

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)»

Ш.К. Мукушев, А.А. Байбисенова, Д.А. Гамалий

**Расчет и проектирование металлоконструкций
подъемно-транспортных,
строительных и дорожных машин**

Учебно-методическое пособие для курсового проектирования



Омск – 2019

УДК 624.014:625.76.08
ББК 30.4
М90

Согласно 436-ФЗ от 29.12.2010 «О защите детей от информации, причиняющей вред их здоровью и развитию» данная продукция маркировке не подлежит.

Рецензент

канд. техн. наук, доц. А.Ю. Сачук (СибАДИ)

Работа утверждена редакционно-издательским советом СибАДИ в качестве учебно-методического пособия.

Мукушев, Шадат Курмашович.

М90 Расчет и проектирование металлоконструкций подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие для курсового проектирования / Ш.К. Мукушев, А.А. Байбисенова, Д.А. Гамалий. – Электрон. дан. – Омск : СибАДИ, 2019. – Режим доступа:....., свободный после авторизации. – Загл. с экрана.

Приведена общая методика расчета и проектирования металлоконструкций подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин, а также методы определения усилий в элементах металлоконструкций. Даны общие сведения о выборе и обосновании материала для металлоконструкций, методах расчета на прочность и устойчивость, конструирования и расчета соединений элементов.

Имеет интерактивное оглавление в виде закладок.

Предназначено для обучающихся всех форм обучения направлений подготовки бакалавров и магистров «Наземные транспортно-технологические комплексы», специалистов специальности «Наземные транспортно-технологические средства» при выполнении курсовых работ, выпускных квалификационных работ и расчетно-графических работ, изучающих дисциплину «Строительная механика и металлоконструкции подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин».

Подготовлено на кафедре «Подъемно-транспортные, тяговые машины и гидропривод».

Текстовое (символьное) издание (17 МБ)

Системные требования: Intel, 3,4GHz; 150 Мб; Windows XP/Vista/7/8/10;
DVD-ROM; 1 Гб свободного места на жестком диске; программа для чтения pdf-файлов: Adobe Acrobat Reader; Foxit Reader

Редактор И.Г. Кузнецова

Техническая подготовка Н.В. Кенжалинова

Издание первое. Дата подписания к использованию 30.01.2019

Издательско-полиграфический комплекс СибАДИ. 644080, г. Омск, пр. Мира, 5
РИО ИПК СибАДИ. 644080, г. Омск, ул. 2-я Поселковая, 1

© ФГБОУ ВО «СибАДИ», 2019

Введение

Металлоконструкции строительных и дорожных машин являются остовом машины, на котором монтируются все рабочие механизмы, приводы, системы. Доля металлоконструкций в общей массе дорожно-строительных и дорожных машин составляет в среднем 40%, подъемно-транспортных – 90...95%. Поэтому металлические конструкции должны удовлетворять эксплуатационным требованиям в зависимости от назначения машины: обладать необходимой несущей способностью, т.е. прочностью и устойчивостью, иметь необходимую жесткость и достаточную надежность.

Надежность металлоконструкции является фактором, определяющим надежность и долговечность работы машины в целом, поэтому при расчете и конструировании необходимо уделять особое внимание совершенствованию конструктивных форм и методов расчета металлоконструкций, обеспечению надежности и долговечности при одновременном учете экономии металла.

1. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Курсовые проекты, курсовые работы являются учебными документами, выполненными студентами по учебному плану в процессе обучения.

Курсовая работа – самостоятельная работа студента, основной целью и содержанием которой являются развитие навыков теоретических и экспериментальных исследований, инженерных расчетов, составления технико-экономического обоснования различных решений или обобщений, оценка результатов исследования, способствующих успешной подготовке к выполнению выпускной квалификационной работы.

Курсовой проект – самостоятельная работа студента, основной целью и содержанием которой являются развитие умений и навыков путем решения конструкторских задач, проведения инженерных расчетов, оформления графической части проекта, технико-экономического обоснования решений или обобщений, оценка результатов расчета, а также подготовка студентов к творческому решению конкретных задач проектирования с использованием средств вычислительной техники.

В курсовых проектах (работах) документы должны оформляться в соответствии с требованиями государственных стандартов:

- текстовые документы – по ГОСТ 2.105–95;
- конструкторские документ – по ЕСКД;
- технологические документы – по ЕСТД.

1.1. Содержание курсовой работы (проекта)

При выполнении курсовой работы рекомендуется соблюдать этапы проектирования в определенной последовательности и в заданные сроки.

Получив задание (прил. А) на проектирование металлоконструкции, необходимо ознакомиться по учебной, справочной и научно-технической литературе с образцами машин, аналогичными проектируемой по назначению и основным параметрам.

Основными этапами проектирования металлоконструкций строительных и дорожных машин являются /6/:

- выбор и обоснование расчетной схемы проектируемой металлоконструкции;
- определение усилий, возникающих в опасных сечениях металлоконструкций (см. раздел 2);

- выбор материала и его механических свойств (см. раздел 4);
- определение геометрических характеристик поперечных сечений элементов;
- выбор прокатных профилей;
- общая компоновка металлоконструкции;
- проектирование соединений элементов металлоконструкции (см. раздел 6);
- выполнение рабочих чертежей металлоконструкции машины.

Расчетной схемой называется упрощенная идеализированная модель проектируемой или проверяемой конструкции, выполненная в определенных пропорциях к действительной /6,7/.

На расчетной схеме указываются величины и точки приложения внешних нагрузок. Это позволяет выполнить расчет усилий, возникающих в элементах конструкции. При выборе расчетной схемы необходимо обеспечить геометрические очертания конструкции, расположение отдельных элементов относительно друг друга; вычертить металлоконструкцию в определенных пропорциях к рассчитываемой; определить виды нагрузок и их сочетания в различных расчетных положениях машины, характерных для того или иного вида расчета; определить точки приложения нагрузок для каждого из расчетных положений; определить величины действующих внешних нагрузок.

Для определения усилий, возникающих в опасных сечениях металлоконструкции, необходимо выбрать метод определения усилий, а затем рассчитать усилия, действующие в каждом элементе.

Выбор марки стали зависит от условий эксплуатации машины, особенностей технологического процесса ее изготовления, требований стоимости конструкции /6,7/. При выборе марки стали необходимо учитывать возможность работы строительных и дорожных машин в различных климатических зонах.

Определение геометрических характеристик поперечных сечений элементов производится на основании расчета металлоконструкций машин. Существует два метода расчета /6,7/:

- по допускаемым напряжениям;
- по предельному состоянию.

При необходимости металлоконструкция может быть рассчитана на долговечность (усталостную прочность) одним из перечисленных методов.

Прокатный профиль каждого элемента металлоконструкции выбирают исходя из сортамента.

Часто применяются нестандартные гнуто-сварные и сварные конструкции, изготавливаемые из листовой стали.

При конструировании или общей компоновке металлоконструкции строительных или дорожных машин необходимо соблюдать ряд условий /8/:

- продольные оси стержней, подходящих к данному узлу, должны пересекаться в центре узла;
- необходимо обеспечить прочность соединения, что проверяют расчетом сварных швов или заклепок;
- для растянутых стержней рекомендуется применять максимальные длины проката с целью уменьшения стыков;
- стержни и узлы следует проектировать без резких изменений сечений, переходы к измененному сечению делают плавными, чтобы избежать концентрации напряжений;
- сечения составных стержней следует выполнять из возможно меньшего числа профилей;
- если сечение состоит из двух элементов, не примыкающих друг к другу вплотную, то эти элементы необходимо соединять планками.

Соединения элементов металлоконструкций проектируются неразъемными, т.е. их нельзя разъединить без разрушения или повреждения, и разъемными, позволяющими повторные сборки и разборки. Неразъемные соединения выполняются на заклепках или, чаще, сварными.

Разъемные соединения имеют различное исполнение: могут быть резьбовыми, шлицевыми и др. (применяются в соединениях деталей машин). В разъемных соединениях узлов металлоконструкций применяются болтовые (на фланцах или стыковые с накладками) соединения на шпильках, например, диагональных балок некоторых башенных кранов и порталов, диагональных балок с нижними секциями башен.

На основании проведенных расчетов и обоснований выполняют чертежи металлоконструкций. Все чертежи должны давать полную информацию о металлоконструкции и быть оформлены в соответствии с Единой системой конструкторской документации.

1.2. Требования к пояснительной записке

Пояснительная записка курсовой работы должна содержать титульный лист, задание на курсовую работу, содержание, введение, основную часть в соответствии с утвержденным заданием на курсовую работу, заключение, список использованных источников и, при необходимости, приложения.

Титульный лист является первым листом документа. Он печатается на листе формата А4 по ГОСТ 2.301 по форме, приведенной в прил. Б.

Слова, напечатанные на отдельной строке («Содержание», «Перечень условных обозначений», «Введение», «Заключение», «Список использованных источников»), должны служить заголовками соответствующих разделов и не нумеруются.

Текст пояснительной записки при необходимости разделяют на разделы и подразделы. Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всей пояснительной записки, обозначенные арабскими цифрами без точки и записанные с красной строки.

Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номера подразделов состоят из номеров раздела и подраздела, разделенных точкой.

Наименования разделов и подразделов должны быть краткими.

Перед каждой позицией перечисления следует ставить дефис, при необходимости ссылки в тексте документа на одно из перечислений – строчную букву, после которой ставится скобка, а запись производится с красной строки, например:

- а) _____,
- б) _____,
- 1) _____,
- 2) _____.

Заголовки следует печатать с прописной буквы без точки в конце, не подчеркивая.

Наименования подразделов записывают в виде заголовков (с красной строки) строчными буквами (кроме первой прописной).

Переносы слов в заголовках не допускаются. Точку в конце заголовка не ставят; если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой.

Каждый раздел пояснительной записки рекомендуется начинать с нового листа (страницы).

В пояснительной записке помещают содержание, включающее номера и наименования разделов и подразделов с указанием номеров листов (страниц). Слово «Содержание» записывают в виде заголовка (симметрично тексту) с прописной буквы. Наименования, включенные в содержание, записывают строчными буквами, начиная с прописной буквы.

В конце пояснительной записки приводится в соответствии с ГОСТ 7.1–2003 список использованных источников. Список использованных источников включают в содержание пояснительной записки.

Полное наименование изделия на титульном листе, в основной надписи и при первом упоминании в тексте пояснительной записки должно быть одинаковым с наименованием его в основном конструкторском документе. В последующем тексте порядок слов в наименовании должен быть прямой, т.е. на первом месте должно быть определение (имя прилагательное), а затем название изделия (имя существительное), при этом допускается употреблять сокращенное наименование изделия. Наименования в тексте пояснительной записки и на иллюстрациях должны быть одинаковыми.

В пояснительной записке должны применяться научно-технические термины, обозначения и определения, установленные соответствующими стандартами, а при их отсутствии – общепринятые в научно-технической литературе. Если принята специфическая терминология, то в конце пояснительной записки (перед списком использованных источников) должен быть приведен перечень принятых терминов с соответствующими разъяснениями, перечень включают в содержание пояснительной записки.

Нумерацию листов пояснительной записки начинают с титульного листа.

Иллюстрации (рисунки, схемы, графики, фотографии и т.д.) обозначаются словом «Рисунок», нумеруются последовательно арабскими цифрами в пределах раздела, за исключением иллюстраций, приведенных в приложении. Номер иллюстрации должен состоять из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой (рис. 1).

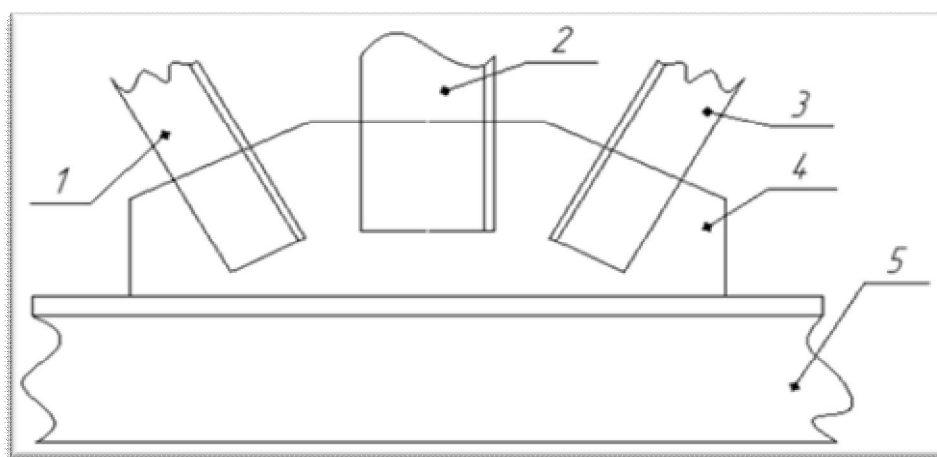


Рис. 1. Узел крепления:
1,3 – раскосы; 2 – стойка; 4 – косынка; 5 – нижний пояс

Формулы, приведенные в пояснительной записке, нумеруются в пределах раздела. Например: (2.5) – пятая формула во втором разделе.

Ссылки на использованные источники нумеруются в порядке упоминания.

Пояснительная записка составляется по частям в процессе выполнения расчетов и конструирования, должна содержать все необходимые сведения для разработки чертежно-технической документации и оформляется по окончании курсового проектирования.

Целью пояснительной записки является обоснование спроектированной металлоконструкции. Основной формой обоснования является расчет. Порядок изложения расчетов определяется характером рассчитываемых величин /26/.

Расчеты в общем случае должны содержать:

- эскиз или схему рассчитываемого изделия;
- задачу расчета (с указанием, что требуется определить при расчете);
 - данные для расчета;
 - расчет;
 - заключение.

Эскиз или схему допускается вычерчивать в произвольном масштабе, обеспечивающем четкое представление о рассчитываемом изделии. Узлы и элементы, которые не рассчитываются, должны быть обоснованы конкретными конструктивными или технологическими соображениями. Обоснованием может являться аналогия с известными конструкциями.

Заключение должно содержать окончательные выводы, характеризующие итоги работы в решении поставленных перед ним задач, рекомендации и предложения по использованию принятых решений, их эффективности.

