строительных Еврокодов. Пособие для студентов строительных специальностей. Перевод с английского. - Москва: МГСУ «Высшая школа», 2011.-656с.

# Расчёт строительных конструкций



---

- Расчетные модели сооружений
- (1)Р Расчеты следует выполнять с применением соответствующих расчетных моделей, сформированных с учетом особенностей сооружений и всех значимых параметров.
- (2) Принятые расчётные модели должны с достаточной точностью описывать поведение сооружений и соответствовать рассматриваемым предельным состояниям.
- (3)Р Расчетные модели должны соответствовать общепризнанной инженерной теории и практике. При необходимости, они могут обосновываться экспериментальными исследованиями.



# Критерии выбора модели

---

В общем, любая численная модель должна рассматриваться как идеализация.

Упрощенная модель должна учитывать важные факторы и пренебрегать менее значимыми факторами. Значимые факторы, которые могут повлиять на выбор численной модели, включают в себя:

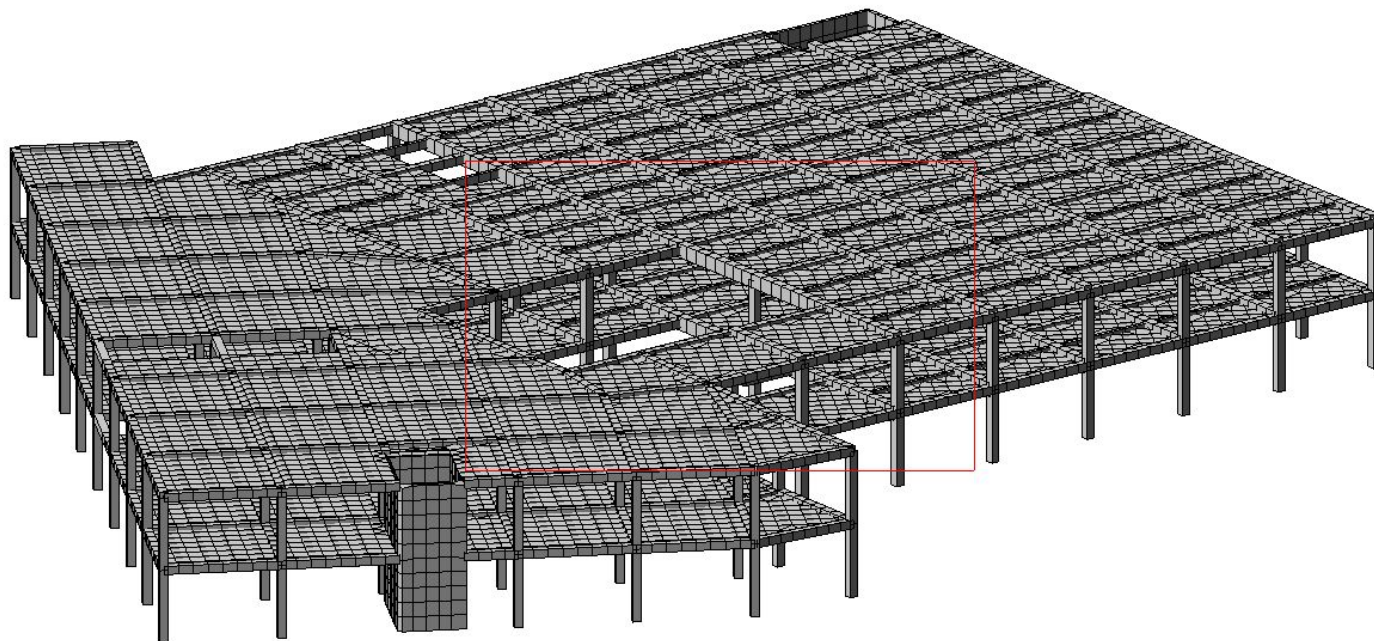
- геометрические свойства (структурная конфигурация, размеры, поперечные сечения, отклонения, дефекты и ожидаемые деформации);
- свойства материалов (прочность, базовые соотношения, зависимость
- натяжения от времени, пластичность, зависимость влажности от температуры);
- воздействия (прямые и непрямые, изменчивость во времени, пространстве, статические или динамические).

Подходящая численная модель должна быть выбрана на базе предыдущего опыта и знания поведения несущих систем.

