

Министерство образования Российской Федерации
Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана

Выборнов А.П., Коновалов А.В., Куркин А.С.

**Проектирование и расчёт
главной фермы мостового крана**

Методические указания
по выполнению курсового проекта по дисциплинам
«Проектирование сварных соединений»
и
«Проектирование сварных соединений и нормы качества»

Введение

В своей трудовой деятельности инженер – механик должен уметь самостоятельно и творчески решать различные производственные задачи. Хотя это умение вырабатывается у студента в течение всего периода обучения в ВУЗе, работа над курсовыми проектами развивает его в наибольшей степени.

Курсовой проект «Проектирование сварных соединений» – завершающий этап изучения курса. Студенты выполняют его после изучения теоретической части и выполнения общетехнических курсовых проектов «ТММ», «Детали машин» и «Подъёмно – транспортные машины». Курсовой проект «Проектирование сварных соединений» является первым из трёх курсовых проектов, предусмотренных учебным планом для специальной подготовки инженеров всех специализаций специальности 12.05 «Оборудование и технологии сварочного производства».

Выполнение проекта требует знания таких дисциплин, как машиностроительное черчение, сопротивление материалов, подъёмно – транспортное оборудование, технология машиностроения, проектирование сварных соединений, технология изготовления сварных конструкций.

Цель и задачи курсового проекта.

Целью настоящего курсового проекта является развитие навыков конструкторской работы в области проектирования сварных металлоконструкций на примере подъёмно – транспортного оборудования, а также закрепление и углубление знаний по курсу «Проектирование сварных соединений».

Поставленная цель может быть достигнута при решении следующих задач:

1. практическое применение полученных ранее знаний при решении конкретной конструкторской задачи на примере проектирования главной фермы мостового крана;
2. приобретение опыта конструирования пространственных сварных узлов ответственных решётчатых металлоконструкций;
3. формирование у студента творческого подхода к решению конструкторских задач с учетом технологичности и экономичности сварной конструкции;
4. привитие навыков и накопление опыта работы с нормативными документами по расчёту и изготовлению ответственных сварных металлоконструкций, научно – технической и справочной литературой.

Задание на курсовой проект.

Задание на курсовой проект является типовым. Перед каждым студентом ставится задача спроектировать главную ферму мостового крана в двух вариантах, условно называемых «технологичным» и «экономичным». Первый вариант предполагает проектирование с минимальным применением механообработки – стержни фермы изготавливают из прокатных элементов (уголков, швеллеров, двутавров), соединяемых в нахлестку угловыми швами. Второй вариант предполагает применение таких методов проектирования, которые позволяют снизить металлоёмкость конструкции в основном за счет использования элементов, позволяющих использовать стыковые швы. В задании указаны грузоподъёмность крана, пролёт фермы, размеры и количество стержней в главной и горизонтальной фермах.

В процессе выполнения проекта необходимо рассчитать усилия в отдельных стержнях фермы, определить необходимые размеры поперечных сечений стержней, удовлетворяющим условиям выносливости, устойчивости и статической прочности, детально разработать 2-3 пространственных сварных узла конструкции, определить размеры поперечного сечения концевой балки мостового крана. Кроме этого по согласованию с консультантом необходимо разработать технологию сборки и сварки какой-либо части крана с выбором или проектированием соответствующего оборудования или оснастки.

В бланке задания указан график работы над проектом с конкретными сроками выполнения отдельных этапов.

Задания выдаёт ответственный за проект по кафедре в первую неделю семестра. Выдача проекта сопровождается установочной лекцией, в которой сообщается о порядке работы над проектом, о консультантах, требованиях к выполнению графической части и расчетно-пояснительной записки, о методиках расчёта и проектирования элементов фермы, о порядке и сроках защиты проекта.

Объём и содержание курсового проекта

Графическая часть проекта должна быть представлена не меньше, чем на 4 листах формата А1. Она должна быть выполнена либо карандашом, либо с помощью компьютера. Выполнение графической части с помощью компьютера разрешается только тем студентам, которые в срок выполнили первый этап задания.

1 лист – общий вид главных ферм мостового крана в трёх проекциях по первому и второму вариантам.

2 лист – конструкции 2 – 3 основных узлов фермы «технологичного» варианта с достаточным количеством проекций, разрезов, сечений и подробным обозначением сварных швов.

3 лист – конструкции 2 – 3 основных узлов фермы «экономичного» варианта (тех же, что и на листе 2) с достаточным количеством проекций, разрезов, сечений и подробным обозначением сварных швов.

