

ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Транспортные и технологические машины»

СТРОИТЕЛЬНЫЕ И СПЕЦИАЛЬНЫЕ КРАНЫ

*Методические рекомендации к лабораторным работам
для студентов направления подготовки*

*23.03.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы»
дневной формы обучения*



Могилев 2018

УДК 621,867
ББК 39.9
С 74

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Транспортные и технологические машины»
«27» марта 2018 г., протокол № 9

Составитель канд. техн. наук, доц. В. И. Матвеев

Рецензент Л. Е. Науменко

Предназначены для выполнения лабораторных работ студентами
направления подготовки 23.03.02 «Наземные транспортно-технологические
комплексы».

Учебно-методическое издание

СТРОИТЕЛЬНЫЕ И СПЕЦИАЛЬНЫЕ КРАНЫ

Ответственный за выпуск	И. В. Лесковец
Технический редактор	С. Н. Красовская
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 56 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 24.01.2014.
Пр. Мира, 43, 212000, Могилев.

© ГУ ВПО «Белорусско-Российский
университет», 2018



Содержание

1	Диагностика крановых механизмов.....	4
2	Характерные повреждения металлоконструкций башенных кранов, методы контроля и устранения.....	6
3	Стреловые устройства порталных кранов.....	10
4	Устойчивость стреловых самоходных кранов	14
5	Исследование колебаний металлоконструкции при внезапном обрыве груза	17
6	Статическое и динамическое испытания кранов.....	21
7	Изучение конструкции и регулировка тормозов	23
8	Клещи металлургических кранов.....	28
9	Изучение конструкции и определение основных размеров двухканатного грейфера	30
10	Организация безопасной работы стреловых самоходных кранов вблизи воздушных ЛЭП.....	33
11	Планово-высотная съемка кранового рельсового пути	36
12	Измерение неперпендикулярности оси стрелы к оси ее шарнира	39
13	Изучение устройства и исследование работы телескопической стрелы	42
14	Изучение устройства и исследование работы автоматических грузозахватных устройств для строительных материалов	44
15	Определение фактической высоты подъема груза с учетом его габаритных размеров.....	46
	Список литературы.....	48



1 Диагностика крановых механизмов

Цель работы: изучение дефектов деталей и узлов крановых механизмов и способов оценки величины износа их элементов.

В процессе эксплуатации грузоподъемных машин происходит естественный износ их узлов и деталей. В таблице 1.1 представлены предельные нормы браковки основных элементов грузоподъемных машин.

Таблица 1.1 – Предельные нормы браковки основных элементов грузоподъемных машин

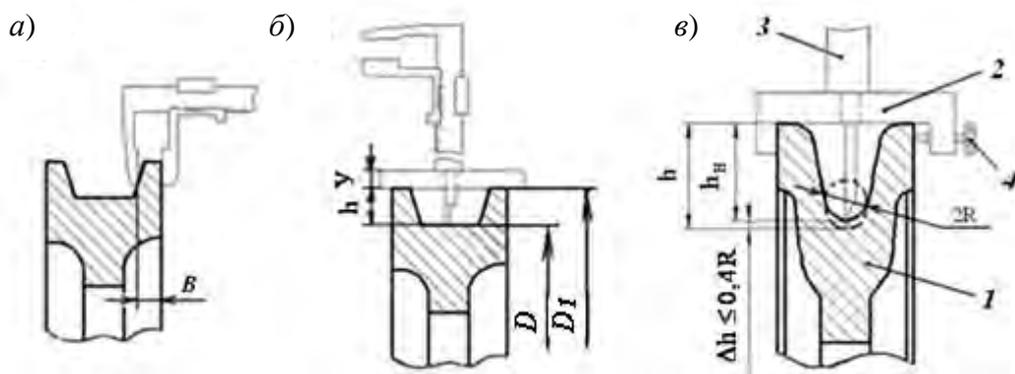
Элемент ГПМ	Дефект, при наличии которого элемент выбраковывается
Ходовые колеса кранов и тележек	1 Трещины любых размеров. 2 Выработка поверхности реборды до 50 % первоначальной толщины. 3 Выработка поверхности катания, уменьшающая первоначальный диаметр колеса на 2 %. 4 Разность диаметров колес, связанных кинематически, более 0,5 % для механизмов с центральным приводом
Блоки	1 Износ ручья блока более 40 % первоначального радиуса ручья
Барабаны	1 Трещины любых размеров. 2 Износ ручья по профилю более 2 мм
Крюки	1 Трещины и надрывы на поверхности. 2 Износ зева более 10 % первоначальной высоты вертикального сечения крюка. Увеличение зева крюка не более 12 %
Шкивы тормозные	1 Трещины и обломы, выходящие на рабочие и посадочные поверхности. 2 Износ рабочей поверхности обода более 25 % первоначальной толщины
Накладки тормозные	1 Трещины и обломы, подходящие к отверстиям под заклепки. 2 Износ тормозной накладке по толщине до появления головок заклепок или более 50 % первоначальной толщины

Для выявления трещин на поверхности ходовых колес, барабанов, тормозных шкивов, болтов и пр. используют капиллярный метод. Для этого поверхность контролируемого участка зачищается до блеска, смачивается керосином, а затем протирается насухо и покрывается слоем мела. Керосин, попавший в трещину, проявляется на белой поверхности. Для более четкого проявления трещины вместо керосина можно использовать смесь, состоящую из 70 % керосина, 30 % трансформаторного масла с добавкой яркого красителя из расчета 10 г на 1 л смеси.

Оценка износа крановых деталей осуществляется измерением соответствующих их фактических размеров и сопоставлением с первоначальными или допустимыми.

На рисунке 1.1 представлена схема измерения толщины реборды a , износа колеса по поверхности катания b и износа ручья блока c .

Зубчатые муфты проверяют при дефектации на наличие всех болтов, соединяющих обоймы, и их затяжку и взаимное положение валов.