1.3. Требования к чертежам

Графическая часть курсовой работы включает в себя сборочный чертеж металлоконструкции подъемно-транспортной, строительной или дорожной машины. Содержание листов графической части курсовой работы устанавливается учебным заведением и конкретизируется руководителем курсовой работы.

Чертежи курсовой работы должны быть выполнены на стандартных форматах А1 согласно ГОСТ 2.301.

Сборочный чертеж выполняется не менее чем в двух проекциях. Если возникает необходимость, то показываются третья проекция, разрезы и сечения.

На сборочных чертежах указывают габаритные присоединительные и установочные размеры.

Зону чертежа над основной надписью отводят для текстовой части. Текстовая часть содержит техническую характеристику и технические требования. Техническую характеристику оформляют в виде пронумерованных пунктов. Каждый пункт содержит какой-либо параметр. В технические требования помещаются показатели, которые не могут быть выражены графически (размеры для справок, зазоры, требования к испытаниям и обкатке и т.д.), техническую характеристику и технические требования предваряют соответствующим заголовком. Если на чертеже помещают только технические требования, заголовки не пишут. Все надписи на чертежах и схемах выполняют чертежным шрифтом по ГОСТ 2.304. Выделять заголовки увеличенным размером шрифта, подчеркиванием не допускается.

Для сборочного чертежа оформляют спецификацию по ГОСТ 2.108. Спецификацию составляют на отдельных листах или совмещают со сборочным чертежом на формате А4, на каждую сборочную единицу, комплекс и комплект. Спецификация определяет состав сборочной единицы, комплекса и комплекта и необходима для изготовления, комплектования конструкторских документов.

В спецификацию вносят составные части, входящие в изделие, и конструкторские документы, относящиеся к этому изделию.

Спецификации состоят из разделов, которые располагают в следующей последовательности: «Документация», «Сборочные единицы», «Детали», «Стандартные изделия», «Прочие изделия», «Материалы», «Комплекты». Наличие разделов определяется составом изделия. Наименование каждого раздела указывают в виде заголовка в графе «Наименование» и подчеркивают.

В раздел «Документация» вносят документы, составляющие основной комплект конструкторских документов изделия, кроме его спецификации.

В разделах «Сборочные единицы» и «Детали» приводят сборочные единицы и детали, непосредственно входящие в изделие.

В разделе «Стандартные изделия» перечисляют изделия, примененные по государственным, республиканским и отраслевым стандартам. В пределах каждой категории стандартов запись рекомендуется производить по группам изделий, объединенных по их функциональному назначению (например, подшипники, крепежные изделия,

электротехнические изделия и т.п.), в пределах каждой группы – в алфавитном порядке наименований изделий; в пределах каждого наименования – в порядке возрастания обозначений стандартов; в пределах каждого обозначения стандарта – в порядке возрастания основных параметров или размеров изделия.

В раздел «Прочие изделия» вносят изделия, примененные по основным конструкторским документам (по техническим условиям) за исключением стандартных изделий. Запись изделий производят по однородным группам, в пределах каждой группы – в алфавитном порядке наименований изделий, а в пределах каждого наименования – в порядке возрастания основных параметров или размеров изделия.

В разделе «Материалы» приводят все материалы, непосредственно входящие в изделие, и записывают по видам в следующей последовательности: металлы черные, металлы магнитоэлектрические и ферромагнитные, металлы цветные благородные и редкие, кабели провода и шнуры и т.д. В пределах каждого вида материалы записывают в алфавитном порядке наименований, а в пределах каждого наименования – по возрастанию размеров или других технических параметров.

Графы спецификации заполняют следующим образом.

В графе «Формат» указывают форматы документов, обозначения которых записывают в графе «Обозначение». Если документ выполнен на нескольких листах различных форматов, то в графе просят «звездочку», а в графе «Примечание» перечисляют все форматы в порядке их увеличения. Для документов, записанных в разделах «Стандартные изделия», «Прочие изделия» и «Материалы», графу не заполняют. Для деталей, на которые чертежи не выпущены, в графе указывают: БЧ.

В графе «Зона» указывают обозначение зоны, в которой находится номер позиции записываемой составной части (при разбивке поля чертежа на зоны по ГОСТ 2.104).

В графе «Позиция» указывают порядковые номера составных частей, входящих в изделие, в последовательности записи их в спецификации. Для разделов «Документация» графу не заполняют.

В графе «Обозначение» указывают:

- в разделе «Документация» – обозначения записываемых документов (прил. В);
- в разделах «Сборочные единицы», «Детали» и «Комплекты» – обозначения основных конструкторских документов на записываемые в эти разделы изделия. Для деталей, на которые чертежи не выпущены, присвоенное им обозначение БЧ;

– в разделах «Стандартные изделия», «Прочие изделия» и «Материалы» обозначения не указывают.

Наименование каждого раздела указывают в виде заголовка в графе «Наименование» и подчеркивают.

В разделе «Документация» указывают основной комплект документов специфицируемого изделия, например: «Сборочный чертеж», «Пояснительная записка» и т.д.; в разделах спецификации «Сборочные единицы», «Детали» – наименование изделий в соответствии с основной надписью на основных конструкторских документах этих изделий. Для деталей, на которые не выпущены чертежи, указывают наименования и материалы, а также размеры, необходимые для изготовления; в разделе «Стандартные изделия» – наименования и обозначения изделий в соответствии со стандартами на эти изделия; в разделе «Прочие изделия» – наименования и обозначения изделий в соответствии с документами на их поставку с указанием обозначений этих документов; в разделе «Материалы» – обозначения материалов (прил. Г), установленные в стандартах или технических условиях на эти материалы. Для записи ряда изделий и материалов, отличающихся размерами и другими данными и примененных по одному и тому же документу (и записываемых в спецификацию за обозначением этого же документа), допускается общую часть наименования этих изделий или материалов с обозначением указанного документа записывать на каждом листе спецификации один раз в виде общего наименования (заголовка). Под общим наименованием записывают для каждого из указанных изделий и материалов только их параметры и размеры.

В графе «Количество» указывают: для составных частей изделия, записываемых в спецификацию, количество их на одно специфицируемое изделие; в разделе «Материалы» – общее количество материалов на одно изделие с указанием единиц измерения. Допускается единицы измерения записывать в графе «Примечание» в непосредственной близости от графы «Количество», в разделе «Документация» графу не заполняют.

В графе «Примечание» указывают дополнительные сведения для планирования и организации производства, а также другие сведения, относящиеся к записанным в спецификацию изделиям, материалам и документам, например, для деталей, на которые выпущены чертежи, – массу и др.

После каждого раздела спецификации необходимо оставлять несколько свободных строк для дополнительных записей (в зависимости от стадии разработки, объема записей и т.п.). Допускается резервировать и номера позиций, которые проставляют в спецификацию при заполнении резервных строк. Пример выполнения спецификации приведен в прил. Д.

1.4. Критерии оценки по результатам защиты курсовой работы (проекта)

В процессе защиты студент кратко излагает назначение и принцип работы машины или оборудования и особенности принятых решений при исследовании и проектировании металлоконструкции.

В процессе обсуждения студент должен показать, что он овладел общими методами расчета, получил навыки выполнения конкретных расчетов, владеет аналитическими и графическими методами проектирования металлоконструкции, может обосновать целесообразность принятия конкретных решений при проектировании металлоконструкции.

Критерии формирования оценки за курсовую работу:

1. Сроки выполнения курсовой работы.
2. Графическое оформление курсовой работы.
3. Оценка за защиту курсовой работы.

«Отлично» ставится тогда, когда при защите курсовой работы студент успешно отвечает более чем на 80% заданных вопросов, демонстрируя при ответе знание как основной, так и дополнительной литературы по курсу.

«Хорошо» ставится тогда, когда при защите курсовой работы студент успешно отвечает более чем на 60% заданных вопросов, демонстрируя при ответе знание основной литературы по курсу.

«Удовлетворительно» ставится при условии, что студент успешно отвечает более чем на 50% заданных вопросов, демонстрируя при ответе знание основной литературы по курсу при наводящих вопросах со стороны преподавателя.

Студент, не защитивший курсовую работу, допускается к повторной защите не ранее чем через три дня. Третья защита курсовой работы проводится в комиссии.

2. НАГРУЗКИ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ НА МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ ПОДЪЕМНО- ТРАНСПОРТНЫХ, СТРОИТЕЛЬНЫХ И ДОРОЖНЫХ МАШИН

2.1. Классификация нагрузок

Важным моментом при расчете и проектировании металлоконструкций подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин является определение нагрузок, возникающих при эксплуатации машин, и их расчетных сочетаний, т.е. совокупности одновременно действующих нагрузок.

Цели и методы расчета металлоконструкции зависят от характера нагрузки, условий ее работы, способа приложения нагрузки.

Нагрузки в зависимости от характера и места приложения, времени действия могут быть классифицированы по следующим признакам /4/:

- характеру действия;
- виду действия;
- способу действия;
- месту действия.

В зависимости от характера действия во времени различают нагрузки статические и динамические. Статические нагрузки изменяются во времени настолько медленно, что ускорениями металлоконструкций и отдельных элементов, возникающими от действия этих нагрузок, можно пренебречь. При действии статической нагрузки колебания машины или совсем не появляются, или незначительны. Динамические нагрузки воздействуют так быстро, что элементы металлоконструкций получают ускорения, т.е. начинают колебаться. Динамические нагрузки возникают при пусках и остановках привода, ударах механизмов и металлических конструкций. При определении динамических нагрузок необходимо учитывать силы инерции от самой металлоконструкции и от расположенных на ней узлов.

По виду действия различают постоянные и временные нагрузки. Постоянная нагрузка действует непрерывно в течение всего срока службы металлоконструкции с неизменной величиной и направлением (собственный вес металлоконструкций). Временные нагрузки возникают от силы тяжести поднимаемого груза или внешней нагрузки.

В зависимости от способа действия различают нагрузки неподвижные и подвижные. Неподвижные нагрузки можно разделить на однократные и повторно-переменные. Однократные нагрузки – это

система сил, когда все ее составляющие одновременно увеличиваются от нуля до определенного значения, т.е. все составляющие системы сил зависят от одного параметра. Повторно-переменные нагрузки – это система сил, когда каждая составляющая или их группы могут изменяться по величине в определенных пределах независимо от других сил или их групп. Подвижная нагрузка – это система сил, которая может занимать различные положения на определенной части металлоконструкции (нагрузки от грузовой каретки крана).

По месту действия различают сосредоточенные нагрузки и распределенные. Любая нагрузка действует на определенную площадку, однако если размеры площадки малы по сравнению с размерами металлоконструкции, считаем, что нагрузка передается через центр тяжести этой площадки, т.е. нагрузка сосредоточенная (сила сопротивления на зубе рыхлителя). Если размеры площадки соизмеримы с размерами металлоконструкций, то нагрузка распределенная (сила сопротивления призмы грунта на отвал).

2.2. Виды нагрузок

Для подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин характерны следующие виды нагрузок.

Технологические нагрузки – это нагрузки, возникающие на рабочих органах машины и передающиеся на металлоконструкции рабочего оборудования в процессе выполнения технологических операций. Эти нагрузки являются доминирующими и вызывают наибольшее напряжение по сравнению с другими нагрузками. Для подъемно-транспортных машин технологической нагрузкой является нагрузка от массы поднимаемого и перемещаемого груза; для бульдозера и автогрейдера – сопротивление копанью на отвале; для скрепера, экскаватора и погрузчика – сопротивление наполнению ковша.

Собственный вес является вертикальной статической нагрузкой в стационарных конструкциях и динамической в вертикальной и горизонтальной плоскостях в подвижных конструкциях. Собственные веса кранов и их элементов приведены в четвертом разделе работы /6/, а их металлоконструкции – в третьем разделе работы /5/.

Инерционные нагрузки – нагрузки, возникающие при пуске и остановке механизмов машин вследствие толчков при движении по неровностям.

Указанные виды нагрузок характерны для всех подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин. Они всегда принимаются в расчет в тех или иных сочетаниях.

Характерными нагрузками только для подъемно-транспортных машин являются: давление ветра, зависящее от скоростного напора движущегося воздуха (ветра) и конфигурации воспринимающей поверхности конструкций и груза; вес снега и слоя льда при обледенении, причем воздействие последнего особенно ощутимо для тонких растяжек и канатов; прочие нагрузки – монтажные (при транспортировке машины), сейсмические. Прочие нагрузки учитываются только при специальных видах расчета.

На металлоконструкции подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин одновременно действуют все виды нагрузок, поэтому необходимо рассматривать расчетные положения металлоконструкций и расчетные сочетания нагрузок. Величины нагрузок в зависимости от назначения расчета могут приниматься различными. Расчет нагрузок от весовых воздействий, ветровых и инерционных нагрузок приведен в работах /10,12/.

2.3. Расчетные сочетания нагрузок

Надежность металлоконструкции должна быть обеспечена для всех возможных условий эксплуатации при действии максимально возможных нагрузок в самых неблагоприятных сочетаниях.

Расчетным сочетанием нагрузок называется совокупность одновременно действующих нагрузок в тех или иных расчетных положениях /6,7/.

Расчетным положением называется один из возможных случаев нагружения металлоконструкции. Расчетных положений обычно бывает несколько. Для башенного крана расчет выполняется в двух расчетных положениях: при минимальном и максимальном вылетах стрелы. Еще больше расчетных положений можно назвать для металлоконструкций экскаватора, бульдозера и других машин. Выбор расчетного положения металлоконструкции и расчетного сочетания нагрузок производится на основании анализа общей схемы машины, действующих сил и характера изменения во время работы.

Кроме расчетных положений, в некоторых случаях необходимо учитывать расчетные условия, которые конкретизируют соответствующие условия работы машины. Приведем несколько примеров расчетных положений и условий работы бульдозера:

Первое расчетное положение: упор отвала в препятствие средней точкой в процессе резания при запертом положении механизма подъема.

Расчетные условия:

- бульдозер движется по горизонтальной поверхности, начальная скорость движения равна номинальной скорости на первой передаче;
- при упоре в препятствие используется максимальная по сцеплению толкающая сила;
- угол захвата при расчете бульдозера отвалом принимается минимальным.

