Лекция №1

**Введение, цель и задачи курса, роль в подготовке инженеров.**

Целью курса СМ и МК СДМ является синтез полученных знаний по курсам теоретической механики, ТКМ, сопромата, деталей машин, получения навыков рациональных современных методов проектирования, умения анализировать полученные результаты.

Курс «Строительная механика и металлоконструкции строительных и дорожных машин» - специальный курс. Читается студентам, обучающимся по специальности «Грузоподъемные, строительные и дорожные машины и оборудование» по программе конструкторской подготовки специалистов с высшим образованием. Содержание курса предусматривает изучение студентами методов проектирования металлоконструкций, приобретение практических навыков расчетов, необходимых в работе конструктора.

Программа рассчитана на студентов, изучивших курсы: Теоретическая механика, Материаловедение, Сопротивление материалов.

Лекционный курс включает два основных раздела:

1. Строительная механика.
2. Расчет и проектирование металлоконструкций строительных и дорожных машин.

Первый раздел предусматривает повторение известных вам методов расчета конструкций при действии на них неподвижных нагрузок, изучение Теории Линий Влияния для расчета конструкций от действия подвижных нагрузок. Методы расчета статически неопределимых расчетных схем конструкций. Основы динамики металлоконструкций.

Второй раздел предусматривает рассмотрение различных расчетных схем металлоконструкций применительно к строительным и дорожным машинам, изучение узлов и элементов металлоконструкций машин с учетом рабочих процессов и условий их эксплуатации.

На практических занятиях студент закрепляет теоретические знания и приобретает необходимые практические навыки выполнения расчетов конструкций, умения анализировать полученные результаты, учится пользоваться справочной и нормативно-технической литературой.

Курсовая работа небольшого объема (1 лист графической части и 15-18 листов пояснительной записки) выполняется в течение семестра и должна быть сдана к концу семестра. Без курсовой работы студент не допускается к сессии.

1. Каждый студент обязан вести конспект лекций. Конспекты буду проверять и на экзаменах разрешу (в какой-то мере) пользоваться СВОИМ конспектом.

2. На практические занятия приходить подготовленным по тому разделу, по которому проводится занятие. Приносить калькуляторы и линейку с карандашом для построения расчетных схем.

3. На практических занятиях решение задач индивидуально. Каждый студент решает свой вариант задачи. Контроль за правильностью решения по ответам.

4. Проверка посещаемости проводится на каждом занятии. Если в журнале стоит пропуск, мне не надо доказывать, что вы были на прошлой лекции, а я вас не отметил.

5. Хождений во время лекции быть не должно, поэтому опаздавших не буду пускать.

Основная литература:

1.Мандриков А.П. Примеры расчета металлических конструкций [Текст]: учебное пособие / А.П. Мандриков. – Изд. 3-е, мтер. – СПб. [и др.]: Лань, 2012. – 432 с.

2. Дарков А.В., Шапошников Н.Н. Строительная механика: Учебник. 9-е изд., испр. СПб.: Лань,2008.655с.

3. Ситков В.И., Сербин Е.П. Строительные конструкции. Расчет и проектирование: Учебник 2-е изд., доп. и испр. М.: Инфра-М, 2005. 447с, :ил.

Дополнительная литература:

1. Живейнов Н.Н., Карасев Г.Н., Цвей И.Ю. Строительная механика и металлоконструкции строительных и дорожных машин. Учебник для ВУЗов по специальности «Строительные и дорожные машины и оборудование». М.: Машиностроение, 1988.

2 Методические указания для самостоятельного решения задач по курсу «Строительная механика и металлоконструкции строительных и дорожных машин». Омск, 1988.

3 Металлические конструкции строительных и дорожных машин. Под ред. В.А. Ряхина. М.:Машиностроени, 1972.

4 Расчет и проектирование металлоконструкций подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин: метод. Указания для курсового проектирования/ Сост.: В.А. Алексеев, Ш.К. Мукушев. Омск: Редакция журнала «Омский вестник», 2006. 60с.

План лекции.

1. Значение курса «СМ и МК СДМ» и связь с другими дисциплинами.
2. Историческая справка развития СМ как научной дисциплины.

***Значение курса «СМ и МК СДМ» и связь с другими дисциплинами.***

Строительная механика – наука о принципах и методах расчета конструкций на прочность, жесткость и устойчивость при статических и динамических воздействий. В ней рассматриваются те же вопросы, что и в сопромате, только объектом является не отдельный элемент конструкции, а совокупность многих элементов: стержней, пластин, оболочек и т.д.