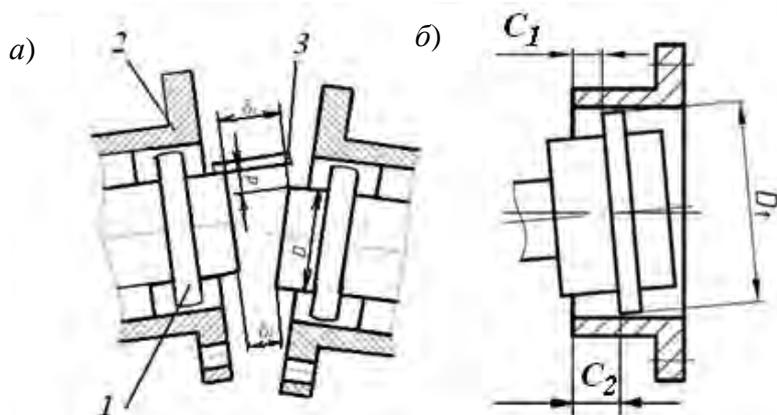


1 – блок; 2 – скоба; 3 – штангенциркуль; 4 – винт

Рисунок 1.1 – Схемы измерения износа реборды кранового колеса (а), износа колеса по кругу катания (б) и ручья канатного блока (в)

Допускаемый износ зубьев зубчатых муфт составляет до 30 % первоначальной их толщины (по хорде делительной окружности), а для механизмов подъема до 25 %. Износ зубьев определяется штангензубомером или щупом (по боковому зазору).

Определение взаимного смещения валов, связанных зубчатой муфтой, производится в соответствии с рисунком 1.2.

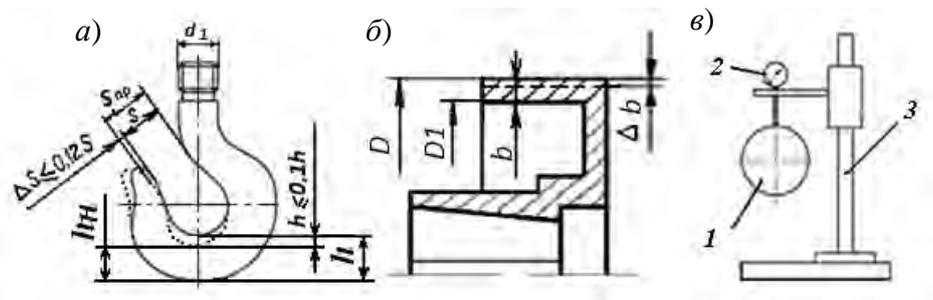


1 – вал; 2 – втулка; 3 – линейка

Рисунок 1.2 – Измерение взаимного смещения валов муфт МЗ (а) и МЗП (б)

Угловое смещение валов $\alpha = (\delta_1 - \delta_2) / D$ не должно превышать 1/100. Радиальное смещение d не должно превышать 1 мм для муфт типа МЗ. Для муфт типа МЗП угол между каждым из соединяемых валов и промежуточным валом $\alpha = (c_2 - c_1) / D_1$ также не должен превышать 1/100.

Контроль и измерения износа крюка, тормозного шкива производится в соответствии с рисунком 1.3.



a – ширины зева и износа опорной поверхности крюка; *b* – толщины обода тормозного шкива; *в* – радиального биения тормозного шкива

Рисунок 1.3 – Схема измерения износа и дефектов деталей

Порядок выполнения работы

- 1 Изучить основные виды дефектов и износов крановых узлов и деталей.
- 2 Изучить методы контроля и измерения износов и их предельные величины.
- 3 По заданию преподавателя произвести измерение износа заданной детали и сделать вывод о возможности ее дальнейшей эксплуатации.

Контрольные вопросы

- 1 Перечень изнашиваемых крановых деталей и их контролируемые параметры.
- 2 Методы измерения износа крановых деталей, допуски на износ.
- 3 Последствия чрезмерного радиального биения тормозного шкива.

2 Характерные повреждения металлоконструкций башенных кранов, методы контроля и устранения

Цель работы: изучение характерных повреждений болтовых и сварных соединений металлоконструкций башенных кранов, разработка технологии ремонта узлов кранов с трещинами, ослаблением болтовых соединений, коррозией и износом шарнирных соединений.

Для металлоконструкций башенных кранов наиболее характерны следующие повреждения, возникающие в процессе эксплуатации: ослабление затяжки болтовых соединений; усталостные трещины в элементах металлоконструкции; выработка (износ) шарнирных соединений и многие другие.

Надежная работа болтовых соединений (опорно-поворотного устройства (ОПУ), стыков секций башни, стрелы) обеспечивается предварительной затяжкой болтов определенным усилием. В процессе эксплуатации возможно ослабление болтов из-за недостаточной их прочности, разрушения резьбы, неравномерной их затяжки в соединении. В результате происходит раскрытие стыка, возможен разрыв самих болтов.

Обследование болтовых соединений ОПУ включает визуальный осмотр, остукивание болтов, проверку затяжки. При визуальном осмотре устанавливается наличие всех болтов, стопорных планок (контровки). В случае обнаружения обрыва болтов, количеством не более двух штук, необходимо заменить оборванные болты и провести поочередный контроль всех остальных болтов. Вывернутые болты осматриваются с целью выявления следующих дефектов: трещин, повреждений резьбы. В резьбе не должно быть искаженного профиля, забоин, сплошной коррозии резьбы. Бракуется болт при сплошной коррозии резьбы, при числе сорванных ниток резьбы более одной, смятии граней под ключ. Наличие трещин в болте устанавливается визуально или, при отсутствии внешних признаков трещин, методом керосиновой пробы (капиллярный метод выявления трещин).

При наличии оборванных болтов более двух, производится поочередная замена всех болтов.

Заменяемые болты перед постановкой их в конструкцию должны быть протерты насухо для удаления предохранительной смазки, грязи и ржавчины с резьбы болтов. Перед завинчиванием резьбу болтов и опорные поверхности головок следует смазать маслом для исключения излишнего трения.

Остукивание болтов при контроле их затяжки производится молотком с массой его головки примерно 0,5 кг. Проверка ослабления затяжки болтов с помощью гаечного ключа производится путем пробного отворачивания-завинчивания болта. При обнаружении ослабления затяжки болта производится его подтяжка динамометрическим ключом. Необходимый момент затяжки принимается по эксплуатационной документации или по формуле

$$M = 0,5G_T d^3,$$

где M – момент затяжки болта;
 G_T – предел текучести материала болта;
 d – диаметр болта.

При отсутствии данных о пределе текучести G_T допускается принимать $G_T = 240$ МПа.

Затяжку болтов производят в два этапа: первый этап – последовательная затяжка стандартным рожковым ключом до конца; второй этап – дотяжка специальным ключом с контролем крутящего момента. Затяжку болтов следует проводить плавно без рывков. Плотность затяжки стыка после затягивания всех болтов соединения контролируется щупом по наружному контуру фланца стыка. Щуп толщиной 0,3 мм не должен входить между фланцами.