Второе расчетное положение: упор отвала в препятствие средней точкой в процессе выглубления при работающем ходовом механизме трактора.

Расчетные условия:

- поверхность движения горизонтальна;
- действуют максимальная сила подъема и толкающая сила;
- угол захвата минимальный.

Третье расчетное положение: упор отвала в препятствие средней точкой в процессе заглубления при работающем ходовом механизме трактора.

Расчетные условия:

- ✓ поверхность движения горизонтальна;
- ✓ действует максимальная сила заглубления и толкающая сила;
- ✓ угол захвата минимальный.

Четвертое расчетное положение: упор отвала в препятствие крайней точкой в процессе резания при запертом положении механизма подъема. Расчетные условия те же, что и для первого расчетного положения.

Пятое расчетное положение: упор отвала в препятствие крайней точкой в процессе выглубления при работающем ходовом механизме трактора. Расчетные условия те же, что и для второго расчетного положения.

Шестое расчетное положение: упор отвала в препятствие крайней точкой в процессе заглубления при работающем ходовом механизме трактора. Расчетные условия те же, что и для третьего положения.

Расчетное сочетание нагрузок для металлоконструкции подъемно-транспортных машин обычно рассчитывают для трех предельных случаев нагружения /12/: 1– действуют максимальные нагрузки рабочего состояния; 2– действует эквивалент нагрузки рабочего состояния; 3 –действуют нагрузки нерабочего состояния (табл. 1).

Расчетные сочетания нагрузок

Нагрузка	Случай нагружения		
	1	2	3
Вес: номинального груза	+	+	–
конструкции машины	+	+	+
снега и слоя льда	+	–	+
Сила инерции	+		–
Ветровая: рабочего состояния	+	+	–
нерабочего состояния	–	–	+

Первый случай нагружения используют для расчета прочности, а при необходимости и деформации всех элементов машины с учетом характеров нагружения, определяемого режимом эксплуатации машин.

Расчет по второму случаю нагружения проводят для всех основных переменных нагруженных элементов машины на ограниченную выносливость по заданной долговечности. Расчет ведется по эквивалентной нагрузке.

Третий случай нагружения используют при расчете прочности и, если нужно, деформации всех элементов машины при нагрузках нерабочего состояния, в том числе монтажных, если их воздействие создает большую нагруженность.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЙ В ЭЛЕМЕНТАХ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ, СТРОИТЕЛЬНЫХ И ДОРОЖНЫХ МАШИН

3.1. Расчет крановых стрел с изменением вылета путем наклона стрелы

В зависимости от конструктивного исполнения стрелы кранов могут быть выполнены решетчатыми и трубчатыми. Для расчета стрелы рассматриваются два расчетных положения при минимальном

и максимальном вылетах стрелы. В обоих расчетных положениях необходимо определить усилия сжатия стрелы и изгибающий момент в вертикальной плоскости. Генеральные размеры фермы решетчатых стрел (высота и ширина) выбираются в зависимости от грузоподъемности крана /7/. Дальнейшие расчеты проводятся по общей методике.

На основании расчетов выполняется сборочный чертеж металлоконструкции. В качестве аналогов можно выбрать металлоконструкцию одного из кранов, приведенных в работах /20,21,22/ и в атласе конструкций /23/.

3.2. Расчет стрелы

В общем случае стрела представляет собой двухопорный стержень с консолью или без нее. Одна опора (нижняя) конструируется в виде неподвижного шарнира, другой является гибкая оттяжка. Такое устройство опор позволяет менять вылет стрелы.

3.3. Расчетная схема прямой стрелы

На рис. 2 представлена расчетная схема стрелы в горизонтальной плоскости. Видно, что усилия в стреле зависят от угла наклона стрелы к горизонтали. Наибольшее значение сжимающего усилия N будет иметь место при минимальном вылете, а изгибающего момента M – при максимальном вылете стрелы. Наивыгоднейшие сочетания усилий могут быть при промежуточных значениях вылета.



Рис. 2. Самоходный стреловой кран

Расчетная схема составляется на основании предварительных подсчетов действия усилий и моментов на максимальном и минимальном вылетах стрелы, принимая такое расчетное положение, при котором стрела будет наиболее нагружена: $\delta=15^\circ$; $\gamma=20^\circ$.

При расчете рассматриваем две плоскости действия сил – вертикальную и горизонтальную, перпендикулярную к первой и проходящую через осевую линию стрелы (рис. 3): Q – расчетная нагрузка, приложенная к крюку; G_k – вес крюка с полиспастом; G – собственный вес стрелы; $S_{зр}$ – усилие в грузовом тросе; коэффициент полезного действия полиспаста; $S_{стр}$ – усилие в гибкой оттяжке (стреловом тросе, стреловом полиспасте); R – реакция в опорном шарнире A ; R_H, R_V – горизонтальная и вертикальная составляющие реакции.

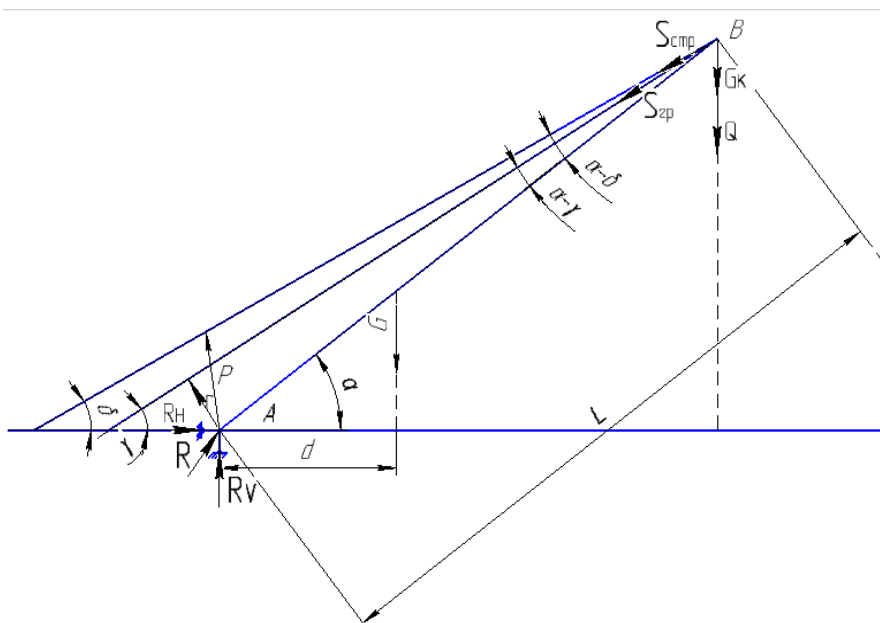


Рис. 3. Расчетная схема стрелы

Усилие в грузовом тросе $S_{зр}$ определяется из условия, что КПД полиспаста равен $\eta=0,95$ и кратность полиспаста U соответствует ориентировочному значению в зависимости от грузоподъемности крана.

Для определения неизвестных $R_H, R_V, S_{стр}$ воспользуются тремя основными уравнениями статики.

Реакция R и равное ей сжимающее усилие в корне стрелы N

$$R = N = \sqrt{R_H^2 + R_V^2}.$$

Горизонтальными нагрузками (рис. 4) являются инерционные нагрузки, возникающие при повороте крана, а также ветровые нагрузки:

$$M_{\Gamma} = M_{ин}^{смп} + M_{ин}^{сп} + M_{В}.$$

Горизонтальная сила инерции всей стрелы при повороте платформы

$$P = \frac{Gv}{2gt} \cos \alpha,$$

где $v = \pi r n / 30$ – окружная скорость (r – радиус вращения; n – число оборотов стрелы); g – ускорение силы тяжести; t – время разгона или замедления; α – угол наклона стрелы.

Момент инерции стрелы относительно оси вращения

$$M_{ин}^{смп} = \frac{Gv \cos \alpha}{3gt} (L_c \cos \alpha + 1,5a),$$

где a – расстояние от центра опорного шарнира до оси вращения крана.

Сила инерции груза

$$P_Q = \frac{Qv}{gt}.$$

Момент силы инерции груза

$$M_{ин}^{сп} = \frac{Qv}{gt} (a + L_c \cos \alpha).$$

Поток ветра создает распределенную нагрузку на открытые элементы машины. Для расчета подъемно-транспортных, строительных и подобных им машин следует использовать ГОСТ 1451–77 (табл. 2).

Ветровая нагрузка (W) определяется по формуле

$$W = \beta c q F,$$

где q – скоростной напор ветра, Н/м^2 , выбирается в соответствии с картой районирования (7 районов) по скоростным напорам ГОСТ 1451.

Карта районирования

Индекс ветрового района	I	II	III	IV	V	VI	VII
q , Па	270	350	450	550	700	850	1000

Динамическое давление ветра рабочего состояния, т. е. II расчетного случая, для грузоподъемных машин зависит от назначения машины:

- для кранов всех типов, используемых на промышленных, транспортных и строительных объектах, $q_w = 125$ Па;
- для кранов всех типов, работающих в речных и морских портах, $q_w = 250$ Па;
- для кранов на морских судах $q_w = 400$ Па;
- для кранов, эксплуатируемых в условиях, не допускающих перерыва в работе, $q_w = 500$ Па.

β – коэффициент динамичности, учитывающий действие пульсации ветра, определяется в зависимости от высоты крана и изменяется в пределах 1,1 ... 2,05; c – коэффициент аэродинамичности, учитывающий обтекаемость крановых конструкций, принимается по данным продувок 0,35 ... 2,4; F – подветренная площадь, m^2 , определяется как сумма площадей элементов конструкции.

Таким образом,

$$M_B = W\rho,$$

где $\rho = \frac{L_c}{2}$ – плечо ветровой нагрузки.

Реакции R_r от действия суммарного момента горизонтальных сил

$$R_r = M_r/b_0,$$

где b_0 – расстояние между осями шарниров.

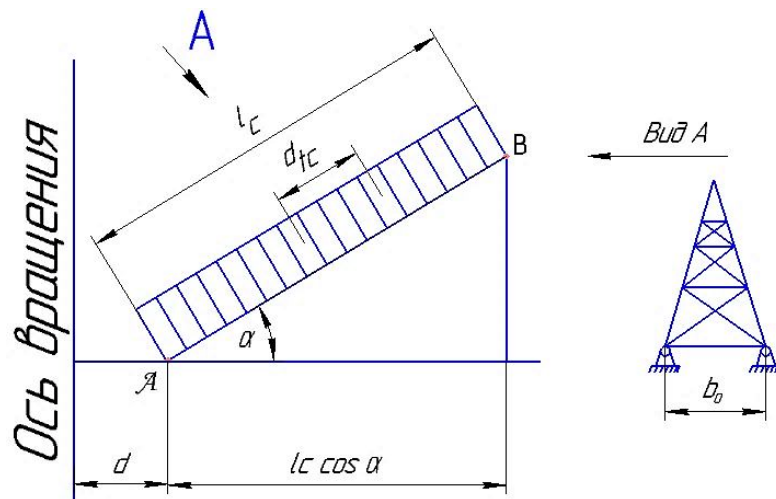


Рис. 4. Схема определения горизонтальных нагрузок

3.4. Расчет решетчатых металлоконструкций кранов с подвижной нагрузкой

Решетчатые металлоконструкции используются в строительных башенных, самоходных стреловых, козловых и мостовых кранах. В этих кранах нагрузка перемещается по металлоконструкции.

При расчете металлоконструкций с подвижной нагрузкой наиболее часто применяется так называемый метод линий влияния [6, 14, 24]. Метод линий влияния основан на использовании принципов пропорциональности и независимости действия сил. При расчете и проектировании металлоконструкций в качестве аналогов можно выбрать металлоконструкцию из работ [20, 21, 26].

4. ВЫБОР МАТЕРИАЛА ДЛЯ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ, СТРОИТЕЛЬНЫХ И ДОРОЖНЫХ МАШИН

Высокие требования к свойствам материалов металлоконструкций (прочности, пластичности, свариваемости и др.) обусловлены тяжелыми условиями эксплуатации (большие динамические нагрузки, широкий диапазон температур окружающего воздуха и др.). Прочностные свойства материалов обладают механическими характеристиками: пределом прочности, пределом текучести, относительным удлинением. (прил. Е). С учетом прочностных свойств и пластичности можно спроектировать металлоконструкции, которые выдерживают большие нагрузки, надежные, долговечные и компактные.

На первом этапе выбора материала для металлоконструкций берут одну из четырех групп материалов: углеродистые стали обыкновенного качества, низколегированные стали, термоупрочненные углеродистые стали и алюминиевые сплавы (прил. Ж).

На втором этапе конкретизируют марку материала внутри группы. Выбор и обоснование марки можно произвести на основании ряда работ /6, 10, 14/.

5. РАСЧЕТ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ НА ПРОЧНОСТЬ И УСТОЙЧИВОСТЬ

Для расчета металлоконструкций подъемно-транспортных, дорожных и строительных машин используют два метода: по допускаемым напряжениям и по предельным состояниям /6, 10, 14/.

При расчете по допускаемым напряжениям считают, что рассчитываемая конструкция идеально-упругая и для нее справедлив закон Гука о прямой пропорциональности между напряжением и деформацией.

Основной зависимостью метода допускаемых напряжений является

$$\sigma = [\sigma] = \frac{\sigma_n}{n}, \quad (1)$$

где σ – напряжение от действия основных и случайных или аварийных нагрузок, Н/м^2 ; $[\sigma]$ – допускаемое напряжение, Н/м^2 ; σ_n – предельное напряжение для данного материала, Н/м^2 ; для пластинчатых материалов это предел текучести, для хрупких – предел прочности; n – нормативный коэффициент запаса прочности /10/.

Таким образом, по методу допускаемых напряжений требуется, чтобы наибольшее напряжение, возникшее в опасном сечении, не превышало допускаемого напряжения.

Напряжения σ при расчете металлоконструкций, работающих при растяжении и изгибе, определяют:

$$\sigma = \frac{N}{F} + \frac{M}{W},$$

где N – сжатия или растяжения, Н ; F – площадь поперечного сечения, м^2 ; M – изгибающий момент, $\text{Н}\cdot\text{м}$; W – момент сопротивления, м^3 .