Проектируемая конструкция должна удовлетворять не только прочности, но и экономичности, что можно обеспечить лишь при достаточно точном прочностном расчете. Рассчитывают конструкцию исходя из внешних воздействий на нее и ее сопротивления этим воздействиям. Внешние воздействия разделяют на силовые, температурные и дислокационные (задаваемые перемещения из-за неточности изготовления, осадки опор и т.п.) Сопротивление представляет собой основную функцию несущей конструкции; оно определяется физическими характеристиками и геометрическими параметрами элементов и их соединений. Воздействия в отличие от сопротивления обычно имеют случайный характер, поэтому расчет конструкций, в общем, представляет предмет надежности с применением вероятностных методов.

Несущие конструкции СДМ (или просто металлоконструкции) отличаются от строительных конструкций как по характеру воздействия, так и по характеристикам сопротивления. В процессе работы их конфигурация не остается постоянной, а внешние воздействия на рабочий орган (например, на ковш экскаватора) непрерывно изменяются по значению и направлению. Кроме того, МК некоторых машин являются многофункциональными и при различном съемном рабочем оборудовании испытывают качественно различные воздействия. Вопросы выбора оптимального конструктивного решения в этом случае особенно актуальны.

МК СДМ имеют разнообразные соединения между составляющими их элементами, в том числе и упругоподатливые (канат, пружина и т.п.). Широкое применение получили соединения в виде гидроцилиндров; они одновременно изменяют конфигурацию конструкции и воздействие на нее.

МК машин работают в динамическом режиме, испытывая переменные во времени напряжения, что приводит к быстрой усталости материала и уменьшению долговечности конструкции. Поэтому в некоторых случаях, несмотря на большую массу, отдают предпочтения листовым конструкциям балочного типа, у которых по сравнению с решетчатыми выше сопротивление усталости.

Следует отметить, что размеры некоторых элементов МК машин определяются условиями не только прочности, но и долговременной работы на износ.

Механизация строительства является основным средством повышения производительности труда, необходимым условием выполнения огромных объемов строительных работ, выполняемых в России ежегодно.

Задача повышения технического уровня машин, повышение технико-экономических показателей относятся к машине в целом, а значит и к МК.

Совершенствование конструкций машин с целью снижения их металлоемкости является важной задачей.

Снижение металлоемкости машин может быть достигнуто путем совершенствования расчетов и проектирования: рациональным выбором расчетных схем, более точным определением действующих нагрузок и их сочетаний, выбором геометрических параметров сечений элементов конструкций с минимальными коэффициентами запаса прочности, рациональным проектированием узлов и конструкции в целом, применением прогрессивных прокатных и гнутых профилей.

Кроме того, при производстве МК СДМ есть свои резервы экономии металла.

Развитие и совершенствование любой отрасли науки, в том числе и строительной механики, возможно только тогда, когда хорошо известны ее фундаментальные основы, поэтому при изучении курса особенно важно хорошее усвоение основных принципов и методов механики деформируемого твердого тела. Важно знать не только рецепты решения той или другой задачи, т.е. умения формально рассчитывать ферму, балку или другую конструкцию, но ясно представить себе суть расчета, уметь сформулировать задачу, построить ее математическую модель, применить для нее математический аппарат и на должном уровне воспользоваться вычислительным средством. *Эти требования обязательны не только для усвоения известных методов расчета. Они создают условия для творческих изысканий новых методов расчета, т.е. той цели, к которой готовится современный высококвалифицированный инженер!* Задачей курса является освоение современных методов расчета и проектирования МК СДМ.

Курс «СМ и МК СДМ» читается после изучения курсов «Теоретическая механика», «Материаловедение», «Детали машин», «Сопротивление материалов» и базируется на знаниях, полученных при изучении названных курсов.

В расчете конструкций при их проектировании применяются известные вам из курса «Теоретическая механика» методы расчета конструкций при действии неподвижных нагрузок. Расчет конструкций в настоящее время ведется в статическом положении, т.е. предполагаем, что конструкция под действием приложенных нагрузок находится в состоянии покоя. Внешние силы уравновешены внутренними усилиями, возникшими в элементах конструкции под действием внешних нагрузок.

Определив усилия в каждом элементе конструкции необходимо найти геометрические характеристики поперечных сечений элементов. Это задача курса «Сопротивление материалов», которая не может быть решена без предварительного выбора материала для изготовления конструкции, в чем нам помогут знания, полученные в курсе «Материаловедение». В курсе «Детали машин» вами изучались вопросы проектирования соединений, а каждый элемент МК соединяется с другими при помощи разъемного или неразъемного соединения. Следовательно, знания, полученные вами при изучении курса «Детали машин» используются вами при сдаче экзамена по «МК СДМ».

Изучаемый курс тесно связан и с другими спецкурсами, которые вы будете изучать в дальнеших курсах – это курсы: «Землеройные машины», «Дорожные машины», «Эксплуатация дорожных машин», «Ремонт дорожных машин» и др.

