

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ОСНОВЫ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ. ЛЕКЦИЯ 8:

СОСТАВЛЯЮЩИЕ РАСЧЕТНОЙ СХЕМЫ И ИХ АНАЛИЗ

Савин Сергей Юрьевич
Доцент кафедры ЖБК, к.т.н.



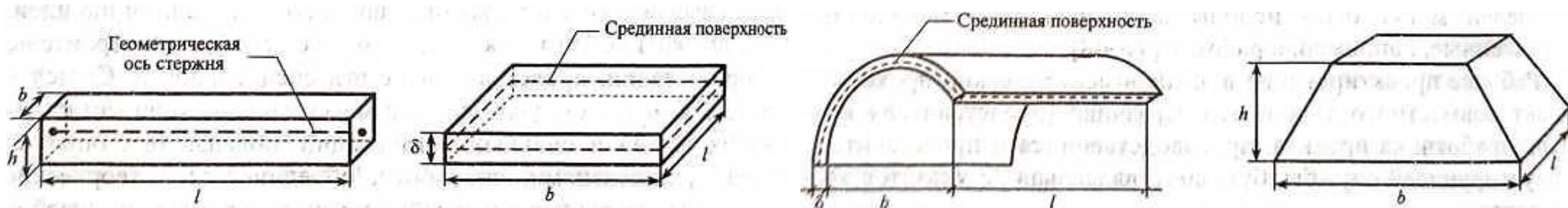
ПОНЯТИЕ О РАСЧЕТНОЙ СХЕМЕ

Расчетная схема - это идеализированный объект, лишенный несущественных признаков.

Она включает:

- 1) геометрическую схему элемента конструкции;
- 2) приложенные нагрузки;
- 3) опорные крепления;
- 4) модельную среду.

Геометрическая схема элемента конструкции. Из практики проектирования известны следующие геометрические схемы элементов конструкций: стержень, плита, оболочка, массивное тело.



Геометрические схемы элемента конструкции:
а - стержень; б - пластина; в - оболочка; г - массивное тело

Стержень – тело, два размера которого (высота и ширина поперечного сечения) существенно меньше третьего – длины.

Пластина - тело, толщина которого намного меньше длины и ширины, а срединная поверхность в недеформированном состоянии (до приложения нагрузки) представляет собой плоскую фигуру. Т.е. все точки срединной поверхности лежат на одной плоскости.

Оболочка - тело, толщина которого меньше длины и ширины, но срединная поверхность в недеформированном состоянии - изогнутая, иными словами оболочка - это предварительно ***изогнутая пластина***.

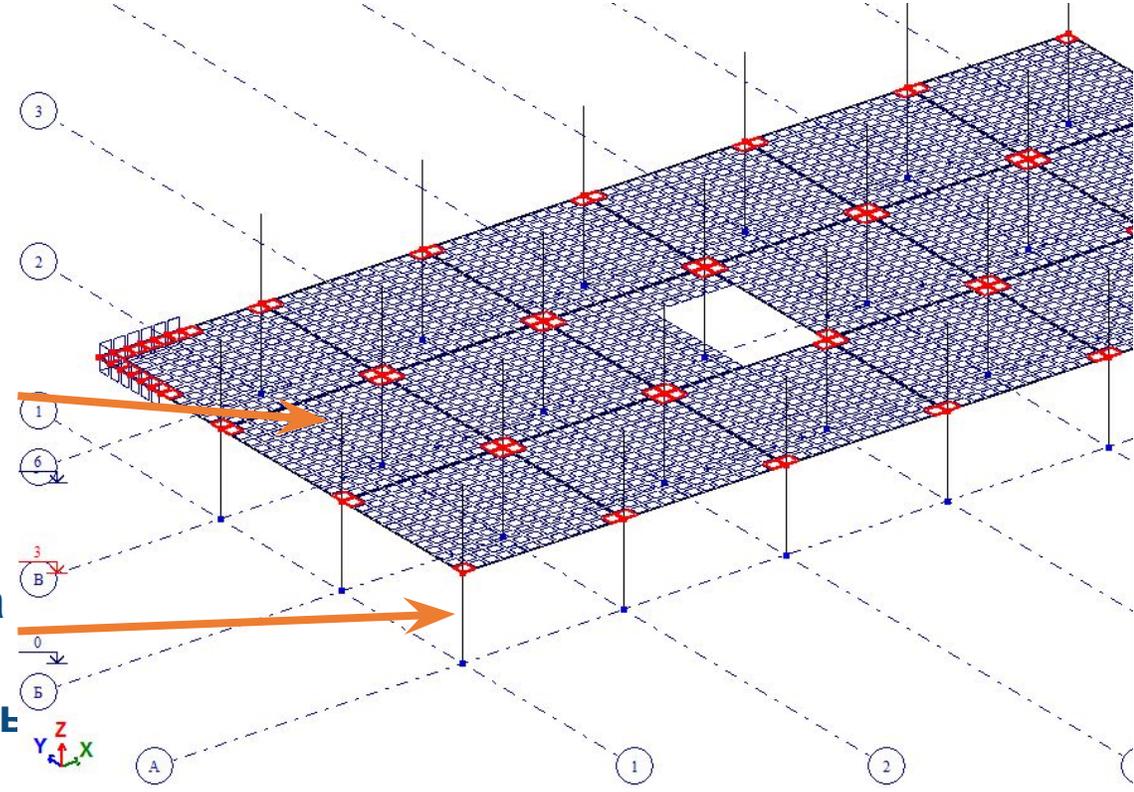
Массивное тело - тело, у которого все размеры соизмеримы.

ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ СХЕМА



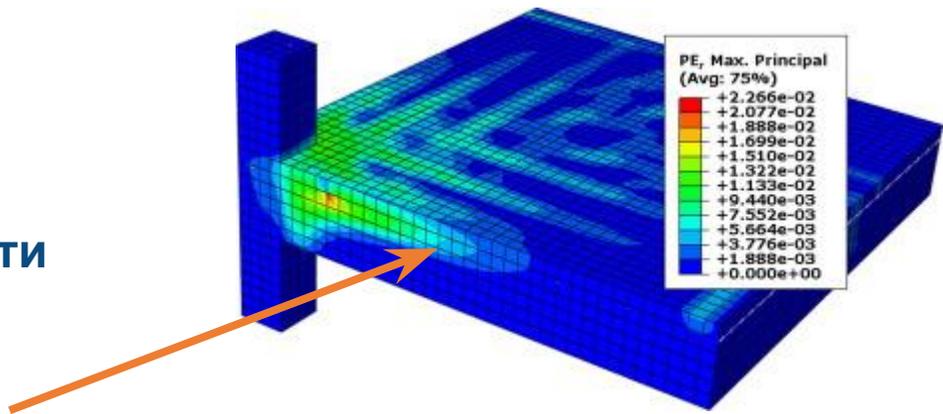
Плита –
пласти
на

Колонна
–
стержень



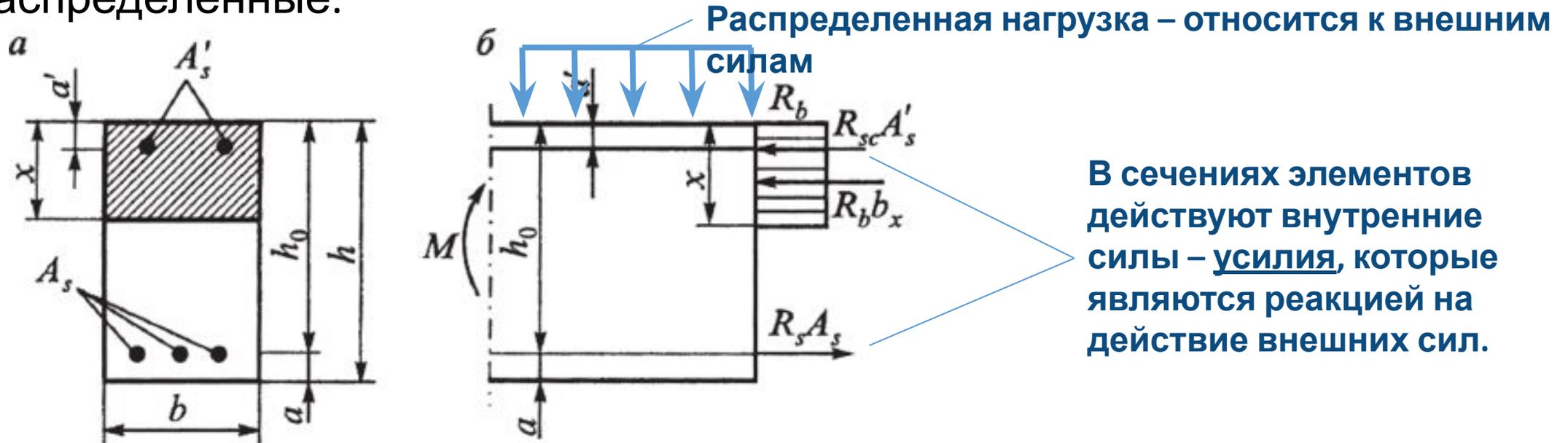
Одни и те же конструктивные элементы могут моделироваться с использованием различных аналогий в зависимости от целей моделирования

Моделирование зоны продавливания плиты объемными элементами для уточнения параметров расчетной модели



Сила - мера взаимодействия двух тел. Силы бывают **внешними** и **внутренними**, а также сосредоточенными и распределенными.

