

## ВВЕДЕНИЕ

### Сопротивление материалов

Для того чтобы построить мост, здание, любой механизм или машину, необходимо *сначала составить проект данной конструкции – т.е. спроектировать ее*. Это значит, что на основе расчетов, выполненных по определенным методикам, изготавливаются чертежи, где, в частности, указываются размеры конструкции в целом и ее отдельных элементов, материал, из которого они будут изготавливаться, и другие необходимые данные.

Основы этих расчетов рассматриваются в науке «Сопротивление материалов» (встречается также название – «*Механика материалов*»).

При этом с учетом условий эксплуатации в конструкции должны обеспечиваться заданные эксплуатационные свойства, надежность и безопасность ее работы в течение всего срока службы.

Ошибки в расчетах при проектировании могут приводить к разрушению конструкций и к катастрофам. Примеров можно привести много (например обрушение моста через Такомское ущелье в США).

Важным, а с учетом вышесказанного, противоречивым требованием, является требование обеспечения **снижения веса конструкции, экономного и эффективного использования материалов**.

### Связь курса с другими дисциплинами

В процессе инженерной подготовки студент изучает различные дисциплины: общетеоретические и общеинженерные – физику, теоретическую механику, сопромат, детали машин, теорию механизмов и машин; специальные дисциплины по профилю специальности, где на базе знаний указанных выше будут рассматриваться вопросы проектирования конкретных деталей, узлов, элементов конструкций и конструкций в целом. Таким образом, **выводы**, полученные в сопротивлении материалов, широко **используются во многих специальных технических дисциплинах**. Без знания и применения этих выводов нельзя спроектировать и построить ни одного сооружения, отвечающего современным требованиям. Отсюда становится понятным значение сопротивления материалов как науки и ее места среди специальных технических дисциплин, в которых практические расчеты базируются на выводах сопротивления материалов.

В сопромате, как учебной дисциплине, синтезируются сведения, полученные в других науках, таких как математика, физика, теоретическая механика, материаловедение (знание законов равновесия тел и физико-механических свойств материалов).

Свойства материалов и различных сред, их взаимодействие изучаются в «**Механике сплошной среды**». В свою очередь эта наука подразделяется на «**Механику жидкостей и газов**» и «**Механику деформируемого твердого тела**».

Сопротивление материалов является введением в «**Механику деформируемого твердого тела**» – МДТТ. К этой науке относятся сопротивление материалов, теория упругости, теория пластичности, строительная механика, механика разрушения, другие специальные разделы.

**Сопротивление материалов** решает задачи прочности простыми методами с использованием ряда упрощающих допущений, приводит решения к виду удобному для практического применения.

**Теория упругости** имеет, в общем, те же цели, что и сопротивление материалов. Однако между этими науками имеется существенное различие.

*Теория упругости* решает аналогичные сопротивлению материалов задачи, но в более строгой постановке, требующей применения сложного математического аппарата.

Решения, полученные в теории упругости, помимо своего самостоятельного значения, используются для оценки точности решений тех же задач методами сопротивления материалов.

**Теория пластичности** занимается установлением общих законов упруго-пластических и пластических деформаций, т.е. деформаций, не исчезающих после прекращения действия нагрузки.

**Строительная механика** в отличие от сопротивления материалов, рассматривает не отдельные элементы конструкций, а целые стержневые конструкции – фермы, рамы, арки, смешанные конструкции, а также корабли, самолеты, строительные и дорожные машины. Чаще всего методы расчета указанных конструкций рассматриваются в специальных дисциплинах на старших курсах учебных заведений.

**Механика разрушения** – молодая (первая работа молодого английского инженера Гриффитса была опубликована в 1920 г.) область МДТТ; она изучает поведение тела с трещинами и позволяет прогнозировать работу тела с трещинами.

**Сопротивление материалов в буквальном смысле есть наука, отвечающая на вопрос: почему конструкции прочные и что нужно делать, чтобы они были прочными.**

Важным для инженера является умение пользоваться вычислительной техникой и прикладными программами, предназначенными для проведения расчетов. Таких в настоящее время разработано и используется достаточно много – универсальные программные продукты (Cosmos, Ansys и др.) и специализированные (для расчета конкретных элементов и конструкций). Использование компьютерных технологий позволяет проанализировать несколько вариантов конструкций, что невозможно и трудоемко выполнить традиционными методами сопромата.

Отличительной особенностью использования прикладных программных продуктов является то, что эти программы работают с математическими расчетными моделями и от качества их подготовки будет зависеть насколько адекватна модель реальной конструкции, а также точность расчетов. С другой стороны, решение о том, какой вариант принять к производству, принимает инженер.

Следовательно, без базовых знаний по расчетам конструкций инженер не может работать на современном уровне.

### **Прочность, жесткость, устойчивость**

**Основная задача сопротивления материалов – разработка методов, позволяющих подбирать надежные и наиболее экономичные размеры поперечных сечений элементов конструкций, а также наиболее целесообразную их форму.**

Кроме того, в сопротивлении материалов часто приходится решать и **обратную задачу** – **проверять достаточность принятых размеров конструкций.**

При решении основной задачи сопротивления материалов используется как опыт (эксперимент), так и теория, которые в этой науке тесно связаны между собой.

**Экспериментальные исследования** дают возможность изучить механические свойства и поведение каждого материала как в самых простых, так и в сложных условиях его работы.

**Теория** позволяет применить и обобщить результаты опытных исследований для построения метода расчета конструкций, находящихся в любых условиях работы.

**Сопротивление материалов – наука об инженерных методах расчета конструкций или отдельных их элементов на прочность, жесткость и устойчивость.**

Иначе говоря, методами сопромата определяются основные размеры тех элементов конструкции, которые подвергаются действию различных сил, или, как говорят, несут нагрузку, т.е. эти размеры определяются расчетом на прочность, жесткость и устойчивость.