4 лист - эскизный проект сборочно-сварочного стенда и одного или нескольких приспособлений сборочной оснастки, маршрутная технологическая карта сборочно-сварочных операций изготовления одной из частей крана, планировка сборочно-сварочного участка.

Компоновка графической части устанавливается на консультациях с учётом рекомендаций и требований к оформлению чертежей.

Расчетно-пояснительная записка составляется на листах формата А4 и содержит: титульный лист, оглавление, бланк задания на проект, характеристику главной фермы мостового крана как сварной конструкции, построение линий влияния стержней, указанных в бланке задания, и расчёт усилий в этих стержнях, таблицу нагрузок в стержнях главной фермы, форму и размеры сечений стержней главной фермы, полученные на основании расчётов на статическую прочность, выносливость и устойчивость, расчёты определения необходимой величины нахлестки соединений, подсчёт фактической массы главной фермы по двум вариантам (массу основного и наплавленного металла), обоснование и описание технологии изготовления одной из частей крана и работы используемых сборочно-сварочных приспособлений и устройств. В конце записки приводится список литературы, на которую имеются ссылки в тексте.

Требования к оформлению проекта.

1. Графическую часть студент обязан выполнять в соответствии с требованиями ЕСКД.

На первом листе вычерчивают общий вид главных ферм, выполненных по 2 вариантам. Рекомендуемый масштаб от 1:50 до 1:20 в зависимости от пролёта крана. Рекомендуется главную проекцию фермы (боковой вид) выполнять целиком. По согласованию с консультантом возможно изображение половины фермы. Кроме главной проекции на листе должны присутствовать вид сверху и вид сбоку. Должны быть проставлены размеры – габаритные и основные геометрические. На этом же листе должна присутствовать таблица состава сечений элементов ферм, массы элементов ферм и масса фермы в целом. В правом нижнем углу над основной надписью располагают примечания – развернутая характеристика стали, способы сварки и контроля качества швов и т.п.

Чертежи сварных узлов выполняют в масштабе от 1:5 до 1:1 в трёх проекциях без нарушения проекционной связи. При необходимости количество проекций может быть увеличено, чтобы можно было представить конструкцию узла полностью. Должны быть нанесены все размеры, достаточные для изготовления узла, обозначены все сварные швы. Допускается однотипные швы обозначать цифрами, а полное обозначение приводить в примечаниях в правом нижнем углу над основной надписью.

На технологическом листе вычерчивается схема или чертёж сборочно-сварочного устройства с указанием основных размеров, исполнительных механизмов и технологической характеристики. Также на листе должны быть рабочие чертежи одного – двух сборочных приспособлений (прижим, фиксатор, и

т.п.). Технологическая карта сборочно-сварочных операций должна быть помещена в правом нижнем углу над основной надписью.

2. Расчётно-пояснительная записка выполняется на одной стороне листа белой бумаги формата А4.

Весь текст записки разбивают на разделы и параграфы, которые нумеруются арабскими цифрами. Разделы и параграфы имеют краткие названия, например, «2. Расчет главной фермы мостового крана по 1-му варианту» и «2.6. Определение размера нахлестки раскосов». Первой страницей является титульный лист. Все страницы записки, включая задание, сшивают и нумеруют арабскими цифрами либо в правом верхнем углу, либо по середине страницы. Номер страницы на титульном листе не ставят.

Весь иллюстративный материал нумеруется арабскими цифрами с указанием названия рисунка, если это необходимо. Пример обозначения: «Рис. 4. Расчетная схема для проверки стержня верхнего пояса главной фермы на статическую прочность». Номер и название рисунка помещают под рисунком. Рисунки, расчётные схемы и другие материалы иллюстрационного характера помещаются непосредственно в тех параграфах, на которые есть ссылки на рисунки с указанием его номера.

Результаты расчётов рекомендуется сводить в таблицы. Таблицы нумеруют так же, как и рисунки. Над правым верхним углом таблицы должно быть написано «Таблица 1». На строке ниже этого дают название таблицы.

Все расчётные формулы сначала пишут в буквенном выражении. Расшифровку формулы начинают словом «где», после чего перечисляют символы, входящие в формулу. При первом употреблении символа, входящего в формулу, дают его значение и размерность. После этого формулу переписывают

вают с подстановкой числовых значений символов, сохраняя их места, и приводят результат расчёта с размерностью. Размерности одного и того же параметра в пределах записки должна быть одинаковой. Если в тексте есть ссылка на формулу, то в этом случае формулы нумеруются арабскими цифрами, заключёнными в круглые скобки. Номер формулы проставляют с правой стороны листа ближе к краю. В тексте при ссылке на формулу указывают её номер в круглых скобках.