При обследовании металлических конструкций следует учитывать, что усталостные трещины возникают у концентратора местных напряжений. Концентратором считается всякое резкое изменение сечения элемента (рисунки 2.1–2.3). Стрелками показаны места наиболее вероятного возникновения усталостных трещин. К типичным концентраторам относятся:

– элементы с резким перепадом поперечных сечений (см. рисунок 2.1);



- узлы прикрепления раскосов, стоек, диагоналей связей и косынок к поясам (см. рисунок 2.2);
- места окончания накладок, ребер, прерывистые швы (см. рисунок 2.3);
- отверстия с необработанными кромками и пр.

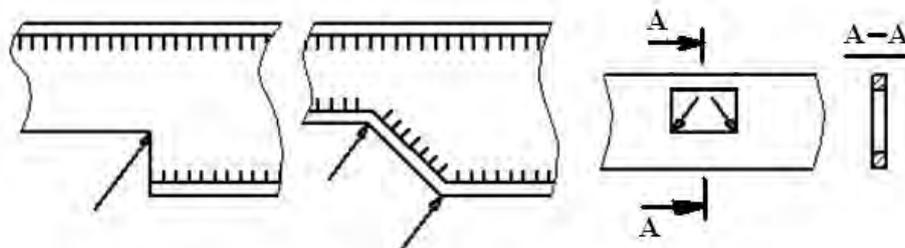


Рисунок 2.1 – Элементы с резким перепадом поперечных сечений

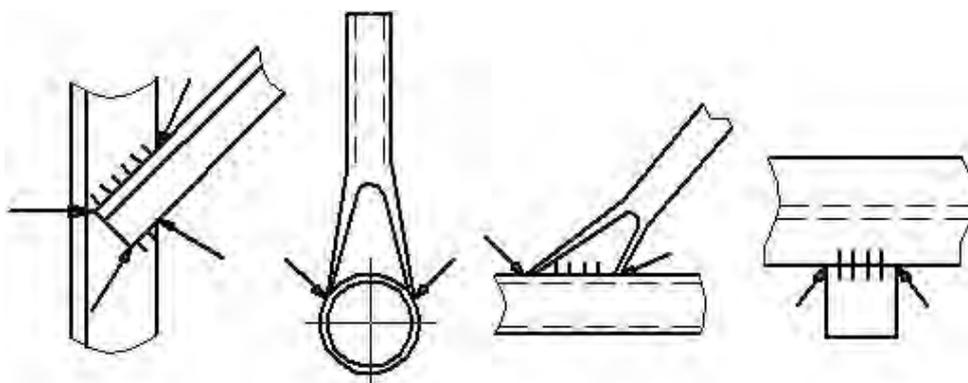


Рисунок 2.2 – Узлы крепления элементов решетки к поясам

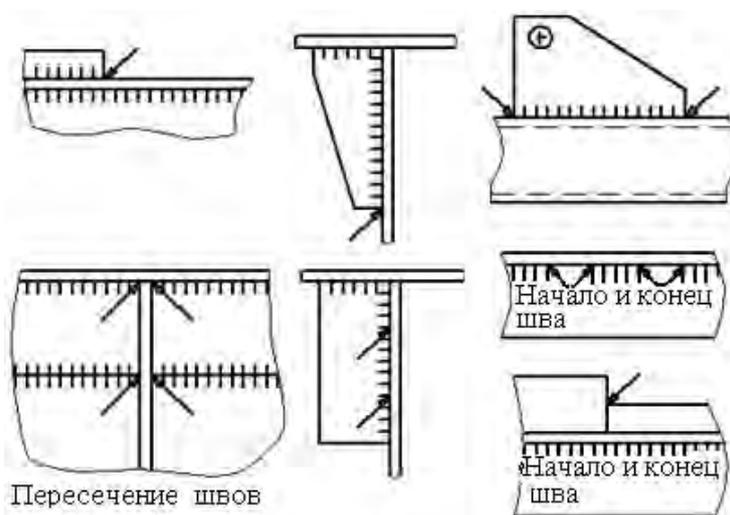


Рисунок 2.3 – Места окончания накладок, ребер, прерывистые швы

Естественно имеются и другие места возникновения трещин и другие повреждения металлоконструкции кранов.

Вследствие химического или электрохимического взаимодействия с внешней окружающей средой элементы металлоконструкции крана подвержены коррозии. В результате коррозии ежегодно разрушается (теряется) от 1 до 1,5 % всего металла, накопленного и эксплуатируемого человечеством. Коррозия,

захватившая всю поверхность металла, называется сплошной, если поражения локальны и оставляют практически незатронутой значительную часть поверхности, говорят о местной коррозии.

На кранах коррозия наиболее часто начинается в местах, где может скапливаться вода, грязь, в местах слабо вентилируемых (карманы и закрытые полости в соединениях несущих балок со стойками опор и др.).

Возможными местами появления коррозии на башенных кранах являются: замкнутые пространства (карманы) ходовых рам, концевых балок, поясов, порталов; опорные узлы башен, стрел; зазоры и щели, образующиеся вследствие неполного прилегания элементов; соединения, выполненные прерывистыми швами. Способы борьбы с коррозией: своевременная окраска с зачисткой пораженных коррозией мест, грунтовка и создание дренажных отверстий.

Ремонт несущих элементов металлоконструкции крана с трещинами и контроль качества сварных соединений должны выполняться в соответствии с требованиями нормативной документации, разработанной головными организациями.

Сварные соединения должны иметь клеймо или другое условное обозначение, позволяющее установить фамилию сварщика, производящего сварку. Метод и место маркировки должны быть указаны на чертежах.

При ремонте сквозных трещин:

- определяют трещину по всей длине и отмечают ее концы;
- в концах трещины на расстоянии, равном 0,5 диаметра сверла, просверливают сквозные отверстия диаметром не менее толщины основного металла;
- по длине трещины проводят разделку кромок ;
- очищают трещину от окалины, грязи и т. д. на расстоянии 20...30 мм;
- трещину заваривают сварными швами за несколько проходов во избежание перегрева основного металла и обеспечения плавного перехода к основному металлу;
- после заварки зачищают начало и конец шва, производят грунтовку и окраску.

Толщина накладки, перекрывающей трещину, не должна превышать толщину усиливаемого элемента. Размер накладки должен превышать длину трещины по периметру не менее 50 мм.

При ремонте элементов с несквозными трещинами разделку кромок производят на всю глубину трещины. Отверстия, ограничивающие трещину, не заваривают. При выполнении сварочных работ металлоконструкция крана разгружается от собственного веса. Рекомендуемые марки электродов для ручной сварки крановых металлоконструкций представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Марки электродов для сварки элементов металлоконструкции

Тип электрода	Э42, Э42А	Э46, Э46А	Э50, Э50А
Марка стали	Вст3	09Г2, 09Г2D	15ХСНД, 09Г2С, 09Г2СD, 10ХСНД

Выбракованные швы с трещинами, непроварами и другими дефектами металла удаляются механическим способом (рубкой, строганием) или газовым

резаком на длину, равную длине дефектного шва плюс 10 мм с каждой стороны.