Распределенные делятся на равномерно распределенные и неравномерно распределенные.

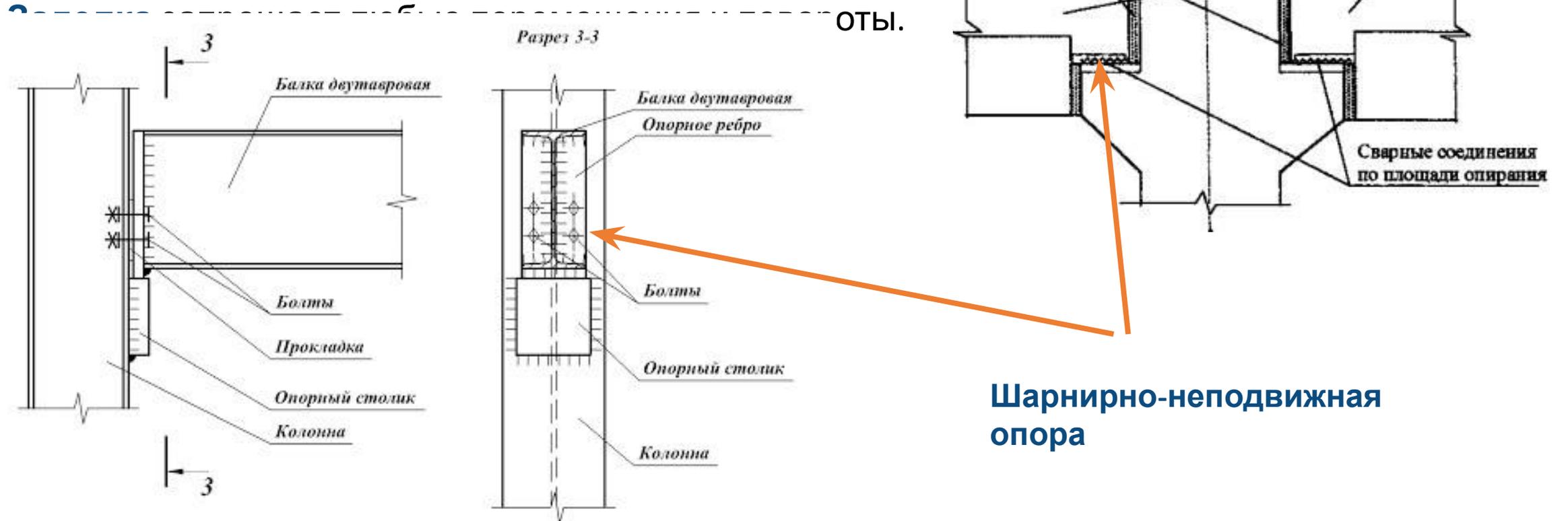


В каждый момент времени элементы конструкции находятся в состоянии равновесия под действием внешних и внутренних сил, в т.ч. сил инерции, если конструкция совершает движения, например, колебательное.