При расчете на устойчивость выражение (1) принимает вид

$$\sigma \leq \varphi[\sigma],$$

где φ – коэффициент продольного изгиба, учитывающий снижение допускаемого напряжения при расчете на устойчивость /10/.

Центрально-растянутый стержень проверяют только на прочность по формуле

$$\sigma = \frac{N}{F_{нт}} \leq R. \quad (2)$$

Центрально-сжатые элементы проверяют на устойчивость по формуле

$$\sigma = \frac{N}{\varphi \cdot F} \leq R, \quad (3)$$

где N – расчетная нагрузка, действующая вдоль оси элемента, Н; F – площадь сечения элемента (нетто), м²; F – площадь сечения элемента (брутто), м²; φ – коэффициент продольного изгиба; R – расчетное сопротивление сжатию или растяжению, Н/м².

Коэффициент φ зависит от материала элемента и гибкости λ простого элемента или приведенной гибкости составного стержня $\lambda_{пр}$. Значения коэффициента φ приведены в табл. 3.

Таблица 3

Значения коэффициента продольного изгиба

λ или $\lambda_{пр}$	Значение φ			
	Марка стали			
	Ст. 3, Ст. 4	Ст. 5	14Г2, 15ГС, 10Г2С1, 15 ХСНД	10ХСНД
1	2	3	4	5
0	1,00	1,00	1,00	1,00
10	0,99	0,98	0,98	0,98
20	0,97	0,96	0,95	0,95
30	0,95	0,93	0,93	0,92
0	0,92	0,89	0,89	0,88
50	0,89	0,85	0,84	0,82

1	2	3	4	5
60	0,86	0,80	0,78	0,77
70	0,81	0,74	0,74	0,68
80	0,75	0,67	0,63	0,59
90	0,69	0,59	0,54	0,50
100	0,60	0,50	0,46	0,43
110	0,52	0,43	0,39	0,36
120	0,45	0,37	0,33	0,31
130	0,40	0,32	0,29	0,27
140	0,36	0,28	0,25	0,23
150	0,32	0,25	0,23	0,20
160	0,29	0,23	0,21	0,18
170	0,26	0,21	0,19	0,16
180	0,23	0,19	0,17	0,14
190	0,21	0,17	0,15	0,12
200	0,19	0,15	0,13	0,11
210	0,17	0,14	0,12	0,10
220	0,16	0,13	0,11	0,09

Гибкость простых стержней с постоянным сечением по всей длине вычисляется по формуле

$$\lambda_{x(y)} = I_0 / R_{x(y)},$$

где I_0 – расчетная, или приведенная длина элемента для рассматриваемого случая, м; $R_{x(y)}$ – радиус сечения элемента относительно осей x и y , м.

Радиус инерции определяется из выражения

$$r_{x(y)} = \sqrt{\frac{J_{x(y)}}{F}},$$

где $J_{x(y)}$ – момент инерции сечения элемента относительно осей x и y , м²; F – площадь поперечного сечения, м²;

Расчетная длина определяется из выражения

$$I_0 = l \cdot \mu_1,$$

где l – геометрическая длина элемента, м; μ_1 – коэффициент приведения длины стержня, зависит от условий закрепления стойки, характера приложения нагрузки в процессе продольного изгиба, а также характера изменения момента инерции сечения по длине стойки /24/.

При расчете по допускаемым напряжениям используют нормативный коэффициент запаса прочности, который не учитывает все условия работы металлоконструкции. Это может привести к завышению запаса прочности. В настоящее время отсутствует достаточная информация по определению соответствующих коэффициентов для расчета металлоконструкций по методу предельных состояний, поэтому наиболее часто пользуются методом расчета по допускаемым напряжениям /6,7/.

6. КОНСТРУИРОВАНИЕ И РАСЧЁТ СОЕДИНЕНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ

6.1. Сортамент и образование сечений

Сортамент – совокупность типоразмеров прокатных профилей, выпускаемых промышленностью: швеллеров, двутавров, стали угловой равнополочной и неравнополочной, стальных труб и др. приведены в прил. И. Прокатные стали делятся на две основные группы: сталь листовая и сталь профильная или фасонная.

Для элементов, изгибаемых в одной плоскости, наилучшей является двутавровая форма, для сжимаемых – трубчатая /10/. Листовая сталь употребляется главным образом в виде толстолистовой стали толщиной 4–50 мм. Уголкового профиля применяется преимущественно для элементов, работающих на осевые усилия, и соединительных элементов. В общем случае предпочтительно применять уголки с возможно более тонкими полками, если даже это приводит к увеличению их номеров. Швеллеры используют в элементах, создающих осевые усилия, в виде балок, работающих на поперечный изгиб, а также как соединительные конструктивные элементы. В трубчатых конструкциях, благодаря большим радиусам инерции кольцевых сечений, можно применять панели ферм большей длины. Стержни из одной трубы по сравнению с составными стержнями из швеллеров и уголков имеют преимущество в отсутствие соединительных элементов. Трубы более удобны для наружной окраски и испытывают наименьшее давление ветра. Для предохранения трубы от попадания влаги внутрь торцы трубы необходимо герметически укупорить. Гнутые профили, получаемые из листовой и полосовой стали, дают экономию металла

и сварочных работ. Различные типы гнутых (ГОСТ 1977) профилей приведены в ГОСТ 19771–74, ГОСТ 8278–75, ГОСТ 8281–80, ГОСТ 8282–83 и ГОСТ 8283–77.

Крановые рельсы (ГОСТ 4121–76) используют для подтележечных рельсов на кранах. Типы крепления крановых рельсов приведены в работе /10/. Основные геометрические характеристики плоских сечений стандартных профилей приведены в работе /15/. Использование стандартных профилей не всегда является наилучшим решением для металлоконструкций подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин.

Они подвержены действию нагрузок в различных плоскостях, изменяющихся как по величине, так и по направлению. Поэтому рациональными формами поперечных сечений являются гнуто-сварные и сварные профили, выполненные из листовой стали. Основными преимуществами гнуто-сварных и сварных профилей являются: относительная простота изготовления, рациональные формы поперечного сечения, возможность изготовления балок с переменными по длине сечениями, снижение массы металлоконструкции. Наиболее часто встречающиеся составные сечения стержней ферм и системы решеток приведены в работе /10/.

6.2. Соединение конструкций

Соединения конструкций подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин собираются в основном из отдельных узлов и деталей. Под соединениями принимают соединительные детали (заклепки, винты и др.) и прилегающие части соединяемых деталей (фланцы, кронштейны и др.). Основные типы сварных заклепочных болтовых и шарнирных соединений, методы их расчета и определения рациональных параметров приведены в работах /6, 14, 16/.

7. РАСЧЁТ БОЛТОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

В соответствии с характером работы болты рассчитываются на срез, смятие или растяжение. Соединения на болтах нормальной точности применяются в тех случаях, когда болты работают на растяжение. При работе на срез соединение выполняется на болтах повышенной точности. В болтовых соединениях расстояние между центрами болтов должно быть не менее $3d$ (здесь d – диаметр отверстия для болта) и не более $8d$ или 12δ (здесь δ – толщина тонкого наружного элемента). Расстояние от центра до края элемента принимается мини-

мальным вдоль усилия – $2d$ и поперек усилия – $1,5d$, максимальным – соответственно $4d$ или 8δ .

Болтовые соединения рассчитывают по формулам:

- на срез:

$$\frac{N}{n n_{cp} \pi d^2 / 4} \leq m R_{cp}^{\delta};$$

- на смятие:

$$\frac{N}{n d \Sigma \delta} \leq m R_{cm}^{\delta};$$

- на растяжение:

$$\frac{N}{n F_{нт}} \leq m R_{cp}^{\delta},$$

где N – расчётное усилие, кН, с учётом всех нагрузок, действующих на грузоподъемное приспособление (массы поднимаемых грузов и талевых приспособлений, усилия в оттяжках и расчалках), а также коэффициентов перегрузки $1,1n = k$ и динамичности $1,1d = k$; n – число болтов в соединениях, n_{cp} – число срезов одного болта (рис. 5); d – наружный диаметр стержня болта, см.

Таблица 4

Площадь сечения болта

Диаметр стержня болта d , мм	12	14	16	18	20	22	24	27	30	36	42
Площадь сечения болта $F_{нт}$, см ²	0,86	1,18	1,60	1,97	2,49	3,08	3,59	4,67	5,69	8,16	11,2

$\Sigma \delta$ – наименьшая суммарная толщина элементов, сминаемых в одном направлении, см; $F_{нт}$ – площадь сечения болта (нетто), определяемая в зависимости от диаметра стержня болта (табл. 4); m – коэффициент условий работы, $m = 0,85$; R_{cp}^{δ} , R_{cm}^{δ} , R_p^{δ} – расчётные сопро-

тивления болтовых соединений соответственно при срезе, смятии и растяжении, МПа.

Прочность болтовых соединений, работающих одновременно на срез и растяжение, проверяется отдельно на каждый вид напряжения.

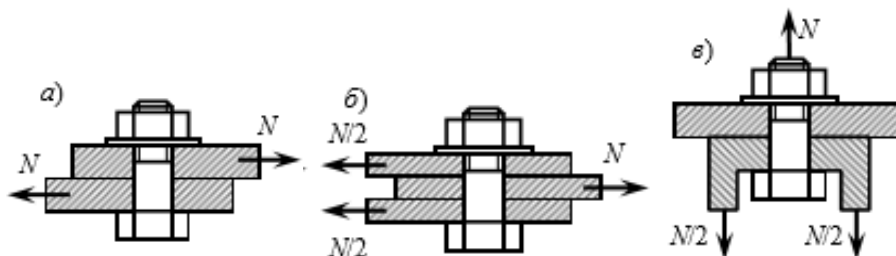


Рис. 5. Расчетные схемы болтовых соединений

8. РАСЧЕТ ЗАКЛЕПОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

В соединениях, подтвержденных действию продольных сил, распределение усилий на заклепки принимается равномерным.

При расчете заклепок на срез допускаемое усилие в соединении

$$P \leq [\tau_{ср}] k \frac{\pi d^2}{4},$$

где $[\tau_{ср}]$ – допускаемое напряжение заклепок на срез; k – число плоскостей среза в соединении; d – диаметр заклепки.

При расчете соединения на смятие допускаемое усилие в соединении

$$P \leq [\sigma_{см}] n d s,$$

где $[\sigma_{см}]$ – допускаемое напряжение заклепок на смятие; n – количество заклепок (в односрезных заклепках $n=k$); s – наименьшая толщина соединяемых частей.

При расчете заклепок на растяжение (отрыв головок) допускаемое усилие в соединении

$$P \leq [\sigma_p] n \frac{\pi d^2}{4},$$

где $[\sigma_p]$ – допускаемое напряжение на отрыв головок.

9. СТАЛЬНЫЕ СВАРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений из сталей, сплавов на железоникелевой и никелевой основах, выполняемых ручной дуговой сваркой по ГОСТ 5264–80, приведены в табл. 5.


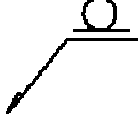





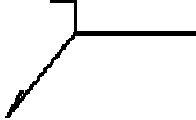
Технические требования. Сварка стыковых соединений деталей неодинаковой толщины при разнице, не превышающей указанных значений, должна проводиться так же, как деталей одинаковой толщины; конструктивные элементы подготовленных кромок и размеры сварного шва следует выбирать по большей толщине.


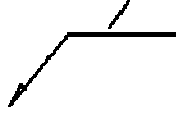
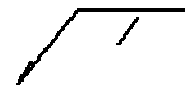

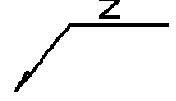






Для осуществления плавного перехода от одной детали к другой допускается наклонное расположение поверхности шва.

При разности в толщине свариваемых деталей свыше 1 мм, на детали, имеющей большую толщину s_1 , должен быть сделан скос с одной или двух сторон до толщины тонкой детали s . При этом конструктивные элементы подготовленных кромок и размеры сварного шва следует выбирать по меньшей толщине.

Таблица 5

Вспомогательные знаки для обозначения сварных швов

Вспомогательный знак	Значение вспомогательного знака	Расположение вспомогательного знака относительно полки линии-выноски, проведенной от изображения шва	
		с лицевой стороны	с оборотной стороны
1	2	3	
	Усиление шва снять		
	Наплывы и неровности обработать с плавным переходом к основному металлу		
	Шов выполнить при монтаже изделия, т.е. при установке его по монтажному чертежу на месте применения		

1	2	3	
	Шов прерывистый или точечный с цепным расположением. Угол наклона линии ~60°		
	Шов прерывистый или точечный с шахматным расположением		
	Шов по замкнутой линии. Диаметр знака – 3...5 мм		
	Шов по незамкнутой линии. Знак применяют, если расположение шва ясно из чертежа		

Примечания: 1. За лицевую сторону одностороннего шва сварного соединения принимают сторону, с которой производят сварку.

2. За лицевую сторону двустороннего шва сварного соединения с несимметрично подготовленными кромками принимают сторону, с которой производят сварку основного шва.

3. За лицевую сторону двустороннего шва сварного соединения с симметрично подготовленными кромками может быть принята любая сторона.

Упрощенное обозначение швов сварных соединений

В сложных сборочных чертежах допускается упрощенное обозначение сварных швов:

1. При наличии на чертеже швов, выполненных по одному и тому же стандарту, обозначение стандарта указывают в технических требованиях чертежа (запись по типу: «Сварные швы ... по ...») или таблице.

2. Допускается не присваивать порядковый номер одинаковым швам, если все швы на чертеже одинаковы и изображены с одной стороны (лицевой или обратной). При этом швы, не имеющие обозначения, отмечают линиями-выносками без полок (рис. 6).

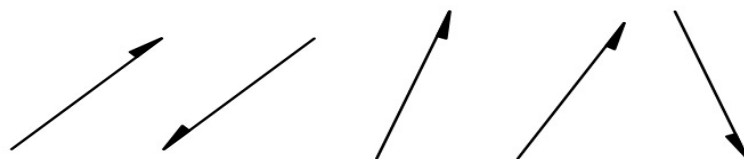


Рис. 6. Обозначение швов с помощью линий-выносок

3. На чертеже симметричного изделия при наличии на изображении оси симметрии допускается отмечать линиями-выносками и изображать швы только на одной из симметричных частей изображения изделия.