**История развития металлических конструкций машин и сооружений и методов их расчета.**

Вся деятельность человека, начиная с глубокой древности, связана со строительством. Об этом свидетельствуют многочисленные памятники культуры (пирамиды, крепости, храмы, обелиски и т.д.). Неизвестно, выполнялись ли при этом какие-либо расчеты или строили только на основании опыта, накопленного в предыдущие годы.

Строительная механика (СМ) в начальный период развития не была самостоятельной наукой, а сливалась с общей механикой. Самостоятельно как наука СМ стала успешно развиваться лишь в первой половине 19 века в связи с начавшимся усилением строительства мостов, ЖД, плотин и т.п.

Начало науки о прочности связывают с именем знаменитого физика, математика и астронома Галилео Галилея (1564-1642), когда развитие судоходства поставило задачу увеличения тоннажа судов и изменения их конструкции. Изучая сопротивление балок изгибу, Галилей сделал важнейшие выводы, не утратившие своего значения и в настоящее время. Однако изучая напряжения в простой балке, он ошибочно полагал, что напряжения по высоте балки имеют одинаковые знаки, т.е. принял линейное распределение напряжений по высоте сечения.

До него более сложные вопросы механики рассматривались Леонардо Да Винчи, но труды эти не были опубликованы и остались неизвестными.

Английский ученый Роберт Гук (1635-1703) занимался проблемами прочности материалов. Сформулировал линейный закон, связывающий деформации и приложенные нагрузки. Этот закон и в настоящее время называется законом Гука.

Французский ученый Э.Мариотт (1620-1684) исправил ошибку Галилея, указав, что при изгибе балки имеют место напряжения разных знаков по высоте сечения: растяжение и сжатие.

При этом следует подчеркнуть, что работы Галилея и Мариотта были связаны с определением предельной нагрузки. К этой современной задаче вернулись исследователи лишь в начале 20 века.

Дальнейшее развитие механики связано с работами ученых Я.Бернулли (1654-1705), Л.Эйлера (1707-1783) – расчет сжатого стержня на устойчивость, Ж. Логранжа (1736-1813), а также русских ученых М.В. Ломоносова (1711-1765), который фактически подошел к открытию всеобщего закона сохранения материи, а тем самым и закона сохранения энергии, имеющего исключительно большое значение для СМ. В частности, при помощи этого закона установлен универсальный метод определения перемещений и производится расчет конструкций на ударную нагрузку, И.П. Кулибина (1735-1818).

Однако до начала ХIX в. исследования механики ограничивалась лишь решениями отдельных задач, чаще всего исследованиями работы балок. И только в 1821-1822 гг. Л. Навье (1785 – 1836) и О.Коши (1798-1857) вывели общее уравнение теории упругости, которыми пользуемся и в настоящее время, но тогда они не нашли применение, т.к. отсутствовали как методы решения таких задач, так и средства вычисления.

Развитие строительной техники связано с бурным ростом промышленности и строительства, особенно железнодорожных мостов.

В это время в виду отсутствия эффективных вычислительных средств широко использовались графические методы решения задач строительной механики: Ш.О. Кулон (1736-1806), К.Кульман (1821-1881), Л.Кремона (1830-1903), Максвелл (1831-1879).

Возродили аналитические методы расчетов ученые Д.И. Журавский (1821-1891), Л.Навье (1785-1836), О.Мор (1835-1918) – расчет статически неопределимых систем.

Л. Навье издал первый учебник по строительной механике.

Сен-Венан (1797-1886) – первые работы по теории пластичности.

Основные положения строительной механики разрабатывались такими выдающимися учеными и инженерами, как Пьер Вариньон (1654-1722), Риттер, Мор, Максвелл (1831-1879), Бетти и др. Большое влияние на развитие строительной механики оказали русские ученые: Д.И. Журавский (1821-1891) – впервые обосновавший закон распределения усилий между раскосами ферм, профессор Ф.С. Ясинский (1856-1899) – основатель теории расчета раскосных ферм, профессора В.Л. Кирпичев (1845-1913), Лавр Дмитриевич Проскуряков (1858 – 1926) и др.

Первые конструкции строительных машин (грузоподъемных машин) были выполнены из дерева. Применение дерева, как конструкционного материала не могло удовлетворить требованиям, т.к. конструкции получились весьма громоздкими и большого веса из-за относительно малых допускаемых напряжений, а узлы и стыковые соединения при переменных нагрузках не обладали достаточной жесткостью.

Устранить указанные недостатки позволило использование для конструкций грузоподъемных и др. машин металла, как материала, обладающего значительно большей прочностью и долговечностью по сравнению с деревом.