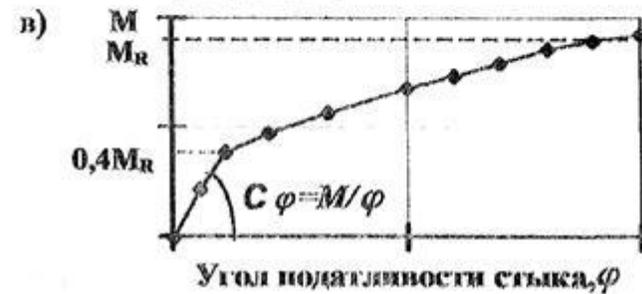
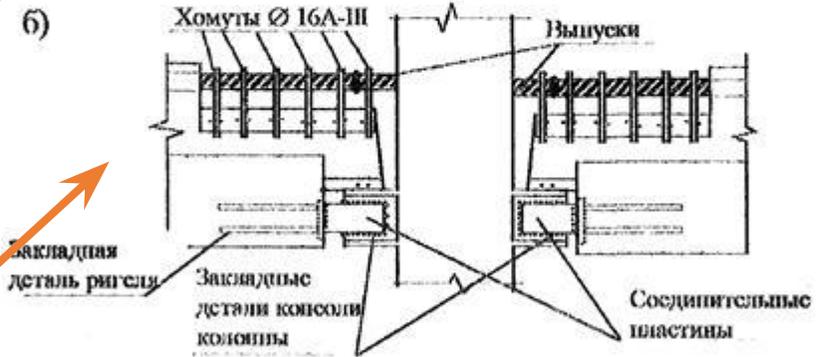
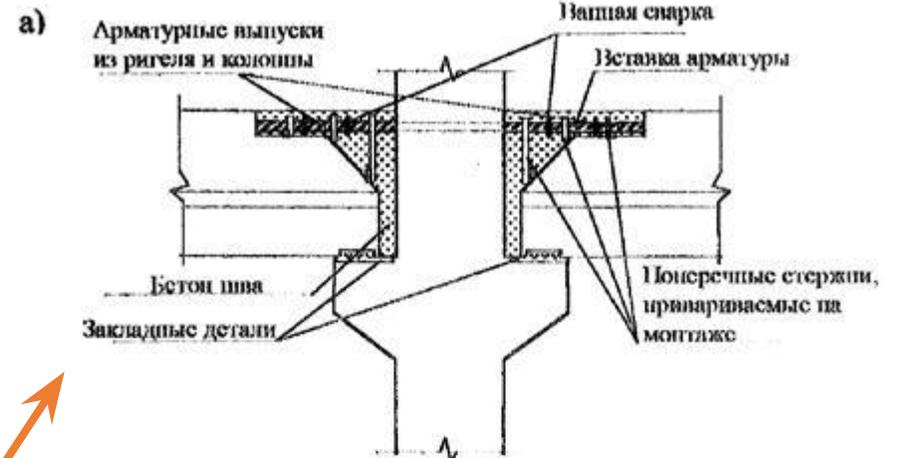
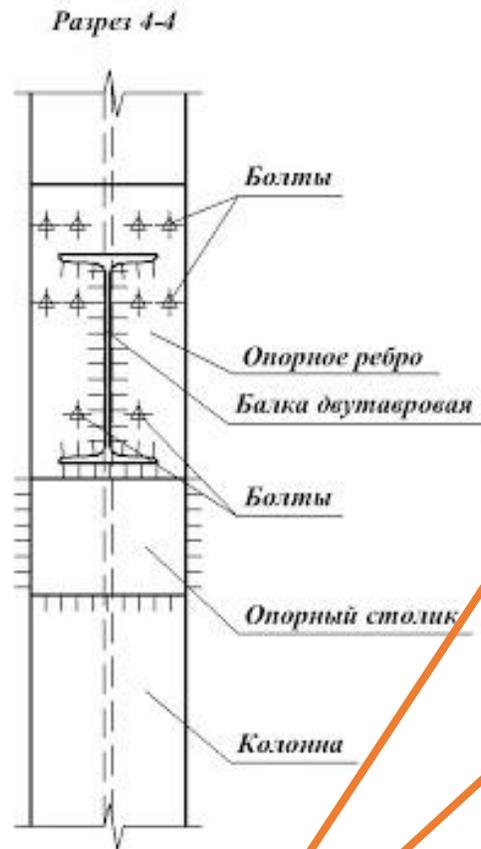
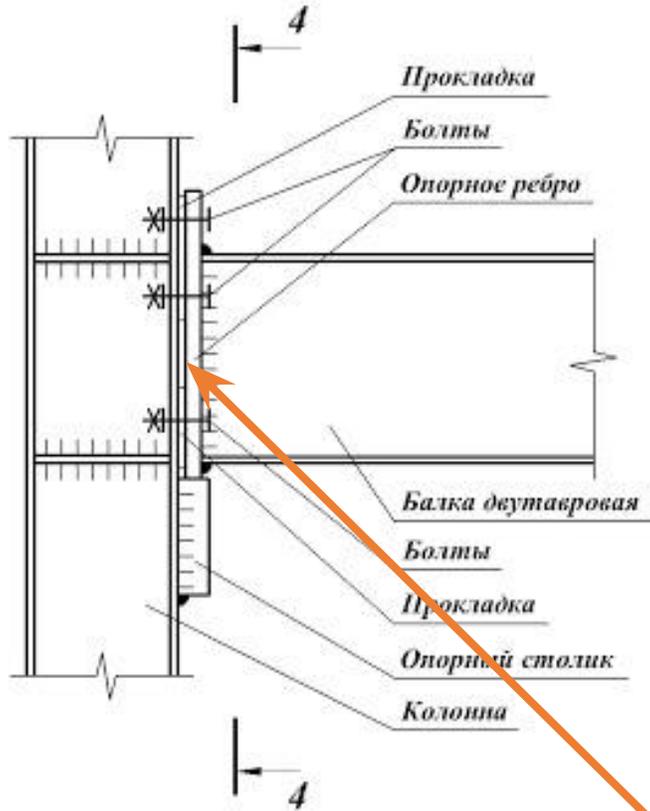
ТИПЫ ОПОРНЫХ ЗАКРЕПЛЕНИЙ

Шарнирно-подвижная опора разрешает перемещение по горизонтали и поворот, но запрещает перемещение по вертикали.