Электроды с буквой А в обозначении Э42А, Э42А и Э50А используются при повышенных требованиях к пластичности и ударной вязкости.

Порядок выполнения работы

- 1 Изучить характерные повреждения элементов м/к башенных кранов.
- 2 Изучить методы выявления дефектов болтовых и сварных соединений
- 3 Разработать краткую технологию устранения дефекта по заданию преподавателя.

Контрольные вопросы

- 1 Основные дефекты элементов металлоконструкции крана, наиболее вероятные места и причины их появления.
- 2 Требования к болтовым соединениям и методы их контроля.
- 3 Основные требования к ремонту элементов металлоконструкции крана с трещинами.

3 Стреловые устройства порталных кранов

Цель работы: изучение конструкций отдельных стреловых устройств, обеспечивающих горизонтальное движение груза при изменении вылета; выбор их основных параметров расчетным и графоаналитическим методами; определение отклонений от горизонтального движения груза для стрелы с прямолинейным хоботом и жесткой оттяжкой и стрелы с уравнительными полиспастами.

Изменение вылета стрелы у порталных кранов является рабочим движением, совершаемом практически при каждом рабочем цикле. С целью снижения нагрузок, действующих на механизм изменения вылета в процессе качания стрелы, необходимо обеспечить горизонтальное движение груза. Такое движение груза может быть обеспечено: прямыми стрелами с уравнительными полиспастами; с помощью шарнирно-сочлененных стрел (укосин) с прямолинейным хоботом и жесткой или гибкой оттяжкой; шарнирно-сочлененными стрелами с криволинейным хоботом и гибкой оттяжкой; стрелами с уравнительными блоками; стрелами с уравнительными барабанами.

Прямые стрелы с уравнительным полиспастом – в стрелах этого типа (рисунок 3.1) груз перемещается горизонтально при изменении вылета благодаря полиспастным уравнительным устройствам, которые вызывают перематывание подъемного каната по блокам и соответствующее изменение длины подвеса груза, компенсирующее подъем и опускание концевого блока стрелы. В такой схеме стрелового устройства, помимо грузового полиспаста 3, имеется уравнительный полиспаст 2. Подъемный канат, сойдя с барабана 1, последовательно огибает блоки полиспастов. При качании стрелы 4 изменяется



расстояние L_z между обоймами B и C уравнительного полиспаста и в результате меняется длина подвеса груза L_i . Суммарная длина каната в обоих полиспастах остается постоянной:

$$S = Z \cdot L_z + i \cdot L_i = \text{const}, \quad (3.1)$$

где z, i – кратности уравнительного и грузового полиспастов.

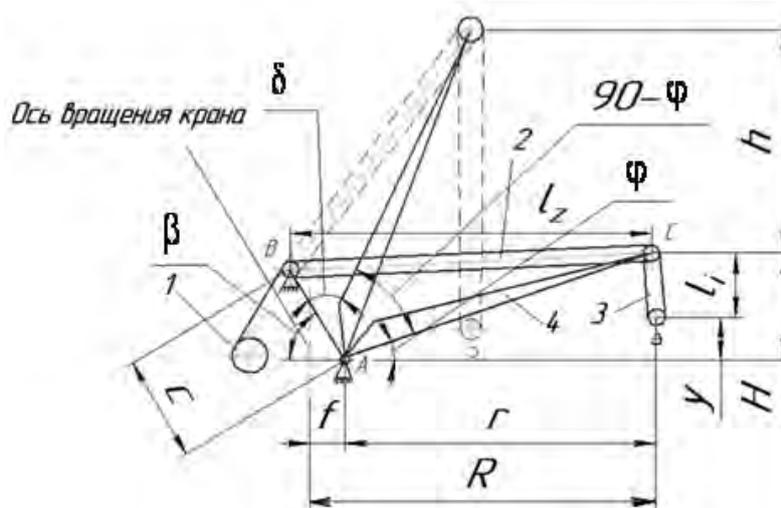


Рисунок 3.1 – Прямая стрела с уравнительным полиспастом

При этом ордината оси подвижного блока грузового полиспаста

$$y = L \cdot \sin \varphi - l_1 = L \cdot \sin \varphi - \frac{S - Z \cdot L_z}{i}. \quad (3.2)$$

Обозначая $k = \frac{c}{L}$ и $Z_0 = \frac{Z}{i}$, из треугольника ABC получим

$$L_z = \sqrt{L^2 + c^2 - 2L \cdot c \cdot \cos[90 - (\varphi - \delta)]} = L \sqrt{1 + k^2 - 2k \sin(\varphi - \delta)}. \quad (3.3)$$

Подставляя эти значения в формулу (3.2), получим

$$y = L \left[\sin \varphi + Z_0 \sqrt{1 + k^2 - 2k \sin(\varphi - \delta)} \right] - \frac{S}{L}. \quad (3.4)$$

Для горизонтального движения груза при качании стрелы (изменении угла φ) нужно иметь $y = \text{const}$. Достигнуть реально этого невозможно, однако путем надлежащего выбора параметров z_0, k и δ можно получить практически вполне приемлемые результаты.

Отклонение траектории движения груза от горизонтали убывает с увеличением отношения z/i и угла φ . С увеличением угла β до $90 \dots 105^\circ$ отклонение от горизонтали также уменьшается. Длина стрелы определяется исходя из заданных вылета R_{\max} и наименьшего угла наклона ее к горизонту φ_{\min}

$$L = \frac{R_{\max} - f}{\cos \varphi_{\max}}, \quad (3.5)$$

где f – расстояние от оси вращения крана до оси подвески стрелы.

Минимальный вылет стрелы определяется из условия, что угол ее наклона к горизонту находится в пределах $60 \dots 80^\circ$:

$$R_{\min} = L \cos \varphi_{\max} + f. \quad (3.6)$$

Шарнирно-сочлененные стрелы с прямолинейным хоботом – такие стрелы сконструированы на основе четырехзвенного механизма, известного в теории механизмов и машин под названием «прямоугольник Чебышева» (рисунок 3.2).