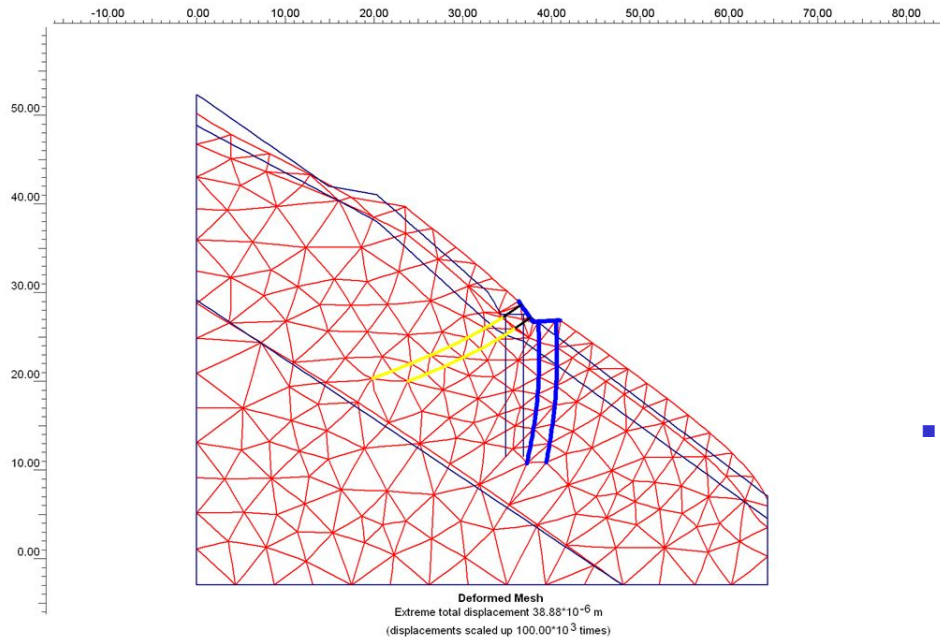
- Сложность модели также должна быть выбрана исходя из предполагаемого использования модели и соответствующих предельных состояний, типов результатов и предполагаемой реакции несущей системы.
- Для определения проблемных участков может быть использован простой глобальный анализ с эквивалентными свойствами, после чего может следовать детальное моделирование этих участков.

# Пример расчётной схемы

блок e.3d

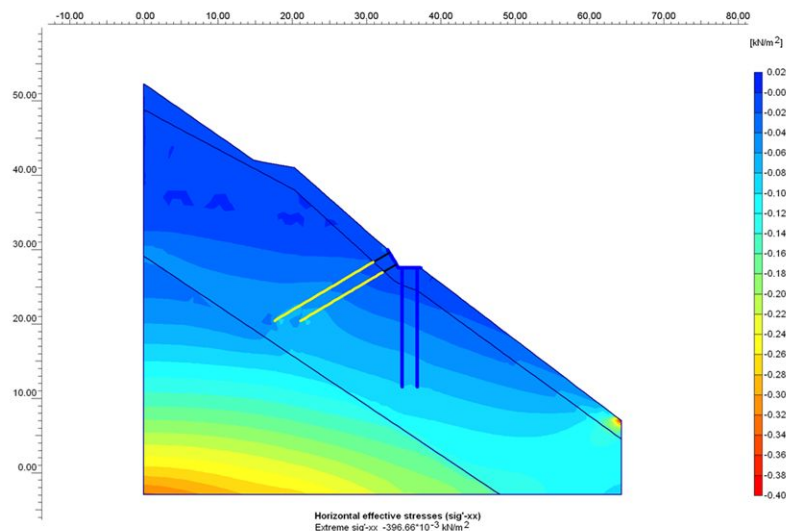


# Статические воздействия (Расчетные схемы)



- (1) Р Модели статических воздействий должны основываться на соответствующем образом выбранных зависимостях «нагрузка–деформация», характеризующих поведение элементов сооружения и их соединений, а также взаимодействие конструкций с основанием.
- (2) Р Граничные условия в расчетной модели должны соответствовать фактическим условиям работы сооружения.

# Статические воздействия (Расчетные схемы)



- (3)Р В тех случаях, когда перемещения и деформации сооружения существенно увеличивают эффекты внешнего воздействия, их следует учитывать при проверке критических предельных состояний.
- (4)Р Косвенные воздействия следует учитывать следующим образом:
  - при линейно-упругом расчёте – непосредственно или как эквивалентную нагрузку (с применением, при необходимости, переходных коэффициентов);
  - в нелинейном расчете – непосредственно, как приложенные деформации



# Важное замечание

---

- Обращаем внимание проектировщиков на то, что граничные условия, применяемые к модели, так же важны, как и сама численная модель (статья 5.1.2(2)Р). Это особенно важно в случае сложного анализа элементов конструкции, и принятые граничные условия должны точно соответствовать реальным.