Шарнирно-неподвижная опора запрещает перемещение по вертикали и горизонтали, но разрешает поворот.



ТИПЫ ОПОРНЫХ ЗАКРЕПЛЕНИЙ



Узлы, которые можно рассматривать как жесткие (защемление)

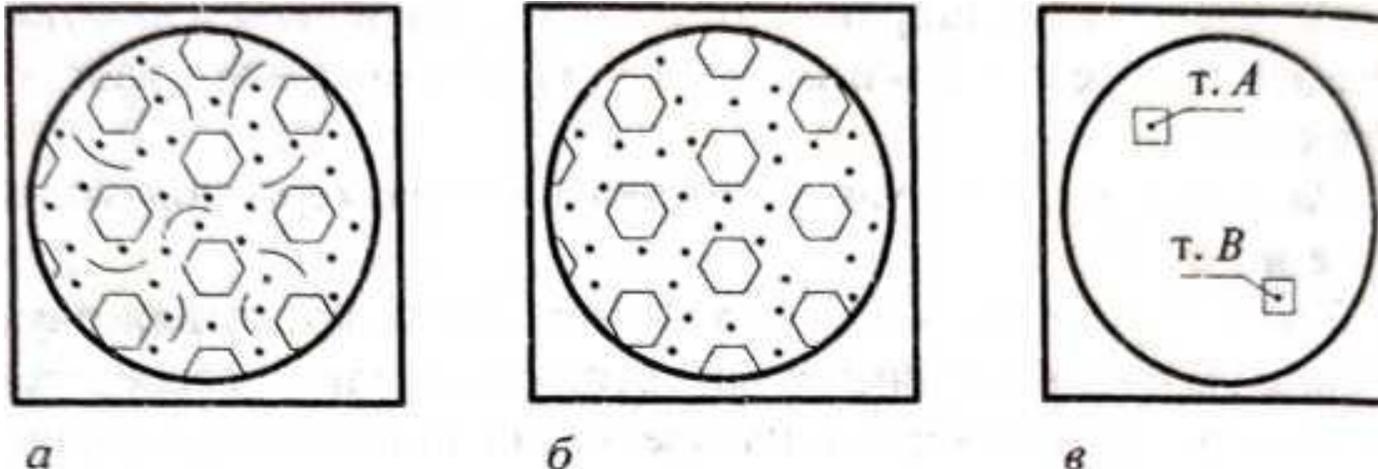
МОДЕЛЬНАЯ СРЕДА

Характеристики материала определяются из эксперимента. При этом происходит некоторое их усреднение для характерного объема, соизмеримого с размерами опытных образцов. В итоге полученные константы характеризуют модельную среду материала, для которой, в отличие от реального материала, уже применимы операции математического анализа.

При переходе от реального материала к его модельной среде используются следующие гипотезы (которые становятся приемлемыми благодаря экспериментальному методу определения соответствующих констант материала): гипотеза сплошности и гипотеза однородности.

Гипотеза сплошности исключает наличие разрывов даже на микроуровне.

Гипотеза однородности - характеристики вещества в окрестности точки А такие же, как и в окрестности точки В.



К переходу от реального материала к модельной среде:

а - реальный образец материала;

б - образец идеализированного материала после использования гипотезы сплошности;

в - образец идеализированного материала после использования гипотезы однородности