Список использованной литературы содержит все использованные при работе над проектом источники. Источники располагают в порядке появления ссылок в тексте записки и нумеруют арабскими цифрами. Ссылка на источник представляет собой арабские числа (перечисленные через запятую, если ссылка на несколько источников), заключённые в квадратные скобки. Сведения об источниках включают фамилию и инициалы автора (ов), заглавие, место издания, издательство, год издания и количество страниц. Сведения о стандартах и других нормативных документах включают буквенно-цифровое обозначение, название документа и количество страниц.

Порядок работы над проектом

Работая над проектом, студент должен знать и помнить, что конструкторская и технологическая проработка и расчёты являются единым процессом и не могут быть оторваны друг от друга. Принятие обоснованных конструкторских решений – обязанность студента. Консультант высказывает своё мнение об этих решениях, указывает на их ошибочность и рекомендует изменить или пересмотреть их. Однако окончательное решение принимает только автор проекта.

Получив задание на проект, студент должен осмыслить поставленную задачу, проработать соответствующую литературу и повторить лекционный материал. Работу над проектом следует вести в следующем порядке:

- Для стержней, указанных в задании построить линии влияния и определить значения усилий в стержнях от распределённой нагрузки, и максимальное и минимальное усилия от сосредоточенных сил (давления колеса тележки);
- На компьютере ввести в тестовую программу полученные значения. В случае правильного расчета программа рассчитывает все усилия для всех стержней главной, горизонтальной и вспомогательной ферм. По этой распечатке определить действующие в стержнях максимальные и минимальные значения усилий.
- Подобрать сечения стержней главной фермы, предварительно согласовав с консультантом тип сечения и материал, из которого будет изготовлена ферма;
- Вычертить узлы фермы, включая узел присоединения главной фермы к концевой балке, и определить (конструктивно) размеры сечения концевой балки. Далее расчётом на прочность либо определить толщину её листов, либо, задавшись толщиной листов, подтвердить прочность концевой балки;
- Повторить предыдущие 2 пункта для главной фермы второго варианта;
- Выполнить лист 1 – общий вид главных ферм. Рассчитать массу металлоконструкций;

- Разработать технологию изготовления заданного консультантом элемента крана. Выполнить эскизный проект сборочно-сварочного приспособления, вычертить 4 лист.
- Оформить расчётно-пояснительную записку и подготовиться к защите проекта.

Рекомендации по работе над проектом

Приступая к работе над проектом, студент должен чётко представлять назначение конструкции, схему крана, его эксплуатационные характеристики, технологию изготовления, возможности транспортировки и монтажа крана. Только с учётом всех этих критериев можно грамотно решать возникающие конструкторские задачи.

Основанием для создания конструкции главной фермы служит задание на проектирование. На основании предложенной схемы конструкции и эксплуатационных нагрузок определяют действующие на элементы фермы, подбирают их сечения и проектируют сварные соединения.

Металлические конструкции кранов должны соответствовать нормам Госгортехнадзора РФ и техническим условиям на проектирование мостовых кранов ВНИИПТМАШа, являющегося головной организацией по подъёмно – транспортному оборудованию.

Расчётная схема мостового крана. Конструкция мостового крана является симметричной фигурой относительно двух взаимно перпендикулярных вертикальных плоскостей – продольной и поперечной. Схема приведена на рис.1. С помощью горизонтальных ферм и диагональных связей (пространственных раскосов) вертикальных ферм достигается пространственная жесткость конст-