**Прочность** – способность конструкции в целом и ее отдельных элементов воспринимать определенную нагрузку не разрушаясь.

Для ответа на вопрос о прочности какого-то элемента необходимо изготовить этот элемент и нагрузить исследуемой нагрузкой. Если он не разрушился, значит, он прочен. Но это, понятно, непродуктивный путь. Так поступали в древности. Поэтому с давних времен разрабатываются и развиваются методы расчета на прочность.

**Жесткость** характеризует способность конструкции оказывать сопротивление деформации, т.е. изменению формы и размеров под действием нагрузки.

Можно провести опыт и ответить на поставленный вопрос. Но, как и в предыдущем случае, лучше применить различные методы расчета на жесткость. Для величины деформации элементов конструкции устанавливаются определенные пределы. Эти пределы назначаются в зависимости от требований к конструкции, с учетом опыта ее эксплуатации. Многие детали машин и механизмов должны иметь очень малые значения перемещений, чтобы обеспечивалось нормальное функционирование механизма. С другой стороны, многие конструкции нормально работают при достаточно больших абсолютных значениях перемещений. Все зависит от особенностей конструкции, ее назначения.

*Например:* максимальное перемещение днища танкера при полной загрузке нефтью  $f = 1$  м. Это много или мало?

Нормы проектирования дают следующий диапазон допустимых значений так называемой стрелы прогиба:  $f = \left( \frac{1}{100} \dots \frac{1}{600} \right) L$ .

Если длина корпуса танкера  $L = 300$  м, то  $f = \frac{1}{300} 300 \text{ м} = 1 \text{ м}$ .

Следовательно, анализируемый параметр находится в пределах допустимых значений.

**Устойчивостью** называется способность элементов конструкции сохранять под нагрузкой первоначальную форму упругого равновесия.

Это требование относится в основном к сжатым элементам. Нарушение первоначальной формы равновесия, называется потерей устойчивости. Оно опасно так же, как и разрушение. Примером потери устойчивости является выпучивание длинной и тонкой линейки, сжатой продольными силами, приложенными к ее концам. Экспериментальные методы и методы расчета на устойчивость также разрабатываются в сопротивлении материалов.

### Краткая историческая справка

Первые исследования восходят к имени Г. Галилея (XVI в.). Он первым исследовал прочность стержней и практически доказал, что прочность бревна не зависит от его длины, а лишь от размеров его поперечного сечения.

При изучении сопротивления материалов мы будем упоминать имена ученых, чьи исследования на разных этапах развивали знания о прочности, жесткости и устойчивости конструкций.

Это и Исаак Ньютон, и Роберт Гук, О.Л. Коши, А. Навье, Ж.-К. Сен-Венан, Д. Бернулли, С.Д. Пуассон, Т. Юнг и другие. Многие русские ученые и ученые СССР – Д.И. Журавский, С.П. Тимошенко, А.Н. Крылов, Б.Г. Галеркин, А.А. Ильюшин, В.З. Власов, П.Ф. Папкович и другие.

Современные школы прочности активно работают в: МГТУ им. Баумана (В.И. Феодосьев, Н.Н. Малинин), ЛПИ (Н.М. Беляев), КПИ (Г.С. Писаренко).

Широко известны работы в области прочности сварных соединений ученых-сварщиков: академиков отца и сына Патонов – Евгения Оскаровича и Бориса Евгеньевича (**Киев, ИЭС им. Патона**), Г.А. Николаева, В.А. Винокурова, С.А. Куркина (**Москва, МГТУ им. Баумана**), Г.Л. Петрова, В.П. Демянцевича, Н.О. Окерблома, Л.А. Копельмана (**Ленинград, ЛПИ**), О.А. Бакши (**Челябинск, УПИ**) и др.

Отдельно следует упомянуть **наших земляков – Ястребского** Николая Феликсовича (1808-1874) и **Евневича** Ипполита Антоновича (1831-1903).

**Ястребский Н.Ф.** закончил физико-математический факультет Вильнюсского университета в 1829 году. Затем – институт Корпуса инженеров путей сообщения в Петербурге. Инженер-строитель. Профессор.

Первым в России начал исследовать прочность железа и стали. Впервые провел исследования по динамике машин. Он в 1837 г. **издал первый в России учебник по сопротивлению**. Написал учебник по прикладной механике в 2-х томах.

В 1848 году Н.Ф. Ястребский – начальник отделения Могилевского участка путей сообщения. Руководил строительством шоссе Могилев - Киев, Могилев - Бобруйск, Могилев – Довск. По его проекту и с его участием в Могилеве построен мост через Днепр (1860) длиной более 100 м.

Ушел Н.Ф. Ястребский в отставку полковником и прожил последние 26 лет жизни в Могилеве. О жизни и научной и педагогической деятельности Ястребского Н.Ф. написана книга:

**Гусак А.А. Практичная механіка і «Мёртвые души». Мікалай Ястрэбскі. /серыя «Нашы славетныя землякі»: Мінск, "Навука і тэхніка", 1992.-53с.**

**Евневич И.А.** родился в Сеннеском уезде Могилевской губернии, ученый в области гидравлики и механики. Окончил в 1856 г. физико-математический факультет Петербургского университета. С 1868 г. – профессор прикладной механики в Петербургском технологическом институте. Читал курс прикладной механики также в других высших учебных заведениях России. Основные работы Евневича И.А. относятся к области гидравлики., в 1874 г. Им опубликован “Курс гидравлики” (ч.1 и 2) – один из первых по этой дисциплине. Евневич И.А. издал также монографию по **теории упругости**.