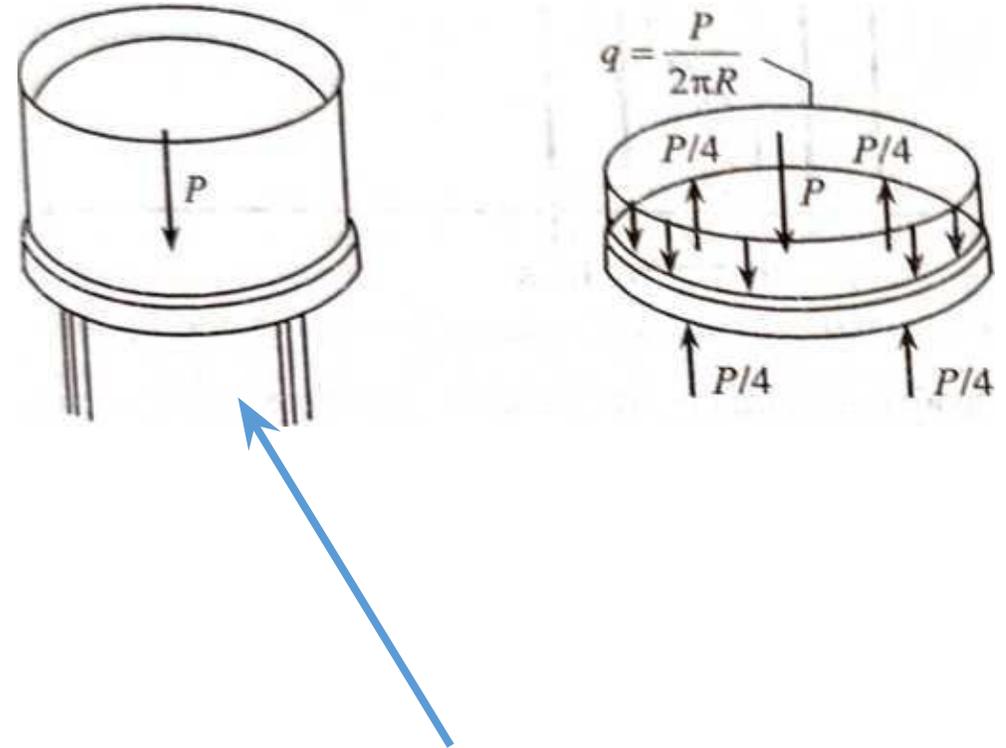
Выделение из объекта его существенной части является первым шагом идеализации. После того как выбрана та часть объекта, которая будет фигурировать в расчете, начинается идеализация ее геометрического образа - геометрическое моделирование. В процессе **геометрического моделирования** решается вопрос о возможной идеализации объекта в смысле придания ему свойств **регулярности** или **симметрии**, хотя сам объект, возможно, и не является строго регулярным, а условия симметрии могут быть в небольшой степени нарушенными. Следующим этапом является **идеализация материала конструкции** и набора его физико-механических параметров. Как уже было отмечено, материал заменяется модельной средой - рассматривается идеализированное тело, обладающее рядом свойств, а именно - тело считается сплошным (без пустот и трещин) и однородным. Это означает, что свойства материала, взятого в бесконечно малом объеме в окрестности любой точки, не зависят от его расположения. Использование этих гипотез базируется на экспериментальной основе. Экспериментальные данные, получаемые для представительного объема материала в виде кубов, призм, арматурных стержней и т. п., включают влияние всех неоднородностей и микротрещин.

Достаточно серьезной процедурой является **идеализация нагрузок**, действующих на конструкцию в различных режимах работы. Вообще, нагрузки являются одним из наименее изученных компонентов системы, они имеют большую изменчивость во времени и пространстве, и те расчетные модели, которыми оперирует проектная практика, достаточно условны. Некоторые из моделей нагружения, которые традиционно используются при составлении расчетных моделей (равномерно распределенная нагрузка, сосредоточенная сила, импульсивное воздействие, гармоническая осцилляция), являются физическими абстракциями, о чем надо хорошо помнить при анализе результатов расчета. Особенно много ошибок в процессе идеализации нагрузок совершается в части описании их поведения во времени, что приводит к недостоверной картине динамического поведения системы. Именно в динамике наиболее ярко проявляется обратная связь между нагрузкой и сооружением, когда его поведение меняет сам характер динамически приложенных нагрузок (флаттер, галопирование, взаимовлияние различных форм колебаний и др.).

Понятие нагрузки является удобным способом описания взаимодействия конструкции, с окружающей средой, но это не единственная форма такого взаимодействия. Часто необходимо описать не силовое, а **кинематическое взаимодействие**, когда некоторые внешние по отношению к рассчитываемой системе устройства стесняют перемещения или повороты отдельных точек или навязывают ей свои перемещения. Такие условия, называемые **связями**, почти всегда присутствуют в расчетной модели.

Иногда приходится иметь дело с тем, что есть не только действие нагрузки на систему, но и взаимодействие нагрузки с системой.

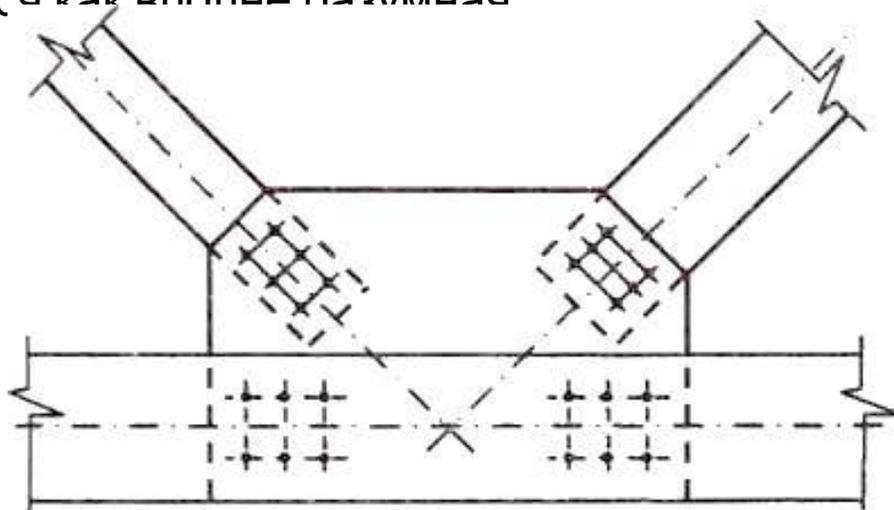
К числу характерных примеров взаимодействия нагрузки с системой относятся многие режимы динамического нагружения.