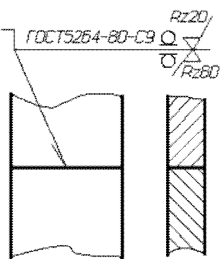
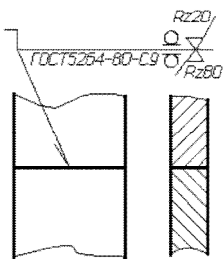
4. На чертеже изделия, в котором имеются одинаковые составные части, привариваемые одинаковыми швами, эти швы допускается отмечать линиями-выносками и обозначать только у одного из изображений одинаковых частей (предпочтительно у изображения, от которого приведена линия-выноска с номером позиции).

5. Допускается не отмечать на чертеже швы линиями-выносками, а приводить указания о сварке записью в технических требованиях чертежа, если эта запись однозначно определяет места сварки, способы сварки, типы швов сварных соединений и размеры их конструктивных элементов в поперечном сечении и расположение швов.

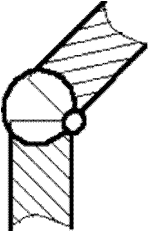
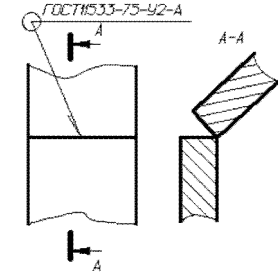
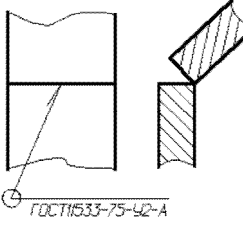
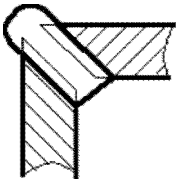
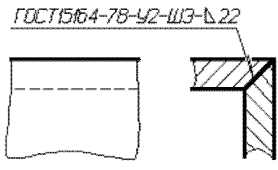
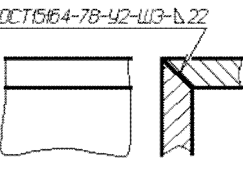
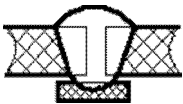
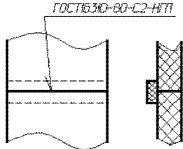
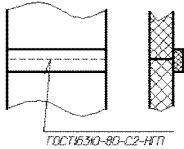

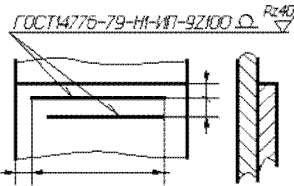
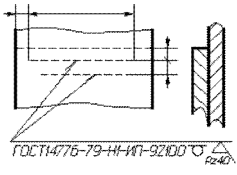
6. Одинаковые требования ко всем швам или группе швов, приводят один раз в технических требованиях (табл. 6, 7).


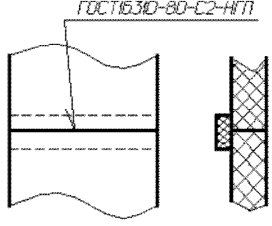
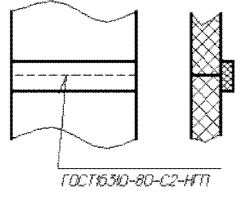
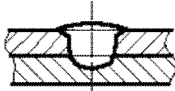
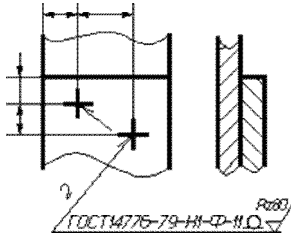
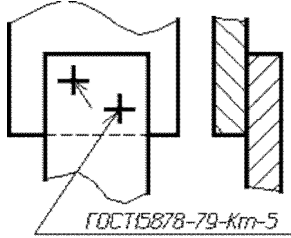
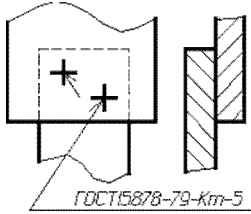

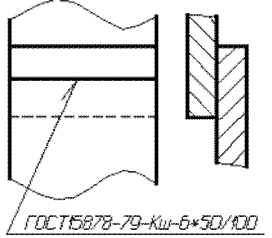
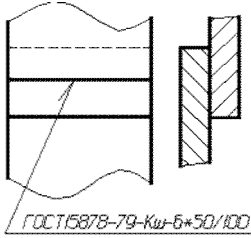
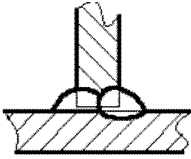
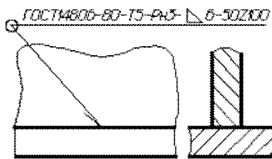
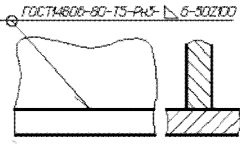
Таблица 6

Примеры условных обозначений швов сварных соединений

Характеристика шва	Форма поперечного сечения шва	Условное обозначение шва, изображенного на чертеже	
		с лицевой стороны	с оборотной стороны
1	2	3	4
<p>Шов стыкового соединения с криволинейным скосом одной кромки, двусторонний, выполняемый дуговой ручной сваркой при монтаже изделия. Усиление снято с обеих сторон.</p> <p>Параметр шероховатости шва:</p> <ul style="list-style-type: none"> – с лицевой стороны – Rz 20 мкм; – с оборотной стороны Rz 80 мкм 			

Продолжение табл. 6

1	2	3	4
<p>Шов углового соединения без скоса кромок, двусторонний, выполняемый автоматической сваркой под флюсом по замкнутой линии</p>			
<p>Шов углового соединения со скосом кромок, выполненный электрошлаковой сваркой проволочным электродом. Катет шва 22 мм</p>			
<p>Шов стыкового соединения без скоса кромок, односторонний, на остающейся подкладке, выполненный сваркой нагретым газом с присадкой</p>			
<p>Шов точечный соединения внахлестку, выполненный дуговой сваркой в инертном газе плавящимся электродом. Расчетный диаметр точки 9 мм. Шаг 100 мм. Расположение точек шахматное. Усиление должно быть снято. Параметр шероховатости обработанной поверхности Rz 40 мкм</p>			

1	2	3	4
<p>Шов стыкового соединения без скоса кромок, односторонний, на остающейся подкладке, выполненный сваркой нагретым газом с присадкой</p>			
<p>Одиночные сварные точки соединения внахлестку, выполненные дуговой сваркой под флюсом. Диаметр электрозащелки – 11 мм. Усиление должно быть снято. Параметр шероховатости обработанной поверхности Rz 80 мкм</p>			
<p>Одиночные сварные точки соединения внахлестку, выполняемые контактной точечной сваркой. Расчетный диаметр точки 5 мм</p>			
<p>Шов соединения внахлестку прерывистый, выполняемый контактной шовной сваркой. Ширина шва 6 мм. Длина провариваемого участка 50 мм. Шаг 100 мм</p>			
<p>Шов, выполняемый дуговой ручной сваркой в защитных газах неплавящимся металлическим электродом по замкнутой линии. Катет шва 6 мм. Длина провариваемого участка 50 мм. Шаг 100 мм</p>			

1	2	3	4
<p>Шов соединения внахлестку без скоса кромок, односторонний, выполняемый дуговой полуавтоматической сваркой в защитных газах плавящимся электродом. Шов по незамкнутой линии. Катет шва 5 мм</p>			

Таблица 7

Условное обозначение нестандартного шва сварного соединения

Характеристика шва	Условное изображение и обозначение шва на чертеже
<p>Шов соединения без скоса кромок, односторонний, выполненный ручной дуговой сваркой при монтаже изделия</p>	

Примечание. В технических требованиях делают следующее указание: «Сварка ручная дуговая».

10. РАСЧЕТ ПРОЧНОСТИ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Стыковое соединение с прямым швом (рис. 7, а). Допускаемая сила для соединения при растяжении $P_1 = [\sigma'_p]ls$, то же при сжатии $P_2 = [\sigma'_{сж}]ls$, где $[\sigma'_p]$ и $[\sigma'_{сж}]$ – допускаемые напряжения для сварного шва соответственно при растяжении и сжатии.

При расчете прочности все виды подготовки кромок в стыковых соединениях принимают равноценными.

Стыковое соединение с косым швом (рис. 7, б). Допускаемая сила для соединения при растяжении

$$P_1 = \frac{[\sigma'_{сж}]ls}{\sin \beta}.$$

То же при сжатии

$$P_2 = \frac{[\sigma'_{сжк}]ls}{\sin \beta}$$

При $\beta = 45^\circ$ соединение равнопрочно целому сечению.

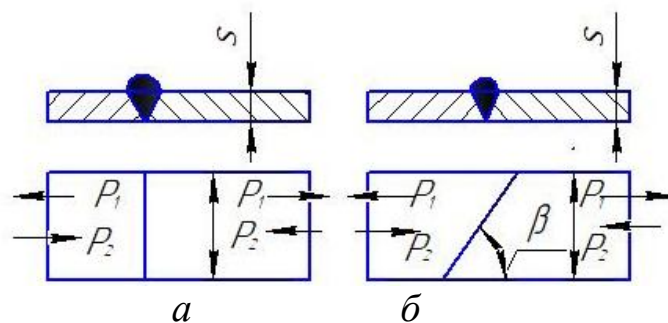


Рис. 7. Стыковое соединение:
а – с прямым швом; б – с косым швом

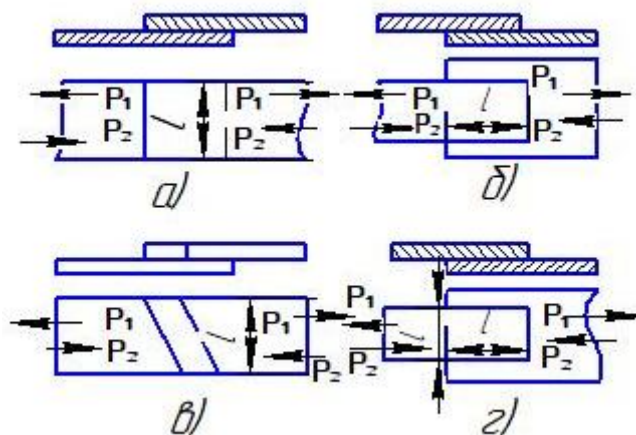


Рис. 8. Швы нахлесточных соединений:
а – лобовой; б – фланговый;
в – косой; з – комбинированный

Нахлесточное соединение (рис. 8). Соединения выполняют угловым швом. В зависимости от направления шва относительно направления действующих сил угловые швы называют лобовыми (рис. 8, а), фланговыми (рис. 8, б), косыми (рис. 8, в) и комбинированными (рис. 8, з).

Максимальную длину лобового и косого швов не ограничивают. Длину фланговых швов следует принимать не более $60 K$, где K – длина катета шва. Минимальная длина углового шва 3 мм; при

меньшей длине дефекты в начале и в конце шва значительно снижают его прочность.

Минимальный катет углового шва K_{\min} принимают равным 3 мм, если толщина металла $S \geq 3$ мм.

Допускаемая сила для соединения

$$P_1 = P_2 = 0,7[\tau'_{\text{ср}}]KL,$$

где $[\tau'_{\text{ср}}]$ – допускаемое напряжение для сварного шва на срез;
 K – катет шва; L – весь периметр угловых швов;

для любых швов $L = l$;

для фланговых $L = 2l_1$;

для косых $L = \frac{l}{\sin \beta}$;

для комбинированных $L = 2l_1 + l$.

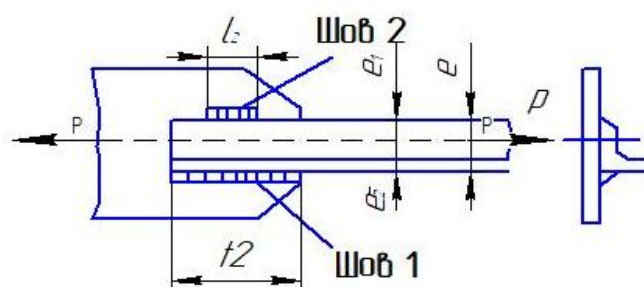


Рис. 9. Соединение несимметричных элементов

Соединение несимметричных элементов (например, угловых профилей, рис. 9). Силы, передаваемые на швы 1 и 2, находят из уравнений статики:

$$P_1 = P \frac{e_2}{e}; \quad P_2 = P \frac{e_1}{e}.$$

Необходимая длина швов

$$l_1 = \frac{P_1}{0,7[\tau'_{\text{ср}}]K}; \quad l_2 = \frac{P_2}{0,7[\tau'_{\text{ср}}]K},$$

где $[\tau'_{\text{ср}}]$ – допускаемое напряжение для сварного шва на срез;
 K – катет шва.

Допускается увеличение l_2 до размера l_1 .

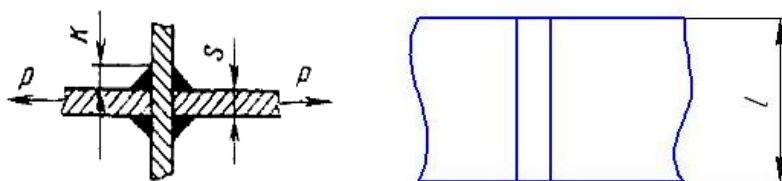


Рис. 10. Наиболее простое в технологическом отношении тавровое соединение

Тавровое соединение:

а) наиболее простое в технологическом отношении (рис. 10).

Допускаемая сила для растяжения

$$P = [\tau'_{ср}] 0,7 K l ,$$

где $[\tau'_{ср}]$ – допускаемое напряжение для сварного шва на срез; K – катет шва, который не должен превышать $1,2 s$ (s – наименьшая толщина свариваемых элементов);

б) обеспечивающее лучшую передачу сил (рис. 11). Допускаемая сила для растяжения

$$P_1 = [\sigma'_p] l s .$$

Допускаемая сила для сжатия

$$P_2 = [\sigma'_{сж}] l s ,$$

где $[\sigma_p]$ и $[\sigma'_{сж}]$ – допускаемые напряжения для сварного шва при растяжении и сжатии.