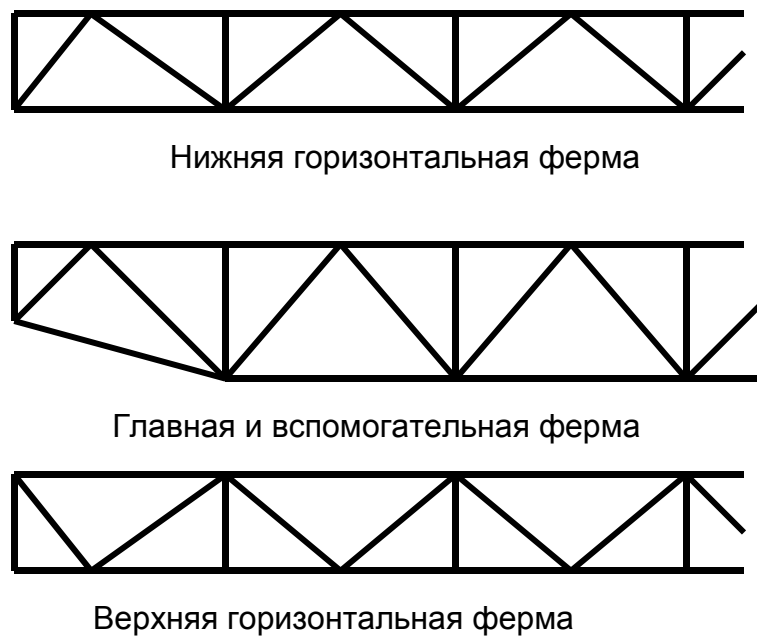


Рис. 1 Стержневые схемы фермы мостового крана

рукции. Определение усилий в стержнях главной фермы проводят по упрощённой расчетной схеме крана. Конструкция крана расчленена на плоские элементы – главные фермы, вспомогательные фермы, горизонтальные фермы и концевые балки. При этом считают, что главная ферма воспринимает нагрузки от собственного веса и давления ходовых колёс грузовой тележки, вспомогательная ферма – только от собственного веса, горизонтальная ферма – горизонтальные инерционные нагрузки при разгоне и торможении крана (равномерно распределённые – от массы крана, сосредоточенные – от массы тележки с грузом). Концевые балки воспринимают вертикальные сосредоточенные силы от действия главных и вспомогательных ферм и горизонтальные инерционные силы при разгоне и торможении тележки. Сосредоточенные вертикальные силы от главной фермы определяют по линии влияния реакции опоры. Полная сила – сумма половины веса главной фермы с сосредоточенной вертикальной силой.

При таком упрощении силовой схемы главные фермы при расчете оказываются недогруженными, поскольку в реальности часть нагрузки главной фермы воспринимает вспомогательная ферма, а вспомогательные фермы и концевые балки – перегружены. Кроме того, при расчёте концевой балки не учитывают кручение. Для компенсации принятого упрощения вводят коэффициент неполноты расчёта, составляющий для главной фермы 1,1, а для концевой балки 0,5.

Определение нагрузок в элементах главной фермы производят с помощью линий влияния.

Подбор сечений элементов крана.

Расчёт металлоконструкции главной фермы мостового крана начинают с определения допустимых напряжений. Элементы (стержни) главной фермы рассчитывают на выносливость, устойчивость (верхний пояс, стойки и раскосы) и на статическую прочность (верхний пояс). Для каждого из этих видов расчёта необходимо назначить свои допустимые напряжения.

В начале необходимо выбрать марку материала, из которого изготавливают главную ферму. В соответствии с нормами краностроения (РД 22-16-96 Машины грузоподъёмные. Выбор материалов для изготовления, ремонта и реконструкции сварных стальных конструкций Москва.1996, 46 С.) можно использовать низкоуглеродистые и низколегированные стали. Наиболее широко используемые марки сталей приведены в таблице 1. Они те же, что и рекомендованные в СНиПе. Следует учитывать, что в случае работы крана для работы при температурах от +40 до –60°С (северное исполнение) используют только низколегированные стали, а в случае среднеагрессивной среды – стали с добавкой меди (10ХСНД).

Таблица 1.

Некоторые марки сталей для изготовления ферм мостовых кранов.

Марка стали	Толщина, мм	σ_{02} , МПа	$\sigma_{в}$, МПа
ВСтЗсп5	До 25 (лист, фасон)	245	370
09Г2С	До 60 (лист)	290	450
09Г2С	До 16 (труба)	335	470
09Г2СЮч	До 20 (лист)	325	500
15ХСНД	До 50 (лист)	353	481
10ХСНД	До 32 (лист, фасон)	390	530

При расчётах на статическую прочность и устойчивость в качестве допускаемых напряжений используют расчётное сопротивление выбранной стали с учётом коэффициента условий работы и коэффициента неполноты расчёта. При расчёте на выносливость допускаемое напряжение определяют в соответствии со СНиПом. Для этого необходимо решить, какого вида соединения будут использоваться в конструкции. При расчёте «технологичного» варианта обычно используют нахлесточные соединения, что соответствует 7 группе. При применении стыковых соединений («экономичный» вариант) концентрация напряжений снижается и может быть использована 4 группа.

Определение сечений элементов главной фермы целесообразно начинать с проектного расчёта на выносливость. Для этого необходимо максимальное усилие в самом нагруженном стержне (верхнего и нижнего поясов, раскосов и стоек) разделить на допускаемое напряжение, определённое по СНиП. Затем, руководствуясь сортаментом (ГОСТы, ТУ), частично приведённом в таблицах 2, 3, 4, 5, подобрать необходимый профиль. После этого для верхнего пояса произвести проверку статической прочности при положении колеса тележки по середине стержня и (для верхнего пояса, раскосов и стоек) проверку устойчивости. При этом учитывают, что работа на устойчивость стоек

Таблица 2.