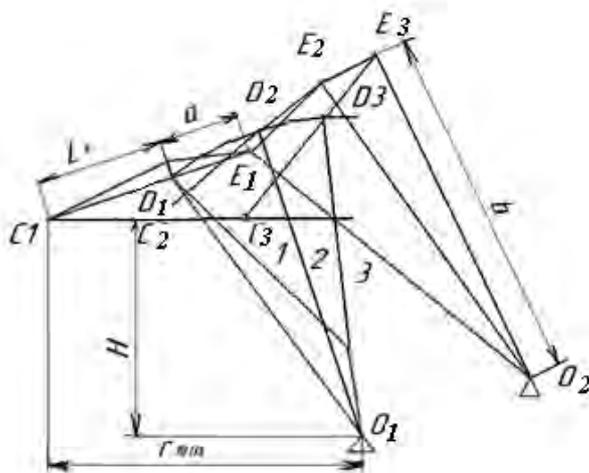


Рисунок 3.2 – Шарнирно-сочлененная укосина с прямолинейным хоботом

Размеры элементов укосины выбираются из условия обеспечения достаточной пологости траектории движения конца хобота. Первым этапом является определение длины стрелы L_c и длины хобота L_x так, чтобы при максимальном r_{\max} и минимальном r_{\min} вылетах стрелы конец хобота находился на одинаковой высоте H .

Крайние рабочие положения 1 и 3 ограничиваются условиями, чтобы хобот не становился вертикально и не доходил до горизонтального положения, где может начинаться крутой участок траектории движения.

Обозначая $L_x = kL_c$, можно записать:

– для положения 1 (рисунок 3.3)

$$H = L_c \sin \varphi_{\min} - L_x \sin \gamma_3 = L_c (\sin \varphi_{\min} - k \sin \gamma_1); \quad (3.7)$$

$$r_{\max} = L_c (\cos \varphi_{\min} + k \cos \gamma_3); \quad (3.8)$$

– для положения 3

$$H + L_c \cos \gamma_1 - L_x \cos \gamma_2 = L_c (\cos \gamma_1 - k \cos \gamma_2); \quad (3.9)$$

$$r_{\min} = L_C (\sin \gamma_1 + k \sin \gamma_2). \quad (3.10)$$

Приравнивая значения H для двух положений, формулы (3.7) и (3.9), получим

$$k = \frac{L_x}{L_C} = \frac{\cos \gamma_1 - \sin \varphi_{\min}}{\cos \gamma_2 - \sin \gamma_1}. \quad (3.11)$$

Вся система уравнений (3.7)–(3.11) наиболее просто решается путем пробных подстановок. Задаваясь значением $\varphi_{\min} \geq \beta$ (см. рисунок 3.3), находим величины k , L_C и L_x и проверяем значения $H \geq [H]$ и $r_{\min} \leq [r_{\min}]$. Обычно в расчетах принимают $\gamma_1 = 5...10^\circ$; $\gamma_2 = 5...10^\circ$ и $\gamma_3 = 10...25^\circ$.

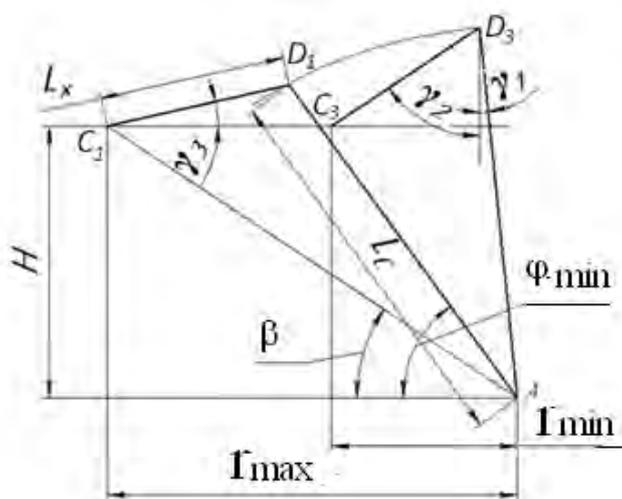


Рисунок 3.3 – Схема к определению параметров шарнирно-сочлененной стрелы с прямолинейным хоботом

Вторым этапом является определение длины перекладки (задней части хобота) a и длины оттяжки b (см. рисунок 3.2). При этом пользуются условием, чтобы траектория конца хобота имела три точки, лежащие на одной горизонтальной прямой. Построив три положения стрелы так, чтобы точки C_1 , C_2 и C_3 лежали на одной горизонтали, задаются длиной перекладки и откладывают ее на продолжениях хобота в трех его положениях. Полученные при этом точки E_1 , E_2 и E_3 должны лежать на одной окружности, центр которой (шарнир оттяжки) находится простым геометрическим построением.

Порядок выполнения работы

1 Изучить основные виды стреловых устройств порталных кранов, требования, предъявляемые к ним, и основы расчета.

2 На макетах стреловых устройств проанализировать горизонтальность перемещения крюка при изменении вылета.

Контрольные вопросы

- 1 Чем объясняется необходимость горизонтального перемещения груза при изменении вылета в порталных кранах?
- 2 Основные способы обеспечения горизонтального перемещения груза.

4 Устойчивость стреловых самоходных кранов

Цель работы: определение коэффициентов запаса грузовой и собственной устойчивости модели стрелового крана, расположенного на жестком основании (портале).

Устойчивость крана характеризуется коэффициентом запаса устойчивости, т. е. отношением восстанавливающего момента к опрокидывающему относительно ребра опрокидывания. Различают грузовую и собственную устойчивость. При расчете грузовой устойчивости за опрокидывающий момент принимают момент, создаваемый весом груза; а при расчете собственной устойчивости – момент, создаваемый ветром нерабочего состояния. Удерживающий (восстанавливающий) момент создается весом крана и может уменьшаться от влияния наклона крана, а при рабочем состоянии – и от действия сил инерции и ветра рабочего состояния.

Коэффициент запаса грузовой устойчивости проверяют для трех случаев:

1) при стреле, перпендикулярной к ребру опрокидывания; при наклоне крана в сторону опрокидывания; действию ветра и сил инерции, уменьшающих удерживающий момент. Расчетная схема для расчета грузовой устойчивости показана на рисунке 4.1.