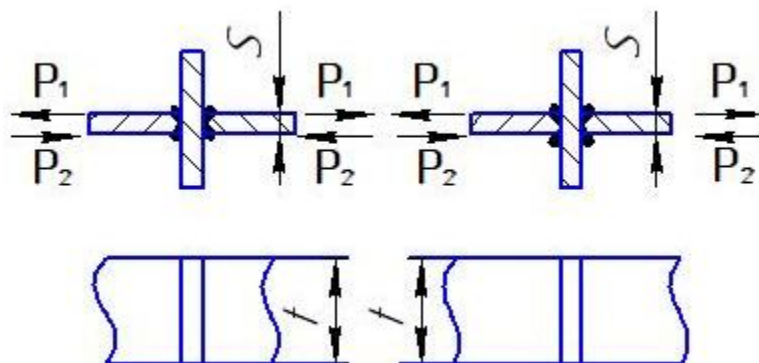


Рис. 11. Тавровое соединение, обеспечивающее лучшую передачу сил

Соединения с накладками. Сечение накладок, обеспечивающее равнопрочность целого сечения приведена на рис. 12.

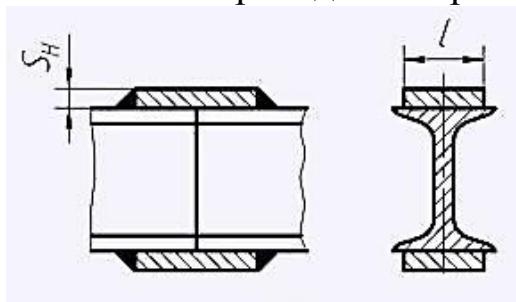


Рис. 12. Соединения с накладками

Сечение накладок, обеспечивающее равнопрочность целого сечения, рассчитывается по формуле

$$F_H = 2S_H l = \frac{F([\sigma_p] - [\sigma'_p])}{[\sigma'_p]},$$

где F – сечение основного металла; $[\sigma_p]$ – допускаемое напряжение при растяжении основного металла; $[\sigma'_p]$ – допускаемое напряжение для сварного шва при растяжении.

Сечение накладки, обеспечивающее равно прочность целого сечения, приведено на рис.13.

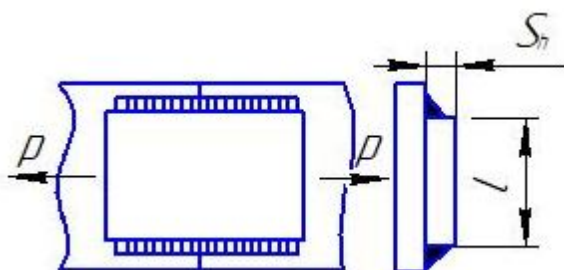


Рис. 13. Сечение накладки

Сечение накладок, обеспечивающее равнопрочность целого сечения, рассчитывается по формуле

$$F_H = S_H l = \frac{F([\sigma_p] - [\sigma'_p])}{[\tau'_{ср}]},$$

где $[\tau'_{ср}]$ – допускаемое напряжение для сварного шва на срез.

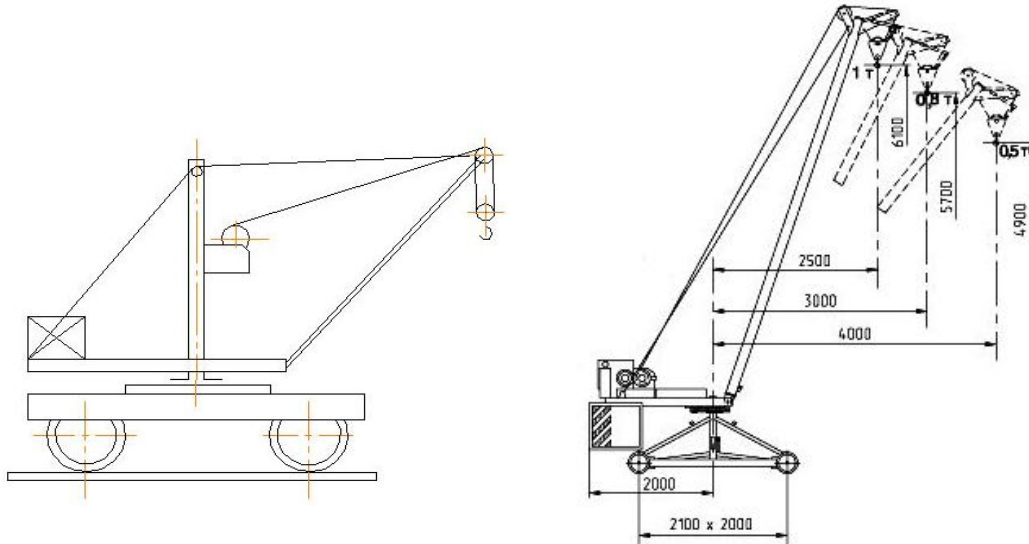
Библиографический список

1. Шапошников, Н.Н. Строительная механика [Электронный ресурс] : учебник / Н.Н. Шапошников, Р.Х. Кристаллинский, А.В. Дарков ; под общ. ред. Н.Н. Шапошникова. – Электрон. дан. – СПб. : Лань, 2018. – 692 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/105987>. – Загл. с экрана (дата обращения к ресурсу: 20.11.18).
2. Кузьмин, Л.Ю. Строительная механика [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л.Ю. Кузьмин, В.Н. Сергиенко. – Электрон. дан. – СПб. : Лань, 2016. – 296 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/76273>. – Загл. с экрана (дата обращения к ресурсу: 24.09.18).
3. Кузьмин, Л.Ю. Сопротивление материалов [Электронный ресурс] / Л.Ю. Кузьмин, В.Н. Сергиенко, В.К. Ломунов. – Электрон. дан. – СПб. : Лань, 2016. – 228 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/90004>. – Загл. с экрана (дата обращения к ресурсу: 24.09.18).
4. Васильков, Г.В. Строительная механика. Динамика и устойчивость сооружений [Электронный ресурс] : учебное пособие / Г.В. Васильков, З.В. Буйко. – Электрон. дан. – СПб. : Лань, 2013. – 256 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/5110>. – Загл. с экрана (дата обращения к ресурсу: 24.09.18).
5. Сборник задач по сопротивлению материалов [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Н.М. Беляев [и др.]. – Электрон. дан. – СПб. : Лань, 2017. – 432 с. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/91908>. – Заглавие с экрана (дата обращения к ресурсу: 24.09.18).
6. Строительная механика и металлоконструкции строительных и дорожных машин : учебник для вузов по специальности «Строительные и дорожные машины и оборудование» / Н.Н. Живейнов, Г.Н. Карасев, И.Ю. Цвейг. – М. : Машиностроение, 1988.– 280 с.
7. Металлические конструкции строительных и дорожных машин (определение внутренних усилий и напряжений) / В. А. Ряхин, И. Ю. Цвейг, М. С. Балаховский. – М. : Машиностроение, 1972. – 313 с.
8. Александров, М. П. Грузоподъемные машины : учебник для вузов / М. П. Александров. – М. : Высш. шк., 2000.
9. Чирас, А. А. Строительная механика: Теория и алгоритмы : учебник для вузов / А.А. Чирас. – М. : Стройиздат, 1989. – 225 с.
10. Справочник по кранам : в 2 т. Т.1. Характеристики кранов и нагрузок. Основы расчета кранов, их приводов и металлических конструкций / В.И. Брацде, М.М. Гохберг, И. Езвягин [и др.] ; под общ. ред. М.М. Гохберга. – М. : Машиностроение, 1988. – 536 с.
11. Характеристики кранов. Крановые механизмы, их узлы и детали, техническая эксплуатация / А. А. Ананьев [и др.]. – Л. : Машиностроение, 1973.
12. Вайнсон, А.А. Подъемно-транспортные машины : учебник для вузов / А.А. Вайнсон. – М. : Машиностроение, 1989.
13. Машины для земляных работ (теория и расчёт) / Т. В. Алексеева [и др.]. – М. : Машиностроение, 1972.

14. Вершинский, А. В. Строительная механика и металлические конструкции : учебник для вузов / А. В. Вершинский, М. М. Гохберг, В. П. Семенов. – Л. : Машиностроение, 1984.
15. Писаренко, Г. С. Справочник по сопротивлению материалов / Г. С. Писаренко, А. П. Яковлев, В. В. Матвеев. – Киев : Наук. думка, 1988.
16. Панкратов, С.А. Основы расчета и проектирования металлических конструкций строительных и дорожных машин /С.А. Панкратов, В.А. Ряхин. – М. : Машиностроение, 1967. – 276 с.
17. Дорожные машины : атлас конструкций / В. И. Баловнев, Н. П. Вошинин, С. М. Полосин-Никитин, А. З. Шарц ; под ред. А. А. Бромберга. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1969. – 152 с.
18. Машины для устройства дорожных покрытий / К. А. Артемьев [и др.]. – М. : Машиностроение, 1982.
19. Машины для земляных работ : атлас конструкций : / А. А. Бромберг [и др.]. – М. : Машиностроение, 1968.
20. Вайнсон, А.А. Подъемно-транспортные машины строительной промышленности : атлас конструкций / А.А. Вайнсон. – М.: Машиностроение, 1976.
21. Подъемно-транспортные машины : атлас конструкций : учебное пособие для вузов / М. П. Александров, Д. М. Решетов, Б. А. Байков. – М. : Машиностроение, 1987.
22. Поворотные краны. Подъемники / А.И. Желтонога [и др.]. – Минск : Вышэйш. шк., 1974.
23. Судовые краны и лебедки : атлас конструкций / Г. Р. Кипарский. – Л. : Судостроение, 1978. – 84 с.
24. Алексеев, В.А. Проектирование металлических конструкций строительных и дорожных машин : учеб. пособие / В. А. Алексеев, В. Г. Волобоев . – Омск : [б. и.], 1980. – 62 с.
25. Краны и подъемники : атлас конструкций : в 2 ч. / А. И. Желтонога, Н. В. Кучерин, А. И. Ковальчук . – Минск : Вышэйш. шк., 1974.
26. ГОСТ 2.106–96.ЕСКД. Текстовые документы. – Введ. 1997–07 –01. – М. : Госстандарт России : Изд-во стандартов, 1997. – 47 с.
27. Дарков, А. В. Строительная механика : учебник / А. В. Дарков, Н. Н. Шапошников. – СПб. : Лань, 2004.
28. Справочник по конструкционным материалам / Б.Н. Арзамасов [и др.]. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2005.
29. Металлические конструкции в гидротехнике : учебное пособие для студентов высших учебных заведений / И. И. Кошин [и др.]. – М. : Изд-во АСВ, 2002.
30. Сетков, В.И. Строительные конструкции. Расчет и проектирование : учебник / В.И. Сетков, Е.П. Сербин. – М. : ИНФРА-М, 2005.
31. Металлические конструкции : учебник для вузов : в 3 т. / под ред. В. В. Горева. – М. : Высш. шк., 2004.

Исходные данные к заданию №1

Спроектировать стрелу передвижного крана.

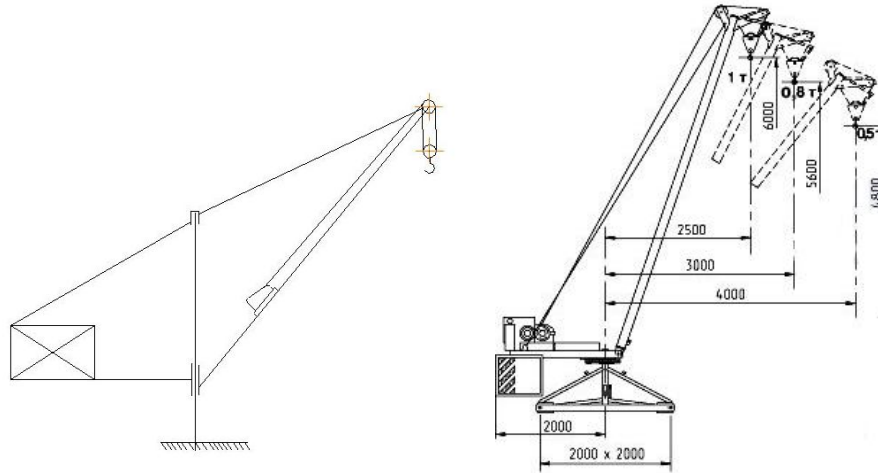


- Q – сила тяжести поднимаемого груза;
- $Q_{\text{б}}$ – сила тяжести грузозахватного устройства;
- $Q_{\text{ст}}$ – сила тяжести одного погонного метра стрелы;
- $a_{\text{в}}$ – максимальное ускорение при подъеме груза;
- L – максимальный вылет стрелы.

Величина	Вариант					
	1	2	3	4	5	6
Q , кН	5	15	25	40	45	60
$Q_{\text{б}}$, кН	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9
$Q_{\text{ст}}$, кН/м	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,6
$a_{\text{в}}$, м/с ²	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20	0,20
L , м	12	6	8	4	6	4

Исходные данные к заданию №2

Спроектировать стрелу поворотного крана на колонне.