Выписка из ГОСТ 8509 – 93 «Уголки стальные горячекатаные равнополочные. Сортамент»

Обозначения: В – ширина полки, Т – толщина полки, R – радиус внутреннего закругления, F – площадь сечения, J – момент инерции, Z_o – положение центра тяжести тавра, М – масса 1 метра длины.

№ про- филя	В, мм	Т, мм	R, мм	Z _o , см	F, см ²	М, кг/м	J, см ⁴	
							max	min
4,5	45	3	5	1,21	2,65	2,08	7,11	2,12
		4		1,26	3,48	2,73	9,21	2,74
		5		1,3	4,29	3,37	11,2	3,33
5	50	3	5,5	1,33	2,96	2,32	7,11	2,95
		4		1,38	3,89	3,05	9,21	3,8
		5		1,42	4,8	3,77	11,2	4,63
6,3	63	4	7	1,69	4,96	3,9	18,9	7,81
		5		1,74	6,13	4,81	23,1	9,52
		6		1,78	7,28	5,72	27,1	11,2
7	70	5	8	1,9	6,86	5,38	31,9	13,2
		6		1,94	8,15	6,39	37,6	15,5
		7		1,99	9,42	7,39	43,0	17,8
7,5	75	6	9	2,06	8,78	6,89	46,6	19,3
		7		2,1	10,1	7,96	53,3	22,1
		8		2,15	11,5	9,02	59,8	24,8
8	80	6	9	2,19	9,38	7,36	57	23,5
		7		2,23	10,8	8,51	65,3	27
		8		2,27	12,3	9,65	73,4	30,3
10	100	7	12	2,71	13,8	10,8	131	54,2
		8		2,75	15,6	12,2	147	60,9
		10		2,83	19,2	15,1	179	74,1

Таблица 3.

Выписка из ГОСТ 8240 – 89 «Швеллеры стальные горячекатаные. Сортамент»

Обозначения: Н – высота, В – ширина полки, S – толщина стенки, Т – средняя толщина полки, F – площадь сечения, J – момент инерции, W – момент сопротивления, Z_o – расстояние от центра тяжести до наружной грани стенки, М – масса 1 метра длины.

№ профиля	Н, мм	В, мм	S, мм	Т, мм	Z _o , см	F, см ²	М, кг/м	J _x , см ⁴	W _x , см ³	J _y , см ⁴	W _y , см ³
8	80	45	4,8	7,4	1,48	9,91	7,78	99,9	25	17,8	5,89
12	120	54	5	7,7	1,59	13,7	10,8	313	52,2	34,4	9,01
14	140	58	5	8	1,66	15,7	12,3	489	69,8	45,1	10,9
14а	140	62	5	8,5	1,84	16,9	13,2	538	76,8	56,6	13
16	160	64	5	8,3	1,79	18	14,1	741	92,6	62,6	13,6
16а	160	68	5	8,8	1,98	19,3	15,1	811	101	77,3	16
18	180	70	5	8,7	1,95	20,5	16,1	1080	120	85,6	16,9
18а	180	74	5	9,2	2,13	21,9	17,2	1180	131	104	19,7
20	200	76	5,2	9	2,07	23,4	18,4	1520	152	113	20,5
20а	200	80	5,2	9,6	2,27	25	19,6	1660	166	137	24
22а	220	87	5,3	10,2	2,47	28,6	22,5	2320	211	186	29,9
24а	240	95	5,6	10,7	2,67	32,9	25,8	3180	265	254	37,2
27	270	95	6	10,5	2,47	35,2	27,7	4160	308	262	37,3
30	300	100	6,5	11	2,52	40,5	31,8	5810	387	327	43,6

Таблица 4.

Выписка из ГОСТ 8239 – 89 «Двутавры стальные горячекатаные. Сортамент»

Обозначения: Н – высота, В – ширина полки, S – толщина стенки, Т – средняя толщина полки, F – площадь сечения, J – момент инерции, W – момент сопротивления, М – масса 1 метра длины.