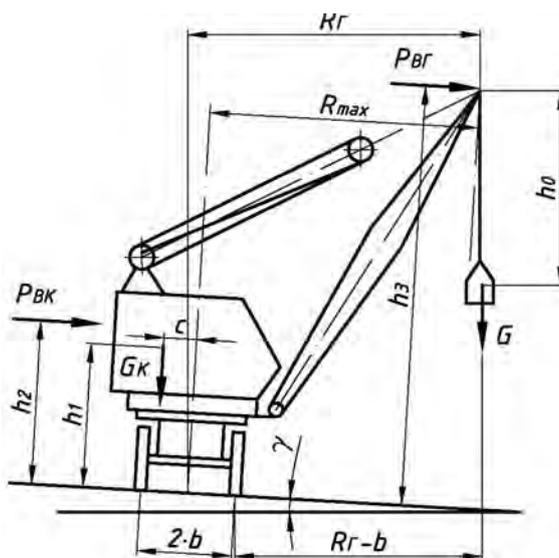


Рисунок 4.1 – Расчетная схема определения грузовой устойчивости

Коэффициент запаса грузовой устойчивости

$$k_1 = \frac{M_{\epsilon} - M_{подв} - M_{ин} - M_{ин}^{сп} - M_{ветр}}{M_{зр}} \geq 1,15. \quad (4.1)$$

Опрокидывающий момент, создаваемый силой тяжести груза G ,

$$M_{зр} = G(R_p - b), \quad (4.2)$$

где R_z – рабочий вылет;

b – половина базы крана.

Момент, создаваемый весом подвески или грузозахватного органа (грейфер, электромагнит) $G_{подв}$,

$$M_{подв} = G_{подв}(R_z - b). \quad (4.3)$$

Момент, создаваемый силой инерции груза и грузозахватного приспособления $P_{ин}$ при торможении опускаемого груза,

$$M_{ин} = P_{ин} (R_z - b); \quad (4.4)$$

$$P_{ин} = \frac{G + G_{подв}}{g} \frac{V_{он}}{t_1}, \quad (4.5)$$

где $V_{он}$ – скорость опускания груза (при свободном опускании в 1,5 раза выше скорости подъема);

t_1 – время торможения механизма подъема.

Момент от силы инерции груза при вращении крана

$$M_{ин}^{BP} = P_{цб} \cdot h_3, \quad (4.6)$$

где $P_{цб}$ – центробежная сила инерции, приложенная к блокам на оголовке стрелы с плечом h_3 относительно ребра опрокидывания.

В результате действия центробежной силы груз отклоняется на расстояние X от вертикали (рисунок 4.2, a) и центробежная сила

$$P_{цб} = \frac{G}{g} \left(\frac{\pi \cdot n}{30} \right)^2 (R + X). \quad (4.7)$$

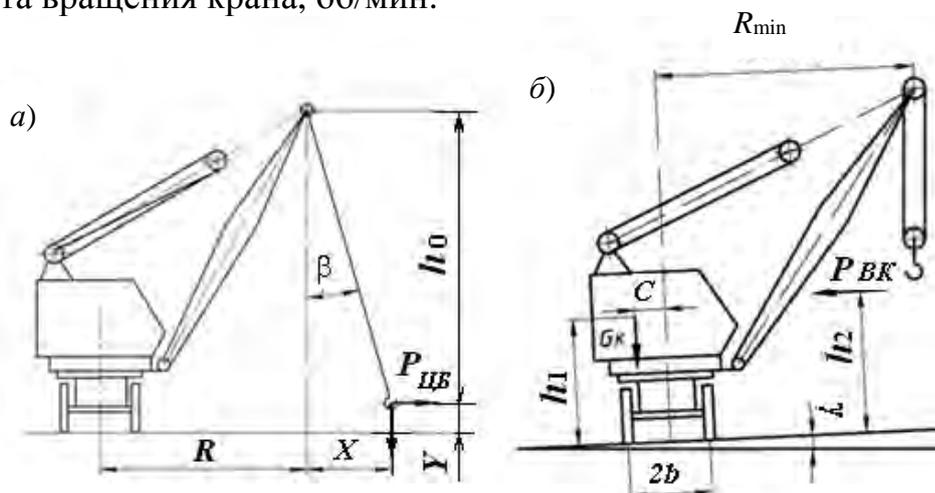
Учитывая, что $\operatorname{tg}\beta = \frac{P_{цб}}{G} = \frac{X}{h_0}$, получим $X = \frac{P_{цб} \cdot h_0}{G}$. Подставив X в (4.7)

и приняв, что $g \cong \pi^2$, путем несложных преобразований получим



$$P_{цб} = \frac{G \cdot n^2 \cdot R}{900 - n^2 \cdot h_0}, \quad (4.8)$$

где n – частота вращения крана, об/мин.



a – для определения центробежной силы; b – для расчета собственной устойчивости

Рисунок 4.2 – Расчетные схемы устойчивости крана

Момент от ветровой нагрузки

$$M_{ветр} = P_{в.к.} h_2 + P_{в.г.} h_3, \quad (4.9)$$

где $P_{в.к.}$ и $P_{в.г.}$ – статические составляющие ветровой нагрузки, действующие на кран и груз соответственно.

$$P_{в.к.} = p_v F_k \varphi; \quad P_{в.г.} = p_v F_g \varphi, \quad (4.10)$$

где p_v – распределенное давление ветра, $p_v = 150$ Па;

F_k, F_g – подветренная площадь крана и груза соответственно, m^2 ;

φ – коэффициент обтекаемости.

Восстанавливающий момент

$$M_g = G_k (b + c) \cos \gamma - G_k h_1 \sin \gamma; \quad (4.11)$$

2) при стреле, перпендикулярной к ребру опрокидывания и расположении крана на горизонтальной площадке без учета сил инерции и ветра коэффициент грузовой устойчивости определяется по формуле

$$k_2 = \frac{G_k (b + c)}{G (R_{\max} - b)} \geq 1,4; \quad (4.12)$$

3) при тех же условиях, что и в п. 1, но при стреле, расположенной под углом 45° к ребру опрокидывания.

Коэффициент собственной устойчивости в соответствии с рисунком 4.2, б

$$k_2 = \frac{G_K [(b - c) \cos \gamma - h_1 \cdot \sin \gamma]}{P_{BK} \cdot h} \geq 1,15. \quad (4.13)$$

Проверка собственной устойчивости производится при наименьшем вылете, ветре нерабочего состояния и уклоне, способствующем опрокидыванию крана.

Порядок выполнения работы

1 Изучить основные положения по определению коэффициента запаса устойчивости стреловых кранов. Определить вес макета стрелового крана.

2 Постепенно увеличивая нагрузку на кран добиться состояния потери устойчивости и определить положение его центра тяжести.

Контрольные вопросы

1 Определение коэффициентов запаса устойчивости и их численные значения.

2 Порядок определения опрокидывающего и восстанавливающего моментов.

3 Определение рабочего вылета и вылета от ребра опрокидывания.

5 Исследование колебаний металлоконструкции при внезапном обрыве груза

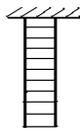
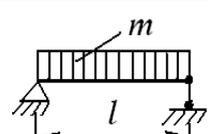
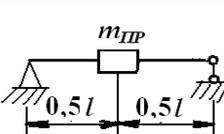
Цель работы: изучение принципов приведения масс и жесткостей; теоретическое и экспериментальное определение коэффициентов жесткости пружин, металлоконструкций и частот собственных колебаний одномассовой системы и моста крана.