Кольцо не может рассматриваться как самостоятельно нагруженная силами система, поскольку оно прогибается ровно настолько, насколько позволяет ему деформироваться стенка бака. Кольцо практически находится в условиях деформационного нагружения.

Идеализация связей распространяется и на описание законов взаимодействия отдельных элементов системы друг с другом. Принимаемые чаще всего **условия полного совпадения перемещений или взаимных поворотов в точках соединения** (абсолютно жесткая связь), равно как и их альтернатива, т. е. отсутствие какого бы то ни было взаимодействия по рассматриваемым видам перемещений (шарнир, ползунок), конечно, являются достаточно сильной идеализацией реальной картины взаимодействия.

При этом чаще всего исходят не из кинематических условий сопряжения, а из гипотез, связанных с силовыми аспектами взаимодействия. Так, глядя на конструкцию **узла некоторой фермы**, трудно принять решение о полной свободе взаимных углов поворота концевых сечений стержней, сходящихся в узле. В то же время приводящая к такому же выводу гипотеза о малой роли изгибающих моментов при чисто узловых нагрузках интуитивно воспринимается как вполне разумная



**Узел
фермы**

РАСЧЕТНАЯ СИТУАЦИЯ

Под **расчетной ситуацией** будем понимать учитываемый в расчете комплекс условий, отражающих расчетные требования к проектируемой конструкции. Каждая расчетная ситуация включает такие вопросы, как расчетная схема конструкции, вид и характер нагрузок, значения коэффициентов надежности и условий работы, перечень предельных состояний, которые следует рассматривать в данной расчетной ситуации.

При проектировании конструкций необходимо рассматривать следующие расчетные ситуации:

- установившаяся, имеющая продолжительность того же порядка, что и срок службы строительного объекта, например, эксплуатация объекта между двумя капитальными ремонтами или изменениями технологического процесса;
- переходная, имеющая небольшую продолжительность по сравнению со сроком службы строительного объекта, например, возведение здания, капитальный ремонт, реконструкция;
- аварийная, имеющая малую вероятность появления и небольшую продолжительность, но весьма важная с точки зрения последствий при достижении возможных предельных состояний в данной ситуации; аварийные ситуации могут возникать в связи со взрывом, столкновениями, аварией оборудования, пожаром, а также непосредственно после отказа какого-либо элемента конструкции.

Следует отметить, что наиболее изучены первые два вида расчетных ситуаций - установившаяся и переходная, т.к. в этих ситуациях весьма полно учтены все возможные нагрузки, характер их действия и т.д., что позволяет с достаточной надежностью оценивать поведение конструкций.

Проектирование строительных конструкций производят в определенной логической последовательности.