№ про- филя	Н, мм	В, мм	S, мм	Т, мм	F, см ²	М, кг/м	J _x , см ⁴	W _x , см ³	J _y , см ⁴	W _y , см ³
18	180	95	5	8	23,8	18,7	1330	148	94,6	19,9
20	200	100	5,2	8,2	26,4	20,7	1810	181	112	22,4
22	220	110	5,3	8,3	28,3	22,2	2530	230	155	28,2
24	240	115	5,6	9,5	34,8	27,3	3460	289	198	34,5
27	270	125	6	9,8	40,2	31,5	5010	371	260	41,5
30	300	135	6,5	10,2	46,5	36,5	7080	472	337	49,9
33	330	140	7	11,2	53,8	42,2	9840	597	419	59,9
36	360	145	7,5	12,3	61,9	48,6	13380	743	516	71,1
40	400	155	8	13	71,4	56,1	18930	947	666	75,9

Таблица 5.

Нормальные тавры по ТУ 14 – 2 – 24 – 72 «Сталь горячекатаная. Двутавры и тавры с параллельными
гранями полок»

Обозначения: Н – высота, В – ширина полки, S – толщина стенки, Т – толщина полки, F – площадь сечения, J – момент инерции, W – момент сопротивления, Z_o – положение центра тяжести тавра, М – масса 1 метра длины.

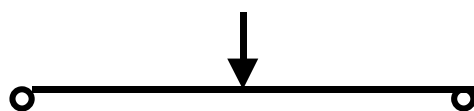
№ про- филя	Н, мм	В, мм	S, мм	Т, мм	Z _o , мм	F, см ²	М, кг/м	J _x , см ⁴	W _x , см ³		J _y , см ⁴	W _y , см ³
									max	min		
10.ОБТ0	97	99,3	4,5	5,6	22,9	10,2	8,0	85	37,3	11,5	46	9
10.ОБТ1	99	100	5,2	7,6	22,3	12,8	10,1	106	47,9	13,9	63	12
10.ОБТ2	100	100	5,2	8,6	21,5	13,8	10,9	111	51,8	14,2	72	14
10.ОБТ3	101	100,4	5,6	9,6	21,7	13,3	12,0	123	56,8	15,5	81	16
11.ОБТ0	112	109,4	4,8	6,0	26,9	12,3	9,6	139	51,9	16,4	65	12
11.ОБТ1	113	110,0	5,4	7,9	25,9	15,0	11,8	158	64,9	19,1	88	16
11.ОБТ2	115	110,0	5,4	9,0	24,9	16,3	12,8	176	70,7	19,6	100	18
11.ОБТ3	116	110,4	5,8	10,2	24,9	18,0	14,1	195	78,3	21,4	114	20
13.ОБТ0	126,7	119,5	5,1	6,4	30,7	14,5	11,4	213	69,4	22,2	91	15
13.ОБТ1	128,8	120,0	5,6	8,5	29,2	17,6	13,8	253	86,8	25,4	123	20
13.ОБТ2	130,0	120,0	5,6	9,7	28,0	19,1	15,0	265	94,8	26,0	140	23
13.ОБТ3	131,1	120,5	6,1	10,8	28,3	21,1	16,5	295	104,3	28,7	158	26
15.ОБТ0	147,1	139,7	5,5	6,8	35,7	17,9	14,1	361	101,3	32,4	155	22
15.ОБТ1	148,8	140,0	5,8	8,5	33,7	20,8	16,3	406	120,4	35,3	195	27
15.ОБТ2	150,0	140,0	5,8	9,7	32,2	22,4	17,6	425	131,9	36,1	222	31
15.ОБТ3	151,1	140,5	6,3	10,8	32,4	24,8	19,4	470	145,0	39,6	250	35