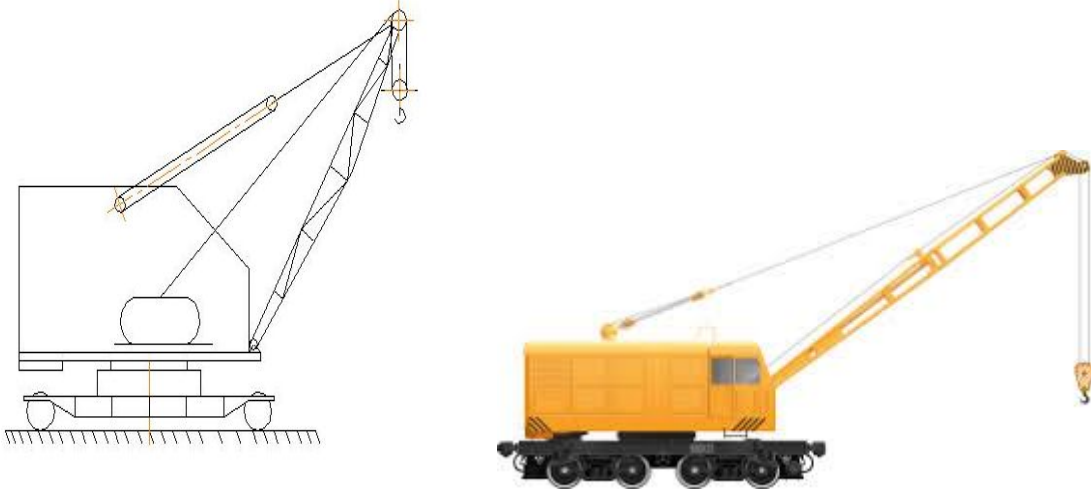


- Q – сила тяжести поднимаемого груза;
- $Q_{\text{б}}$ – сила тяжести грузозахватного устройства;
- $Q_{\text{мт}}$ – сила тяжести механизма подъема;
- $a_{\text{с}}$ – максимальное ускорение при подъеме груза;
- L – максимальный вылет стрелы;
- $q_{\text{см}}$ – сила тяжести одного погонного метра стрелы.

Величина	Вариант					
	1	2	3	4	5	6
Q , кН	5	10	15	20	25	25
$Q_{\text{б}}$, кН	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5
$Q_{\text{мт}}$, кН/м	1	1,4	1,8	2,4	2,6	2,8
$a_{\text{с}}$, м/с ²	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10	0,10
L , м	10	8	10	4	10	6
$q_{\text{см}}$, м/с ²	0,20	0,30	0,40	0,55	0,60	0,65

Исходные данные к заданию №3

Спроектировать решетчатую стрелу передвижного крана.

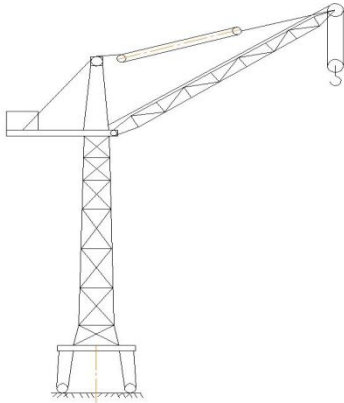


- Q – сила тяжести поднимаемого груза;
 Q_{δ} – сила тяжести грузозахватного устройства;
 a_{δ} – максимальное ускорение при подъеме груза;
 L – максимальный вылет стрелы;
 $q_{см}$ – сила тяжести одного погонного метра стрелы.

Величина	Вариант					
	1	2	3	4	5	6
Q , кН	15	30	50	75	100	100
Q_{δ} , кН	0,6	0,8	1,0	0,3	1,4	1,5
a_{δ} , м/с ²	0,4	0,4	0,3	0,2	0,2	0,1
L , м	12	6	9	6	5	4
$q_{см}$, м/с ²	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,7

Исходные данные к заданию №4

Спроектировать стрелу башенного крана.



Q – сила тяжести поднимаемого груза;

Q_{σ} – сила тяжести грузозахватного устройства;

a_g – максимальное ускорение при подъеме груза;

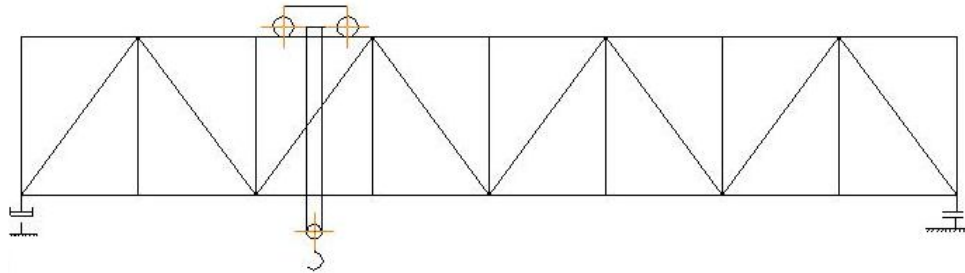
L – максимальный вылет стрелы;

$q_{ст}$ – сила тяжести одного погонного метра стрелы.

Величина	Вариант					
	1	2	3	4	5	6
Q , кН	15	20	25	30	30	35
Q_{σ} , кН	0,30	0,40	0,50	0,60	0,65	0,75
a_g , м/с ²	0,35	0,35	0,30	0,25	0,25	0,20
L , м	24	16	20	12	20	12
$q_{ст}$, м/с ²	0,4	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8

Исходные данные к заданию №5

Спроектировать металлоконструкцию мостового крана.



Q – сила тяжести поднимаемого груза;

Q_{σ} – сила тяжести грузозахватного устройства;

Q_m – сила тяжести тележки;

q – сила тяжести одного погонного метра металлоконструкции;

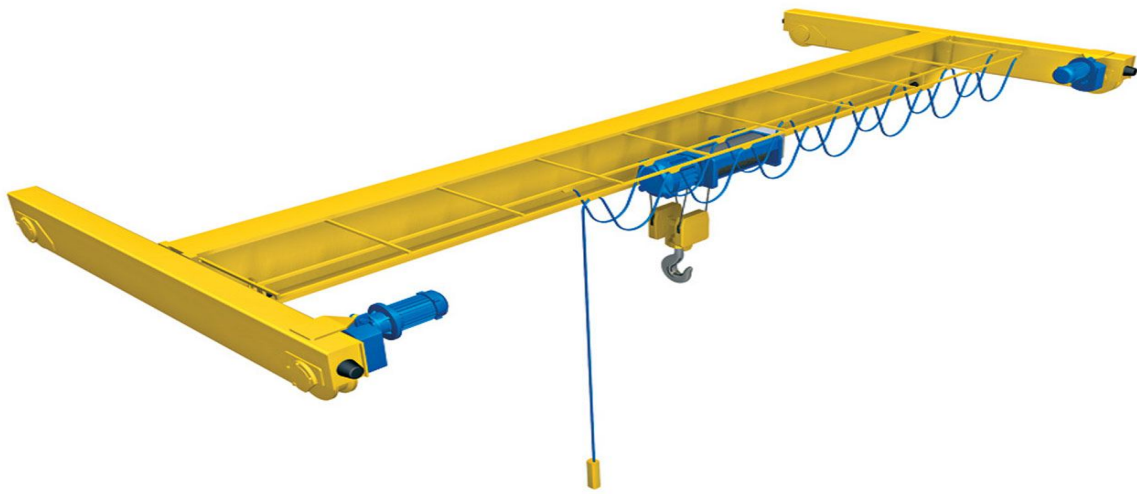
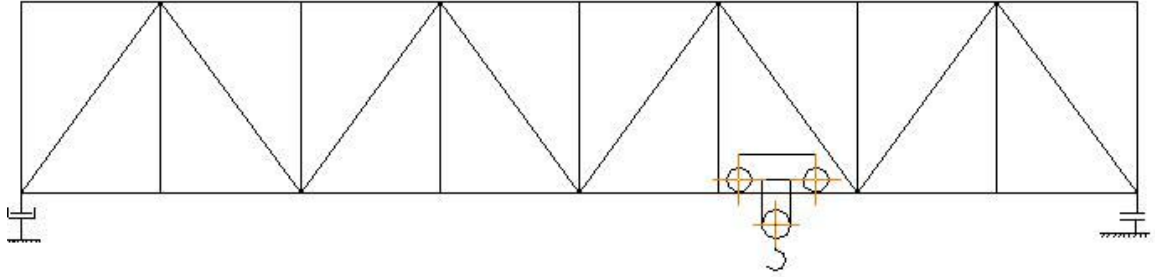
L – длина пролета;

a_{ϵ} – максимальное ускорение при подъеме груза.

Величина	Вариант					
	1	2	3	4	5	6
Q , кН	20	25	30	35	40	40
Q_{σ} , кН	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,6
a_{ϵ} , м/с ²	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1
Q_m , кН	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,0
L , м	28	20	12	24	16	12
q , м/с ²	0,4	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8

Исходные данные к заданию №6

Спроектировать металлоконструкцию мостового крана.



Q – сила тяжести поднимаемого груза;

Q_{σ} – сила тяжести грузозахватного устройства;

Q_m – сила тяжести тележки;

q – сила тяжести одного погонного метра металлоконструкции;

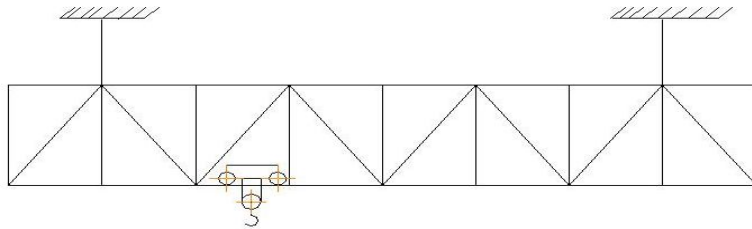
L – длина пролета;

a_g – максимальное ускорение при подъеме груза.

Величина	Вариант					
	1	2	3	4	5	6
Q , кН	45	50	55	60	60	65
Q_{σ} , кН	1,0	1,0	1,1	1,2	1,2	1,3
a_g , м/с ²	0,40	0,30	0,20	0,10	0,25	0,15
Q_m , кН	2,2	2,3	2,4	2,5	2,5	2,6
L , м	20	12	6	16	12	6
q , м/с ²	1,2	1,4	1,6	1,8	1,9	2,1

Исходные данные к заданию №7

Спроектировать металлоконструкцию козлового крана.



Q – сила тяжести поднимаемого груза;

Q_{σ} – сила тяжести грузозахватного устройства;

Q_m – сила тяжести тележки;

q – сила тяжести одного погонного метра металлоконструкции;

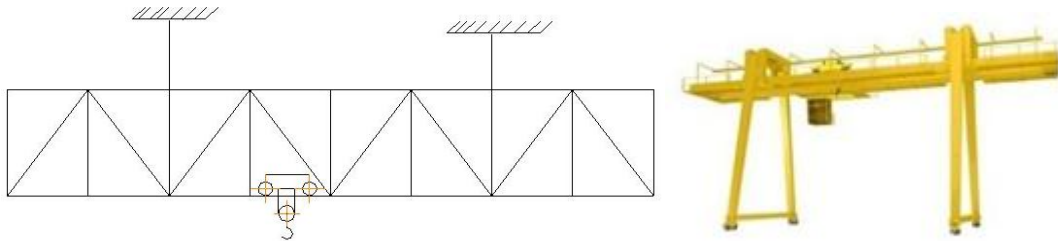
L – длина пролета;

a_g – максимальное ускорение при подъеме груза.

Величина	Вариант					
	1	2	3	4	5	6
Q , кН	24	28	32	36	42	42
Q_{σ} , кН	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,6
a_g , м/с ²	0,5	0,4	0,3	0,20	0,1	0,1
Q_m , кН	1,5	2,0	3,0	3,5	4,0	4,0
L , м	36	28	20	32	24	20
q , м/с ²	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,6

Исходные данные к заданию №8

Спроектировать металлоконструкцию козлового крана.



Q – сила тяжести поднимаемого груза;

Q_{δ} – сила тяжести грузозахватного устройства;

Q_m – сила тяжести тележки;

q – сила тяжести одного погонного метра металлоконструкции;

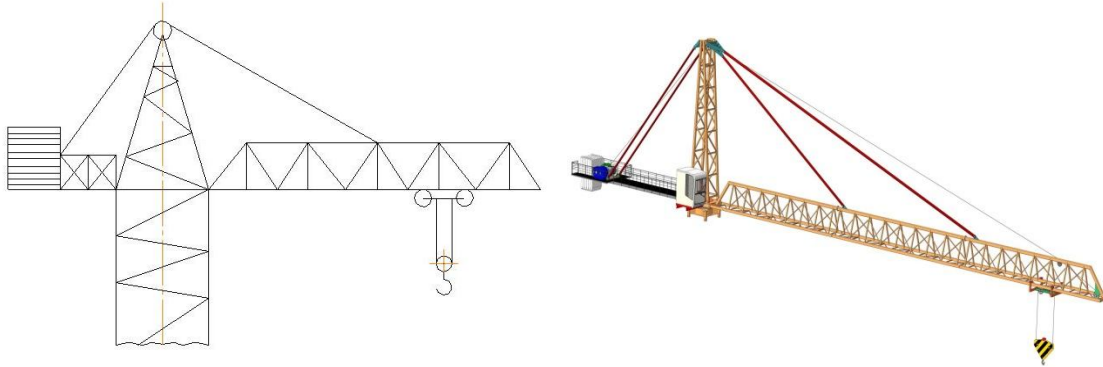
L – длина пролета;

a_g – максимальное ускорение при подъеме груза.

Величина	Вариант					
	1	2	3	4	5	6
Q , кН	46	50	54	58	62	62
Q_{δ} , кН	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,0
a_g , м/с ²	0,5	0,4	0,3	0,20	0,1	0,1
Q_m , кН	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	5,0
L , м	32	24	16	28	20	16
q , м/с ²	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,3

Исходные данные к заданию №9

Спроектировать стрелу башенного крана.



Q – сила тяжести поднимаемого груза;

$Q_{\text{б}}$ – сила тяжести грузозахватного устройства;

$Q_{\text{т}}$ – сила тяжести тележки;

q – сила тяжести одного погонного метра металлоконструкции;

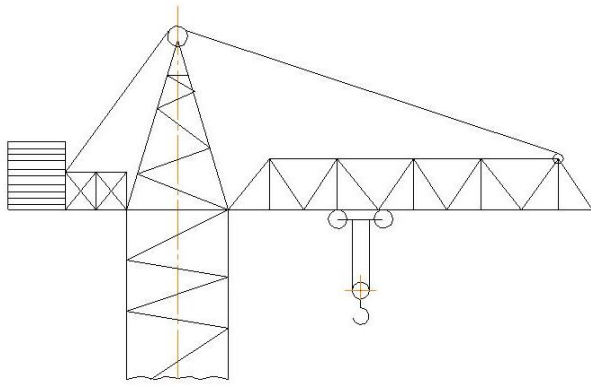
L – длина пролета;

$a_{\text{в}}$ – максимальное ускорение при подъеме груза.