Большой вклад в развитие методов расчета и конструирования металлических конструкций машин и сооружений внесли советские ученые академики Борис Григорьевич Галеркин, Александр Николаевич Крылов (1863-1945), профессор Л.Г. Кифер (1870-1950), П.Е. Богуславский, выдающийся советский инженер В.Г. Шухов (1853-1939) и др.

Проектирование и возведение значительного числа грузоподъемных сооружений было осуществлено под руководством или при консультации выдающегося инженера, одного из выдающихся деятелей отечественного подъемно-транспортного машиностроения, заслуженного деятеля науки и техники, профессора Л.Г.Кифера (1870-1950).

Выдающуюся роль в деле разработки и внедрения принципов современной отечественной школы проектирования и возведения металлических сооружений принадлежит члену-корреспонденту АН СССР, д.т.н., профессору Николаю Станиславовичу Стрелецкому (1885-1967) (Теория расчета по предельному состоянию) и сотрудникам возглавляемого им НИИ.

Конструктивные формы металлоконструкций ГПМ и СДМ развивались в соответствии с уровнем развития технологии их изготовления. Почти до конца 20-х годов металлоконструкции изготавливались клепаными, что предопределило применение, в основном, прокатных профилей в виде уголка, двутавра, швеллера.

Первые конструкции замкнутого коробчатого сечения были выполнены, по-видимому, под влиянием строительства железнодорожных мостов, но во второй половине 19-го столетия начали применяться ферменные конструкции, которые были весьма распространены до середины 30-х годов.

Внедрение в 30-е годы нового метода соединения элементом посредством сварки дало возможность создать новые более простые конструктивные формы с использованием, главным образом, относительно тонкой листовой стали, гнутых (из листа) профилей, труб, что дает существенную экономию металла и уменьшает трудоемкость изготовления металлоконструкций.

Выдающуюся роль в развитии науки и практики изготовления соединений элементов металлоконструкций сваркой принадлежит академику О.Е. Патону и коллективу НИИ, которым он руководил до конца своей жизни. В настоящее время металлоконструкции СДМ, ПТМ и ГПМ изготавливают исключительно в сварном варианте, широко используется сварка автоматическая и полуавтоматическая, сварка под слоем флюса и в среде инертного газа.

Тенденции развития методов расчета и проектирования металлоконструкций.

За последние годы заметно изменились конструктивные формы многих машин, что объясняется совершенствованием их с целью уменьшения расхода металла на изготовление и стоимости при улучшении их качества. Изменения эти произошли, прежде всего, за счет широкого использования коробчатых конструкций взамен решетчатых, а в решетчатых конструкциях значительному увеличению применение замкнутых трубчатых профилей взамен открытых уголковых и швеллерных.

Причиной этому является следующее:

1. Теоретически в плоской ферме металл используется лучше, чем в плоской балке, поэтому ферма легче, но плоские конструкции неустойчивы и не применяются. В пространственной ферме из-за малонагруженных элементов связей между вертикальными плоскими фермами степень использования металла может оказаться ниже, чем у коробчатого сечения, обладающего необходимой жесткостью.
2. Серьезным преимуществом коробчатых сечений является лучшее сопротивление усталости, что весьма важно при тяжелом и весьма тяжелом режимах эксплуатации конструкции.
3. Стоимость изготовления в значительной степени зависит от трудоемкости ее изготовления, она значительно ниже у конструкций коробчатого сечения.

Одним из направлений совершенствования МК является применение сталей, позволяющих создать более экономичные конструкции, отвечающие требованиям работы в специфических условиях, например, в условиях Крайнего Севера и т.д.

Применение комбинированных сварно-литых и сварно-кованных конструкций позволяет получить значительную экономию металла и труда.

В настоящее время расчет МК ПТМ и СДМ ведется методом допускаемого напряжения или методом предельного состояния. Наиболее часто применяется метод расчета по допускаемым напряжениям. Применение метода расчета по предельному состоянию позволяет экономить 10-15% металла. Метод основан на базе вероятной трактовки, как нагрузок, действующих на МК, так и вероятности соответствия механических характеристик стали их паспортным данным.

Совершенствование методов расчета, в частности применение вероятностных методов расчета, требует знания действительных нагрузок, изменяющихся по величине и частоте повторения во времени. Более того, расчеты на выносливость требуют знания коэффициентов асимметрии цикла нагружения, т.е. колебания напряжений при эксплуатации МК.

Такие данные получают путем экспериментального исследования машин в эксплуатационных условиях путем тензометрирования и записи показаний на пленку осциллографа. Экспериментальные исследования позволяют определить действительные величины нагрузок, действующих на МК машин при эксплуатации, а, значит, более обоснованно вести расчет конструкций.