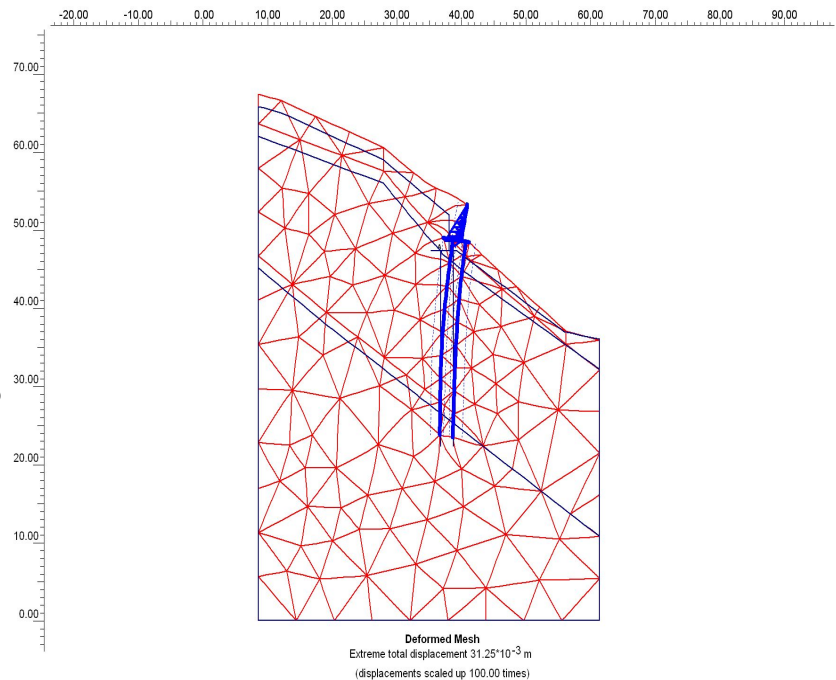
# Динамические воздействия

---

- (1) Расчётная модель, используемая для определения эффектов воздействия, должна учитывать все значимые конструктивные элементы, их массы, жёсткости и характеристики демпфирования, а также все значимые неконструктивные элементы с их свойствами.
- (2) Граничные условия расчётной модели должны соответствовать граничным условиям сооружения.
- (3) В тех случаях, когда динамические воздействия рассматриваются как квазистатические, они могут характеризоваться значениями статических воздействий или учитываться посредством коэффициентов динамичности, применяемых к эффектам их статического действия.
- ПРИМЕЧАНИЕ Для определения коэффициентов динамичности могут потребоваться данные о частотах собственных колебаний.

# Динамические воздействия

- (4) В случае взаимодействия сооружения с основанием, грунт основания допускается моделировать посредством соответствующих упругих элементов и демпферов.
- Вклад грунта также должен быть смоделирован, например введением эквивалентных пружин и амортизаторов.
- Грунт также может быть смоделирован с помощью дискретной модели