Продолжение таблицы 5

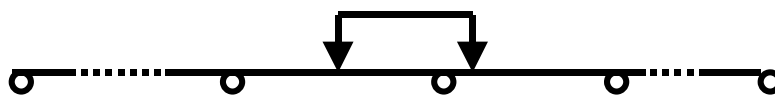
17.ОБТ0	171,8	155,0	6,0	7,3	42,9	22,0	17,3	618	144,4	48,0	227	29
17.ОБТ1	173,3	155,0	6,0	8,8	40,0	24,3	19,1	660	165,2	49,5	273	35
17.ОБТ2	175,0	155,0	6,0	10,5	37,5	27,0	21,2	701	187,0	51,0	326	42
17.ОБТ3	176,2	155,5	6,5	11,7	37,6	29,8	23,3	773	205,7	55,8	367	47
20.ОБТ0	196,0	164,7	6,5	7,9	50,5	26,3	20,6	977	193,7	56,2	295	35
20.ОБТ1	197,9	165,0	6,8	9,8	47,6	30,0	23,6	1090	228,9	72,5	368	44
20.ОБТ2	200,0	165,0	6,8	11,9	44,4	33,5	26,3	1166	262,5	75,0	446	54
20.ОБТ3	201,2	165,6	7,4	13,1	44,8	36,7	28,8	1286	287,0	82,3	497	60
22.ОБТ0	220,2	279,4	7,0	8,5	57,5	31,4	24,7	1482	258,0	91,1	410	45
22.ОБТ1	222,7	180,0	7,6	11,0	54,3	37,3	29,3	1723	317,6	102,4	535	59
22.ОБТ2	225,0	180,0	7,6	13,3	50,8	41,4	32,5	1842	363,0	105,7	650	72
22.ОБТ3	226,4	180,7	8,3	14,7	51,2	45,5	35,8	2040	398,5	116,5	725	80
25.ОБТ0	244,9	199,4	7,8	9,3	64,4	38,6	30,3	2261	351,1	125,3	615	62
25.ОБТ1	247,8	200,0	8,4	12,2	60,3	45,9	36,0	2626	435,4	140,1	815	81
25.ОБТ2	250,0	200,0	8,4	14,4	56,9	50,5	39,5	2784	489,5	144,2	960	96
25.ОБТ3	251,6	200,6	9,0	16,0	56,7	55,0	43,2	3043	536,5	156,2	1080	107
27.ОБТ0	269,2	214,4	8,6	10,3	71,4	46,0	36,1	3294	461,3	166,5	850	79
27.ОБТ1	272,6	215,0	9,2	13,7	66,4	55,0	41,8	3827	576,6	185,6	1140	106
27.ОБТ2	275,0	215,0	9,2	16,1	62,7	60,0	47,2	4051	646,0	190,8	1335	124
27.ОБТ3	276,6	215,8	10,0	17,7	63,2	66,0	51,5	4461	705,8	209,1	1485	137
30.ОБТ0	293,0	229,4	9,4	11,3	78,2	54,5	42,8	4622	591,0	215,2	1140	99
30.ОБТ1	297,1	230,0	10,0	15,4	72,0	65,5	51,5	5397	750,2	239,7	1565	136
30.ОБТ2	300,0	230,0	10,0	18,3	67,8	72,5	57,0	5736	846,6	247,0	1860	161
30.ОБТ3	301,7	231,0	11,0	20,0	68,9	79,5	62,0	6364	923,9	273,4	2060	178
35.ОБТ0	344,5	259,5	11,0	13,2	93,6	73,0	57,5	8689	928,3	346,3	1930	148
35.ОБТ1	346,8	260,0	11,5	15,5	90,1	81,0	63,5	9505	1054,5	370,4	2275	175
35.ОБТ2	350,0	260,0	11,5	18,7	84,4	89,0	70,0	10165	1204,8	382,7	2745	211
35.ОБТ3	352,8	260,5	12,0	21,5	82,1	98,0	77,0	11028	1344,0	407,4	3175	244

и раскосов соответствует схеме центрально сжатых стоек, а верхнего пояса – схеме внецентренно сжатой стойки, изгибаемой в двух перпендикулярных плоскостях.

При проверке верхнего пояса на статическую прочность необходимо в начале задаться расчётной схемой. Наиболее просто исходить из того, что ферма является конструкцией с шарнирным соединением стержней. В этом случае можно использовать схему двухопорной балки, нагруженной сосредоточенной силой по середине пролёта балки (рис.2а). Сила действует в вертикальной и горизонтальной плоскостях и равна значению давления колеса тележки в этих плоскостях. Другой расчётной схемой (рис.2б), более точно отражающей работу верхнего пояса, является схема неразрезной многоопорной статически неопределимой балкой, нагруженной двумя сосредоточенными силами в двух плоскостях. Одна из этих сил расположена по середине пролёта между опорами, а другая отстоит от первой на величину, равную расстоянию между колёсами грузовой тележки.



а – схема двухопорной балки



б – схема неразрезной многоопорной балки

Рис.2. Возможные расчётные схемы верхнего пояса

Стержни фермы, работающие на осевые нагрузки (раскосы и стойки), рассчитывают на выносливость и устойчивость. При этом следует учитывать,

что предельная гибкость элементов ферм ограничена. Максимально допустимые значения приведены в таблице 6.

Таблица 6.

Максимально допустимая гибкость стержней.

Наименование стержней	Допустимая гибкость
Сжатые пояса и опорные сжатые раскосы главных ферм	120
Прочие сжатые стержни главных ферм	150
Растянутые пояса и раскосы главных ферм	150
Раскосы горизонтальных ферм	250
Стойки горизонтальных ферм	300

Определение размеров нахлесточных соединений.