Реальные машины состоят из большого числа соединенных между собой элементов, обладающих массой и упругостью. Динамические расчеты обычно начинают с составления расчетной схемы, в которую вводят определенные упрощения для облегчения решения поставленной задачи с допустимой точностью. При этом реальные параметры машин (массы, коэффициенты жесткости, внешние нагрузки) заменяют приведенными величинами. механизма и энергии приведенной системы. Значения приведенных масс для некоторых наиболее часто встречающихся случаев даны в таблице 5.1.

Важнейшими характеристиками динамических свойств системы являются частота и период собственных колебаний.

Рассмотрим колебания массы, подвешенной на пружине с коэффициентом жесткости c . Понятно, что такая система является системой с одной степенью свободы, т. к. положение массы в пространстве при вертикальных колебаниях определяется одной независимой координатой.

Таблица 5.1 – Значения приведенных масс

Схема системы и нагрузки	Схема одномассовой системы	Приведенная масса	Примечание
		$\frac{1}{3}ml$	m – масса, равномерно распределенная по длине, например, стержень, рука манипулятора и пр.
		$\frac{1}{3}m_1 + m$	m_1 – полная масса пружины, например, канатов механизма подъема
		$\frac{17}{35}ml$	m – равномерно распределенная масса по длине системы

Дифференциальное уравнение движения подвижной массы одномассовой системы записывается в виде

$$m\ddot{x} + cx = 0,$$

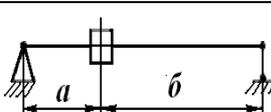
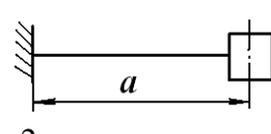
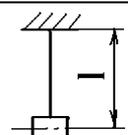
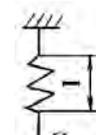
где m и c – масса груза и коэффициент жесткости соответственно.

Или

$$\ddot{x} + \frac{c}{m}x = 0.$$

Значения коэффициентов жесткости c приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Значения коэффициентов жесткости

Система с нагрузкой	Колебание	Коэффициент жесткости	Примечание
	Поперечное	$\frac{3EI(a+b)}{a^2b^2}$	I – момент инерции сечения балки
	Поперечное	$\frac{3EI}{a^3}$	E – модуль упругости
	Продольное	$\frac{EF}{l}$	F – площадь сечения стержня
	Продольное	$\frac{Gd^4}{8D^3i}$	D – средний диаметр пружины; d – диаметр проволоки; G – модуль сдвига; i – число витков

Принимая $\frac{c}{m} = \omega^2$, получим

$$\ddot{x} + \omega^2 x = 0. \quad (5.1)$$

Величина $\omega = \sqrt{\frac{c}{m}}$ называется частотой или круговой частотой колебаний.

Решение уравнения (5.1) имеет вид:

$$x(t) = A_0 \sin(\omega t + \alpha), \quad (5.2)$$

где A_0 – максимальная амплитуда колебаний,

α – начальная фаза колебаний.

Период колебаний определяется по формуле

$$T = \sqrt{\frac{m}{c}} \cdot 2\pi. \quad (5.3)$$

Круговая частота ω колебаний может быть выражена через период

$$\omega = \frac{2\pi}{T}. \quad (5.4)$$

Техническая частота (число колебаний в секунду) определяется по формуле

$$f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}, \quad (5.5)$$

Из формул (5.3) и (5.4) следует, что:

- с увеличением жесткости упругого элемента, например балки, при одной и той же массе частота колебаний возрастает;
- при постоянной жесткости частота колебаний убывает с увеличением массы;
- период колебаний зависит только от массы груза и коэффициента жесткости и не зависит от амплитуды колебаний.

Порядок выполнения работы

1 Определить опытным путем и теоретически коэффициент жесткости пружины, период свободных колебаний груза (без затухания), сравнить полученные результаты.

2 Для крана, схематически показанного на рисунке 5.1, определить приведенные массу и коэффициент жесткости моста; коэффициент жесткости



полиспаста, общую приведенную массу груза и полиспаста, используя данные таблиц 5.1–5.3.

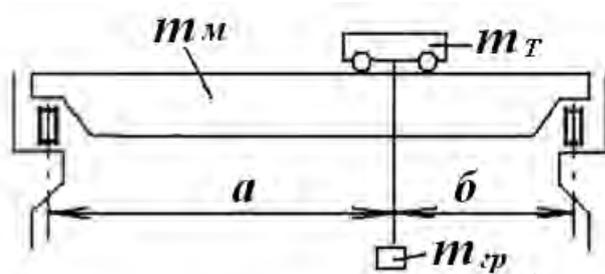


Рисунок 5.1 – Расчетная схема крана

Таблица 5.3 – Исходные данные

Параметры крана	Вариант задания								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Пролет крана, м	22,5	22,5	16,5	16,5	18,5	28,5	28,5	32,0	
Распределенная масса моста, т/м	1,7	1,8	1,5	1,4	1,6	1,9	2,0	2,2	
Размер, м	<i>a</i>	8	10	7	8,5	10,5	12	14	14
	<i>б</i>	14,5	12,5	9,5	8	8	16,5	14,5	18
	<i>h</i>	7	8	8	7	8	9	8	7
Масса тележки, т	2	2	3	3	4	4	2	3	
Масса груза, т	5	5	10	10	15	15	5	10	
Момент инерции сечения моста, м ⁴	0,13	0,14	0,11	0,12	0,13	0,18	0,20	0,22	
Масса канатов, т/1000 м	1,8	1,7	2,0	2,1	2,4	2,5	1,6	1,8	
Количество ветвей	4	4	6	6	8	6	4	6	
Площадь сечения каната, мм ²	180	160	220	230	250	240	160	200	

3 Определить круговую частоту и период колебаний моста, если груз внезапно оборвется.

Формулы для расчета прогибов моста:

– прогиб от сосредоточенной нагрузки в точке приведения масс груза канатов и тележки

$$f_1 = \frac{P_{np} b}{48EI} (3l^2 + 4b^2),$$

где P_{np} – приведенная сила от веса груза, канатов и тележки;

I – момент инерции поперечного сечения моста;

E – модуль упругости стали, $E = 2,06 \cdot 10^{11}$ Па;

– прогиб от массы моста в месте приведения

$$f_2 = \frac{ql^4}{24EI} \left(\frac{b}{l} + 2\frac{b^3}{l^3} + \frac{b^4}{l^4} \right),$$

где q – распределенная масса моста;

– прогиб в середине моста от распределенной нагрузки

$$f_3 = \frac{5}{384} \frac{ql^4}{EI}.$$

Контрольные вопросы

- 1 Физический смысл коэффициента жесткости, его размерность.
- 2 Экспериментальное определение коэффициента жесткости.
- 3 Зависимость периода колебаний от жесткости и массы системы.