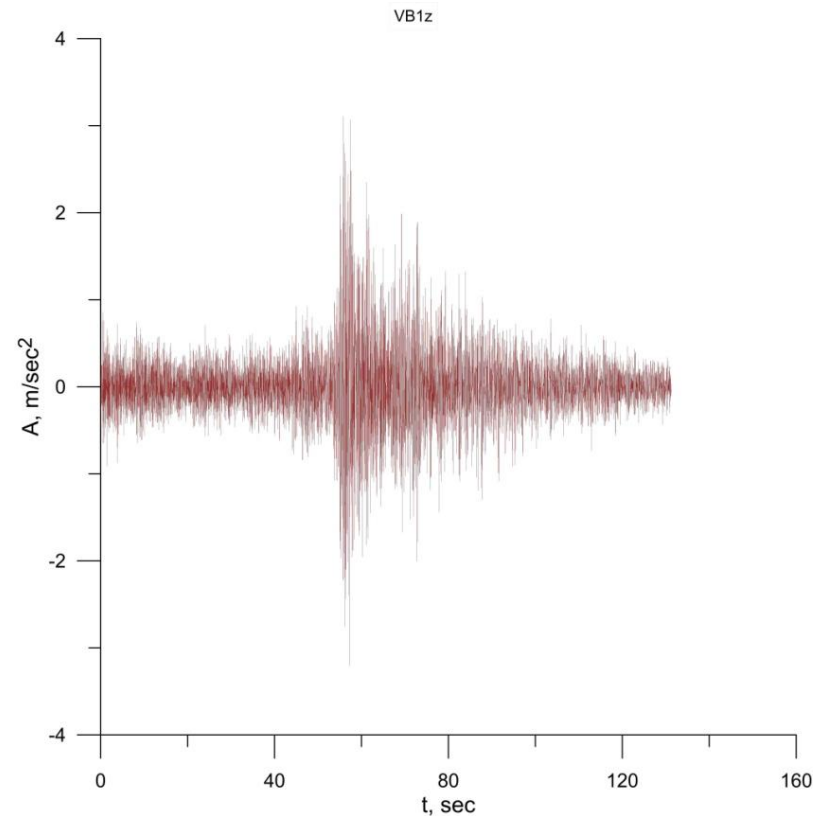
# Динамические воздействия

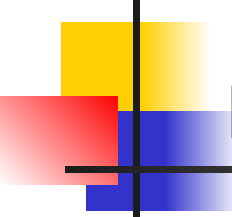
---

- В определённых случаях (например, при колебаниях, вызванных ветровыми нагрузками и сейсмическими воздействиями) динамические расчеты допускается производить на основании модального анализа, в предположении о линейной работе материала и недеформированной схемы сооружения.
- Для сооружений с правильной геометрической формой и равномерным распределением масс и жёсткостей, для которых существенна реакция только по основному тону колебаний, модальный анализ может быть заменён расчётом на эквивалентные статические нагрузки.
- Динамические воздействия, в соответствующих случаях, могут быть также заданы в виде функции времени или в частотной области, а реакции сооружения определены надлежащими методами.

# Динамические воздействия

- Если динамические воздействия вызывают колебания, которые по своей амплитуде или частоте могут превышать пределы эксплуатационной пригодности, следует выполнить проверку предельного состояния по эксплуатационной пригодности.
- ПРИМЕЧАНИЕ Указания по проведению таких расчётов содержатся в Приложении А и EN 1992 – EN 1999.

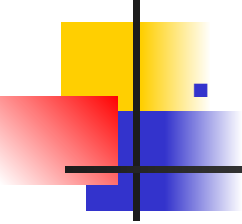




# Противопожарные проектные мероприятия

---

- (1) При проектировании сооружений необходимо учитывать:
  - сценарии распространения пожара (см. EN 1991-1-2);
  - моделировать температурные воздействия на конструкции в пределах сооружения;
  - применять соответствующие модели механических свойств конструкций при повышенной температуре.
- (2) Проверка соответствия сооружения требованиям по противопожарной защите должна осуществляться на основании общего расчёта сооружения целом, а также расчётов его отдельных конструкций и их элементов с применением табличных или опытных данных.
- (3) Поведение сооружения при пожаре следует оценивать с учетом:
  - номинальных воздействий при пожаре;
  - моделируемых огневых воздействий, учитываемых совместно с сопутствующими воздействиями.
- ПРИМЕЧАНИЕ См. также EN 1991-1-2.

- 
- (4) Поведение сооружений при повышенных температурах должно оцениваться в соответствии с EN 1992 – EN 1996 и EN 1999, содержащих модели температурных воздействий и модели конструкций, необходимые для выполнения соответствующего расчета.
  - (5) В зависимости от вида материала и метода расчета:
    - модели температурных воздействий могут основываться на допущениях об однородном или неоднородном распределении температуры по сечению и вдоль конструктивных элементов;
    - модели конструкций могут составляться для расчетов отдельных элементов или для расчетов, выполняемых с учетом взаимодействия элементов при пожаре.
  - (6) При расчетах на повышенные температурные воздействия следует использовать нелинейные модели механического поведения конструктивных элементов.
  - ПРИМЕЧАНИЕ См. также EN 1991 – EN 1999.



# Использование результатов испытаний при проектировании

---

- Еврокод допускает систему, основанную на комбинации результатов испытаний и численного моделирования для зданий и инженерных сооружений, дает указания для планирования и оценки тестов, которые должны быть проведены вместе с проектированием, а также на количество тестов, достаточное для статистической значимости результатов.
- Проектирование, усиленное тестированием, - процедура использования физического тестирования (например, моделей, прототипов или непосредственно строящегося объекта) для получения параметров проектирования.
- Подобные процедуры могут быть использованы для тех случаев, где правила вычисления или свойства материалов, данные в Еврокодах, рассматриваются недостаточными или если важен наиболее экономичный результат.
- Основные условия для использования проектирования, усиленного тестированием, даны в статье 5.2(2)Р. Тесты должны быть продуманы и поставлены так, что испытываемая структура имеет такой же уровень надежности, как и планируемое сооружение; должны быть учтены все предельные состояния и прочие рекомендации, описанные в Еврокодах.