Сварные соединения мостовых кранов при их изготовлении выполняют автоматической сваркой под флюсом (протяжённые швы) и механизированной сваркой в защитных газах и смесях (швы небольшой протяженности). В качестве защиты в последнем случае используют углекислый газ CO_2 , различные смеси углекислого газа с аргоном и/или кислородом. После сварки все швы подвергают визуальному и измерительному контролю, а также радиографическому и/или ультразвуковому контролю. При этом 100% контролю физическими методами подвергают стыковые швы растянутых элементов и 50% контролю швы сжатых элементов. В соответствии со СНиПом такие швы не подлежат расчётам на прочность, поскольку соединение считается равнопрочным.

Для «технологичного» варианта изготовления фермы необходимо определять величины нахлестки соединения раскосов и стоек (длина фланговых швов), а также длину швов присоединения главной фермы к концевой балки (для обоих вариантов). При расчётах следует определить расчётные усилия, расчётные сопротивления (допускаемые напряжения) металла шва и задаться катетом. Катет не может быть больше толщины соединяемых элементов. Вме-

сте с тем он по технологическим соображениям не может быть больше 12 мм. Расчётные сопротивления для используемых при изготовлении и монтаже сварочных материалов назначают в соответствии со СНиПом. Величина нахлёстки не должна превышать размера в 50 катетов. В том случае, если усилие в стержне полностью выдерживает один лобовой шов, фланговые швы должны иметь длину не менее 30 мм.

Рекомендации по составлению технологии изготовления металлоконструкции.

Технология составляется на сборочно-сварочные работы по изготовлению какой-либо части металлоконструкции крана или сборки крана. Например, изготовление главной фермы, пояса главной фермы, концевой балки, пространственной фермы и т.п. Основа проектирования технологии – чертёж конструкции, технические условия на изготовление и программа выпуска (устанавливаются по согласованию с консультантом).

Технология на сборочно-сварочные работы должна быть ориентирована на последовательное укрупнение конструкции сборкой отдельных узлов и дальнейшего их объединения.

Сварочные работы занимают не более 30% общих трудозатрат. Поэтому для достижения высокой производительности необходимо механизировать заготовительные, сборочно-сварочные и контрольные операции комплексно. Технологический процесс должно организовывать таким образом, чтобы сварочные деформации конструкции были минимальными и не приходилось бы назначать операцию правки – весьма трудоёмкую операцию.

При разработке сборочно-сварочных приспособлений необходимо убедиться в работоспособности предлагаемой кинематической схеме, обеспечить конструктивно работу приспособления без заклинивания и поломок. На листе

должно быть достаточное количество видов, разрезов и сечений, чтобы понять устройство и работу приспособления.

Защита проекта.

Законченный проект студент подписывает (все листы и записку) и сдаёт на проверку консультанту. Отмеченные им ошибки должны быть исправлены. Готовый проект консультант подписывает к защите.

Защиты проектов проводятся публично на 16 неделе в течение трёх дней перед комиссией, состоящей из консультанта и двух преподавателей кафедры. Последняя защита происходит на зачётной неделе.

В докладе (до 5 минут) студент даёт краткий разбор представленного проекта, характеристику вариантов главной фермы и разработанной технологии. После доклада студент отвечает на вопросы комиссии по проекту. Для выявления знаний студента комиссия может задать вопросы, непосредственно не относящиеся к проекту, но связанные со знанием пройденных курсов.

Проект оценивается по четырёхбалльной системе по результатам защиты и с обязательным учётом ритмичности работы студента в течение семестра, качества оформления проекта, творческих элементов, ответов на вопросы, содержания доклада и мнения консультанта.

Рекомендуемая литература.

1. Николаев Г.А., Винокуров В.А. Сварные конструкции. Расчет и проектирование, - М.: Высшая школа, 1991.- 465 с.

2. Куркин С.А., Николаев Г.А. Сварные конструкции. Технология изготовления, механизация, автоматизация и контроль качества в сварочном производстве, - М.: Высшая школа, 1991.- 398 с.
3. Куркин С.А., Ховов В.М., Рыбачук А.М., Технология, механизация и автоматизация производства сварных конструкций. Атлас. - М.: Машиностроение, 1989.- 328 с.
4. Строительные нормы и правила (СНиП II-23-81*)
5. РД 22 – 16 – 96. Машины грузоподъёмные. Выбор материалов для изготовления, ремонта и реконструкции сварных стальных конструкций. – Москва, 1996, 47 с.
6. Компьютерное проектирование и подготовка производства сварных конструкций, под ред. Куркина С.А. и Ховова В.М., М. Изд. МГТУ, 2002г., 463 с.
7. Красовский А.И. Основы проектирования сварочных цехов. - М.: Машиностроение, 1980.- 350 с.