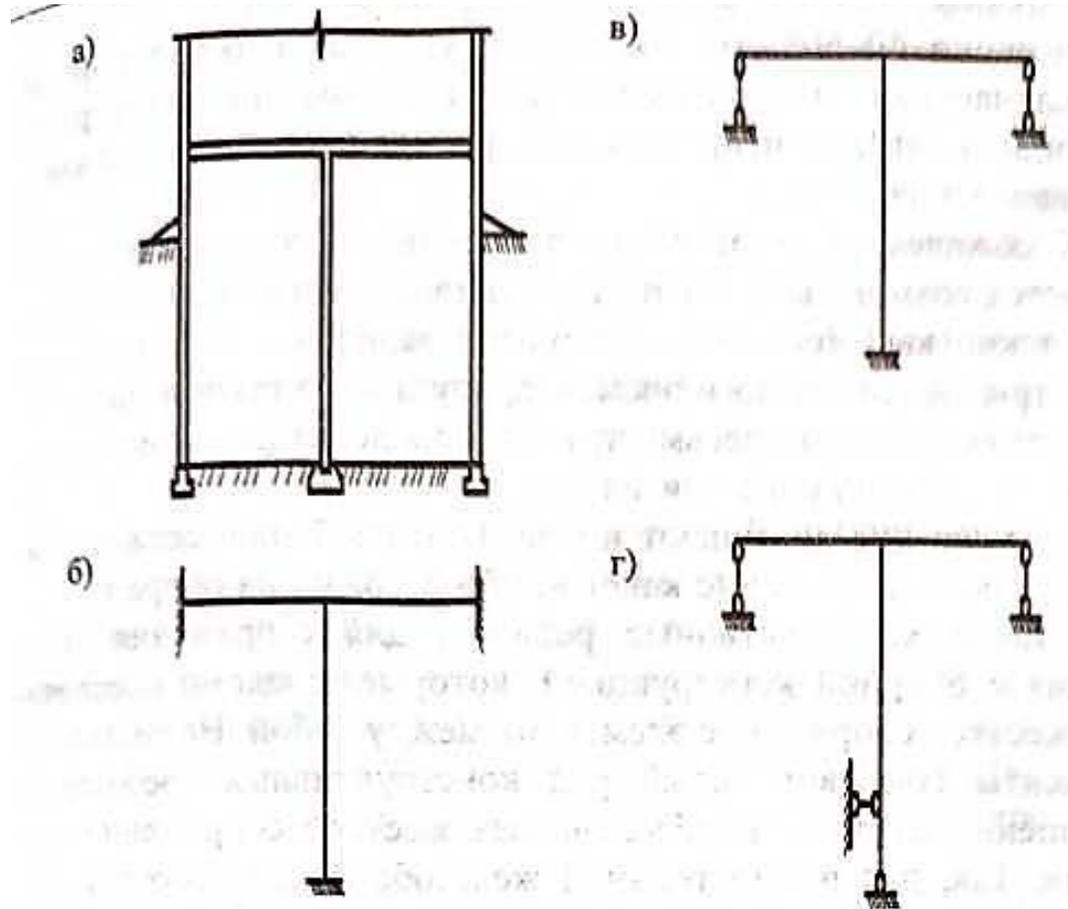
Процесс проектирования можно разделить на несколько этапов:

- **компоновка здания, сооружения.** Здесь с учетом функционального назначения здания разрабатывают объемно-планировочные решения, составляют конструктивную схему здания, выбирают несущие и ограждающие элементы и их габариты, решают вопросы сопряжения элементов между собой. Очевидно, что данный этап практически полностью относится к архитектурному проектированию; архитектурные же решения - исходный материал для инженера-конструктора;
- **выбор расчетных схем и определение нагрузок.** На основании принятой конструктивной схемы составляют или выбирают расчетную (идеализированную) схему конструкции, выявляют все нагрузки и воздействия, их величины и характер действия (место приложения, направление и продолжительность действия каждой нагрузки и др.),
- **определяют усилия в элементах проектируемой системы.** На этом этапе производят статический или динамический расчет системы методами строительной механики, определяя усилия в элементах и характер их распределения (эпюры продольных и поперечных сил, изгибающих и крутящих моментов), чтобы найти места опасных сечений;

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

- **расчет сечений.** По величине возникающих в системе усилий производят подбор сечений элементов или проверку достаточности ранее назначенных (принятых при компоновке) размеров сечений, чтобы предотвратить разрушение элементов, потерю устойчивости формы или устойчивости положения, чрезмерных деформаций или наступления других предельных состояний. Все эти вопросы - предмет рассмотрения науки о сопротивлении материалов;
- **конструирование.** Происходит процесс взаимоувязки всех частей и деталей проектируемой конструкции, выбор *наиболее* рациональных форм сечений, расположение материалов по сечению и решение многих других вопросов, связанных с разработкой рабочих чертежей конкретных изделий, элементов, конструкций

ВЫБОР РАСЧЕТНОЙ СХЕМЫ



Фрагмент конструктивного многоэтажного двухпролетного здания с кирпичными стенами, железобетонными балками перекрытия и железобетонными колоннами в середине пролета

На практике при выборе расчетной схемы поступают следующим образом. При необходимости принимать жесткое защемление какого-либо стержня на опоре принимают такие конструктивные решения для сопряжения этого стержня с опорной конструкцией, которые заведомо обеспечивают жесткое сопряжение элементов между собой. **Нормативные документы содержат целый ряд конструктивных требований, выполнение которых и обеспечивает жесткое сопряжение элементов.** Так, для прямоугольной железобетонной колонны глубина ее заделки в стакане фундамента должна быть не менее большего размера поперечного сечения колонны; при выполнении этого требования будет обеспечено жесткое защемление колонны в фундаменте.

Из трех возможных расчетных схем, изображенных на рисунке, следует принять вторую «В», в которой концы балки имеют шарнирные крепления, а стойка жестко защемлена в фундаменте.

**СПАСИБО
ЗА ВНИМАНИЕ**