Величина	Вариант					
	1	2	3	4	5	6
Q , кН	15	20	25	30	35	35
$Q_{\text{б}}$, кН	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,75
$a_{\text{в}}$, м/с ²	0,35	0,35	0,30	0,25	0,25	0,20
$Q_{\text{т}}$, кН	0,80	0,80	0,90	1,00	1,00	1,00
L , м	28	20	12	24	16	12
q , м/с ²	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8

Исходные данные к заданию №10

Спроектировать стрелу башенного крана.



Q – сила тяжести поднимаемого груза;

Q_{δ} – сила тяжести грузозахватного устройства;

Q_m – сила тяжести тележки;

q – сила тяжести одного погонного метра металлоконструкции;

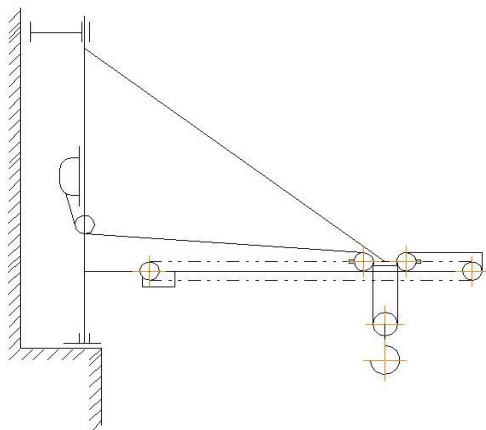
L – длина пролета;

a_g – максимальное ускорение при подъеме груза.

Величина	Вариант					
	1	2	3	4	5	6
Q , кН	40	40	45	55	55	60
Q_{δ} , кН	0,60	0,65	0,70	0,85	0,95	1,05
a_g , м/с ²	0,35	0,30	0,25	0,35	0,25	0,15
Q_m , кН	1,00	1,00	1,00	1,10	1,20	1,30
L , м	28	24	20	28	20	12
q , м/с ²	0,8	0,9	0,9	1,1	1,2	1,3

Исходные данные к заданию №11

Спроектировать стрелу настенного крана.



Q – сила тяжести поднимаемого груза;

Q_{σ} – сила тяжести грузозахватного устройства;

$Q_{т}$ – сила тяжести тележки;

$Q_{лм}$ – сила тяжести механизма привода тележки;

q – сила тяжести одного погонного метра металлоконструкции;

L – длина пролета;

a_{σ} – максимальное ускорение при подъеме груза.

Величина	Вариант					
	1	2	3	4	5	6
Q , кН	20	30	40	50	60	65
Q_{σ} , кН	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,3
$Q_{т}$, кН	4,00	4,00	4,00	5,00	5,00	5,00
a_{σ} , м/с ²	0,3	0,20	1,0	0,25	0,15	0,10
$Q_{лм}$, кН	3,00	4,00	5,00	5,00	7,00	7,00
L , м	12	8	4	10	6	4
q , м/с ²	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,6

Образец титульного листа

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет
(СибАДИ)»

Кафедра «Подъемно-транспортные, тяговые машины и гидропривод»

Утверждаю
Зав. кафедрой

«__» __ 20__ г.

Пояснительная записка

К курсовой работе по строительной механике и металлоконструкциям
строительных и дорожных машин

На тему _____

Автор работы _____

Подпись _____ Дата _____

Инициалы, фамилия _____

Обозначение курсовой работы _____

Группа _____

Руководитель проекта _____

Подпись _____ Дата _____

Курсовая работа защищена _____ Оценка _____

Дата _____

Члены комиссии _____

Подпись, дата, инициалы, фамилия

Город, год защиты

Обозначение конструкторской документации

1. Текстовые документы и чертежи

XX.XXX-OO.OO-OOO-XX

XX. – Шифр проектируемого изделия

XXX. – Номер задания и вариант (для КР и КП); номер темы в приказе ректора (для ДП)

OO – Номер сборочной единицы

OO – Номер сборочной единицы, входящей в состав сборочной единицы

OOO – Номер детали

XX – Шифр конструкторского документа

2. Обозначение пояснительной записки дипломного проекта

ДП-02068982-23.05.01-XXX-XX

02068982. – Код ОКПО СибАДИ

23.05.01. – Шифр специальности

XXX. – Номер темы в приказе ректора

XX – Год выпуска

3. Обозначение пояснительной записки ВКР

ВКР-02068982-23.03.02-XXX-XX

02068982. – Код ОКПО СибАДИ

23.03.02. – Шифр специальности

XXX. – Номер темы в приказе ректора

XX – Год выпуска

4. Обозначение пояснительной записки МД

МД-02068982-23.04.02-XXX-XX

02068982. – Код ОКПО СибАДИ

23.04.02. – Шифр специальности

XXX. – Номер темы в приказе ректора

XX – Год выпуска

Шифры некоторых чертежей:

ВО – чертеж общего вида;

СБ – сборочный чертеж;

ТЧ – теоретический чертеж;

ГЧ – габаритный чертеж;

МЭ – электромонтажный чертеж;

МЧ – монтажный чертеж;

Шифры некоторых конструкторских документов.

Шифры схем:

Э – электрическая;
Г – гидравлическая;
К – кинематическая;
П – пневматическая;
А – автоматизации;
С – комбинированная;
Д – плакат;

1 – структурная ;
2 – функциональная ;
3 – принципиальная .

**Примеры условных обозначений материалов, применяемых
при проектировании металлоконструкции**

Прокат фасонный горячекатаный, обычной точности прокатки (В), балка двутавровая номер 30 по ГОСТ 8239–89 класса прочности 345:

30–В ГОСТ 8239–89

Двутавр _____.

345 ГОСТ 19281–89

Прокат фасонный горячекатаный повышенной точности прокатки (Б), швеллер номер 20 с параллельными гранями полок (П) по ГОСТ 8240–89, класса прочности 315:

20П–Б ГОСТ 8240–89

Швеллер _____.

315 ГОСТ 19281–89

Прокат фасонный горячекатаный, обычной прочности прокатки (В) угловой неравнополочный размерами 63х40х4 мм по ГОСТ 8510–86, класса прочности 345:

63х40х4 –В ГОСТ 8510–86

Уголок _____.

345 ГОСТ 19281–89

Прокат сортовой горячекатаный, квадратный, обычной точности прокатки (В) со сторонами квадрата 50 мм по ГОСТ 2591–88, класса прочности 315:

50 –В ГОСТ 2591–88

Квадрат _____.

315 ГОСТ 19281–89

Прокат сортовой горячекатаный, круглый, обычной точности прокатки (В) диаметром 40 мм по ГОСТ 2590–88, первой группы 1, девятой категории, класса прочности 345:

40–В ГОСТ 2590–88

Круг _____.

345–9–1 ГОСТ 19281–89

Пример оформления спецификации

Формат Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме- чание
<u>Документация</u>					
A1		КБ.012.00.00.000 СБ	Сборочный чертеж	1	
A4		КБ.012.00.00.000 ПЗ	Пояснительная записка	1	
<u>Детали</u>					
A3	1	КБ.012.01.00.000	Основание	1	
A3	2	КБ.012.02.00.000	Секция стрелы	1	
A1	3	КБ.012.03.00.000	Оголовок стрелы	1	
A4		КБ.012.000.001	Фланец	4	
B4		КБ.012.000.002	Стойка		
			Швеллер <small>ГОСТ 8240-8</small> I=40 мм <small>ГОСТ 8240-8</small>	4	
<u>Стандартные изделия</u>					
			Болт 18*15*60		
			ГОСТ 7789-70	4	
			Гайка 2М18		
			ГОСТ 5915-70	4	
			Шайба 18		
			ГОСТ 11371-68	4	
КБ 012.00.00.000					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
Разраб.					
Проб.					
Н.контр.					
Утв.					
Стрела башенного крана				Лит.	Лист
					Листов
					1
Копировал				Формат А4	

**Механические свойства стали
(ГОСТ 380–88)**

Марка стали	Временное сопротивление σ_s , МПа	Предел текучести $\sigma_{0.2}$, МПа, для толщин, мм		Относительное удлинение δ , %, для толщин, мм	
		До 20	Св.20 до 40	До 20	Св.20 до 40
Ст 3 кп	360–460	235	225	27	26
Ст 3 пс	370–480	245	235	26	25
Ст 3 сп					
Ст 3 Г пс	370–490	245	235	26	25
Ст 3 Г сп	390–570	–	245	–	24
Ст 4 кп	400–510	245	235	25	24
Ст 4 пс	410–530	265	255	24	23
Ст 4 сп					
Ст 5 пс Ст 5 сп	490–630	285	275	20	19
Ст 5 Г пс	450–50	285	275	20	19
Ст 5 пс Ст 5 сп	Не менее 590	305	305	15	14

**Механические свойства труб
(ГОСТ 8732–78 и ГОСТ 8734–75*)**

Марка стали	Временное сопротивление разрыву, МПа	Предел текучести, МПа	Относительное удлинение $\delta_s, \%$	Твердость, НВ
10	360(350)	220(210)	24(24)	137(137)
20	420(420)	250(250)	21(21)	1546(156)
35	520(520)	300(300)	17(17)	187(187)
45	600(600)	330(330)	14(14)	207(207)
10Г2	480(430)	270(250)	21(22)	197(197)
15Х * ₁	–(420)	– –	–(19)	– (179)
20Х	440(440)	– –	16(17)	– (179)
40Х	670(630)	– –	9(14)	269(217)
30ХГСА	700(500)	– –	11(18)	– (229)
15ХМ	440(440)	230 –	21(21)	–
30ХМА * ₂	600 –	400 –	13	–
12ХН2 * ₃	500 –	400 –	14	–

₁ – марка стали только для труб по ГОСТ 8734 – 75.

*₂ – марка стали только для труб по ГОСТ 8732 – 78.

В скобках приведены данные для труб по ГОСТ 8734 – 75*.

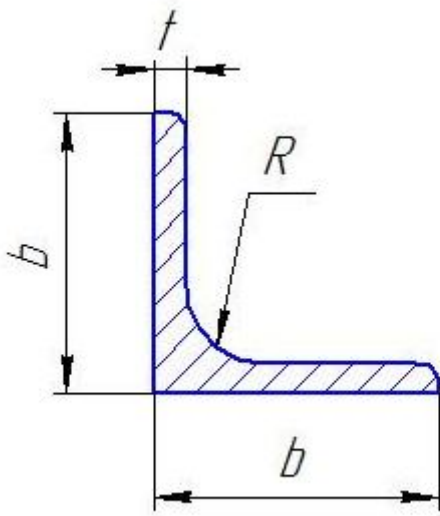
Таблица В.2

Размеры и резьбы труб

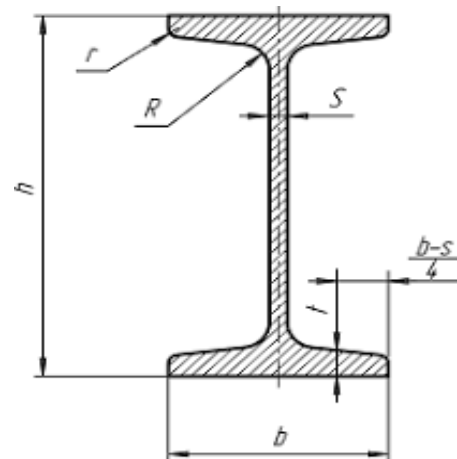
Условный проход, мм	Наружный диаметр, мм	Толщина стенки труб, мм			Резьба			Масса 1 м труб, кг		
		лёгких	обыкновенных	усиленных	Число витков на дюйм	Длина до сбегача*, мм		лёгких	обыкновенных	усиленных
						длинной	короткой			
6	10,2	1,8	2	2,5	-	-	-	0,37	0,4	0,47
8	13,5	2	2,2	2,8	-	-	-	0,578	0,61	0,74
10	17	2	2,2	2,8	-	-	-	0,74	0,8	0,98
15	21,3	2,5	2,8	3,2	14	14	9	1,16	1,28	1,43
20	26,8	2,5	2,8	3,2	14	16	10,5	1,5	1,66	1,86
25	33,5	2,8	3,2	4	11	18	11	2,12	2,39	2,91
32	42,3	2,8	3,2	4	11	20	13	2,73	3,09	3,78
40	48	3	3,5	4	11	22	15	3,33	3,84	4,34
50	60	3	3,5	4,5	11	24	17	4,2	4,88	6,2
65	75,5	3,2	4	4,5	11	27	19,5	5,71	7,05	7,88
80	88,5	3,5	4	4,5	11	30	22	7,34	8,34	9,32
90	101	3,5	4	4,5	11	33	26	8,44	9,6	10,74
100	114	4	4,5	5	11	36	30	10,85	12,15	13,44
125	140	4	4,5	5,5	11	38	33	13,42	15,04	18,24
150	165	4	4,5	5,5	11	42	36	15,88	17,81	21,63

* – Цилиндрической резьбой.

Основные сортаменты, применяемые в металлоконструкциях

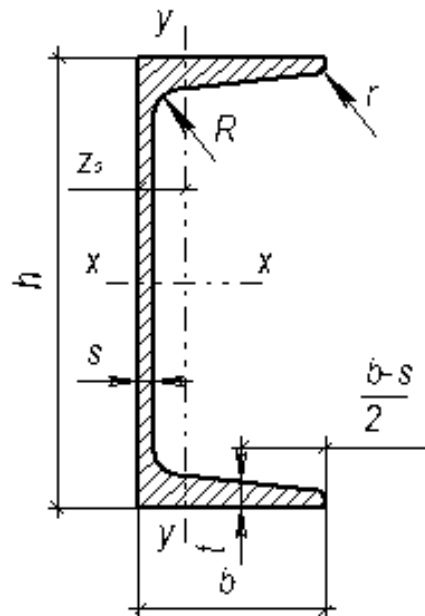


Уголки стальные
горячекатаные
равнополочные (ГОСТ 8509–93)



Двутавры стальные
горячекатаные (ГОСТ 8239–89)

h – высота двутавра; b – ширина полки; s – толщина стенки; t – средняя толщина полки; R – радиус внутреннего закругления; r – радиус закругления полки



Швеллеры стальные
горячекатаные
(ГОСТ 8240–89)