6 Статическое и динамическое испытания кранов

Цель работы: освоение методики проведения статических и динамических испытаний кранов в соответствии с требованиями «Правил устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов» [1]. Изучение способов измерения упругого прогиба с помощью прогибомера и нивелира.

Статическое и динамическое испытания кранов грузом проводят при пуске крана в работу; при полном техническом освидетельствовании (ПТО) не реже одного раза в 3 года за исключением редко используемых машин. К редко используемым относятся краны для обслуживания машинных залов электрических и насосных станций, компрессорных установок, а также другие грузоподъемные машины (ГПМ), используемые только при работе оборудования. Редко используемые машины должны подвергаться ПТО не реже одного раза в 5 лет.

Техническое освидетельствование крана состоит из его осмотра, статического и динамического испытаний. В процессе ПТО должны быть осмотрены и проверены в работе механизмы крана, электрооборудование и приборы безопасности, тормоза и аппараты, освещение и сигнализация. Кроме того, должно быть проконтролировано состояние металлоконструкций, сварных (заклёпочных) и болтовых соединений, а также лестниц, площадок и ограждений, состояние канатов, крюка, блоков, устройство кабины и пр.

Прежде чем приступить к статическому, а затем динамическому испытаниям, следует проверить работу всех механизмов вхолостую, т. е. не подвешивая груз на крюк. Проверку проводят путем поочередного включения механизмов. При этом контролируют работу всех ограничителей рабочих движений крана – высоты подъема крюка, подъема и опускания стрелы, передвижения тележки и крана.

Статическое испытание грузоподъемной машины проводится нагрузкой, на 25 % превышающей ее грузоподъемность, и имеет целью проверку прочности. Статическое испытание мостового и передвижного консольного крана проводится следующим образом. Кран устанавливается над опорами крановых



путей, а его тележка – в положение, отвечающее максимальному прогибу. Для мостовых кранов – в середине пролета, для козловых – в середине пролета и на концах консолей.

Крюком или заменяющим его устройством груз захватывается и поднимается на высоту 100...200 мм с последующей выдержкой в таком положении в течение 10 мин. Если при этом тормоза не удерживают груз в поднятом состоянии – производится регулировка тормозов. По истечении 10 мин удержания груза на весу он опускается и проверяется отсутствие остаточной деформации моста.

Проверка упругой и остаточной деформации может выполняться нивелиром, геодезической линейкой, специальными прогибомерами или с помощью отвеса и линейки.

Статическое испытание козлового крана и мостового перегружателя проводится аналогично; при этом у крана с консолями каждая консоль испытывается отдельно.

При наличии остаточной деформации кран не должен допускаться к работе до выяснения специализированной организацией (имеющей лицензию Госпромнадзора) причин деформации и определения возможности дальнейшей работы крана независимым экспертом.

Испытание крана стрелового типа, имеющего одну или несколько грузовых характеристик, проводится в положении, соответствующем наибольшей грузоподъемности крана. Запрещается проводить испытания на вылете с меньшей грузоподъемностью, т. к. при этом не может быть проверена полностью прочность конструкции.

Испытание кранов, имеющих сменное стреловое оборудование, может проводиться с установленным на них для работы оборудованием. После установки на кран сменного оборудования испытание проводится в положении, соответствующем наибольшей грузоподъемности крана при установленном оборудовании.

При статическом испытании кранов стрелового типа стрела устанавливается относительно ходовой платформы в положение, отвечающее наименьшей расчетной устойчивости, и груз подвешивается на высоту 100...200 мм. Обычно для пневмоколесных и автокранов это положение, при котором стрела направлена перпендикулярно продольной оси крана. Кран считается выдержавшим испытание, если в течение 10 мин груз не опустился на землю, а также не будет обнаружено трещин, остаточной деформации и других повреждений металлоконструкций и механизмов.

При статических испытаниях ограничитель грузоподъемности крана должен быть отключен, т. к. он отрегулирован на 10 % перегрузку, и при достижении ее размыкает электрическую цепь.

Если статическое испытание крана прошло удовлетворительно, приступают к динамическому испытанию.

Динамическое испытание грузоподъемной машины проводится грузом, на 10 % превышающим грузоподъемность машины, и имеет целью проверку действия ее механизмов и тормозов.



Проводят многократные подъемы и опускания груза, а также проверку действия всех других механизмов грузоподъемной машины при совмещении рабочих движений, предусмотренных инструкцией по эксплуатации.

У ГПМ, оборудованной двумя или более механизмами подъема, должен быть испытан каждый механизм.

После динамического испытания крана необходимо тщательно осмотреть металлоконструкцию крана, канаты, крюк, механизмы крана (тормоза, муфты), узлы и детали. Все обнаруженные дефекты должны быть устранены до начала эксплуатации крана.

Испытание крана, имеющего несколько сменных грузозахватных органов, может быть проведено с тем грузозахватным органом, который установлен на момент испытания. Испытание магнитных и грейферных кранов может быть проведено с навешенным соответственно магнитом или грейфером.

Порядок выполнения работы

1 Изучить назначение и порядок проведения статического и динамического испытаний грузоподъемных кранов.

2 Изучить и проанализировать основные методы контроля отсутствия остаточных деформаций при статическом испытании.

Контрольные вопросы

1 Порядок проведения статического и динамического испытания мостовых, козловых и стреловых кранов.

2 Особенности статического и динамического испытания кранов гидро- и теплоэлектростанций.

3 Контроль отсутствия остаточных деформаций у кранов мостового типа.

7 Изучение конструкции и регулировка тормозов

Цель работы: изучение конструкции наиболее распространенных колодочных тормозов с пружинным замыканием и с электромагнитами.

Тормозные устройства подъемно-транспортных машин обеспечивают их нормальную и безопасную эксплуатацию.

Механизмы подъема груза и изменения вылета грузоподъемных машин с машинным приводом должны быть снабжены тормозами нормально-замкнутого типа, автоматически размыкающимися при включении привода. Тормоза на механизмах передвижения должны устанавливаться, если: машина предназначена для работы на открытом воздухе; машина предназначена для работы в помещении, передвигается по пути, уложенному по полу; машина (тележка) предназначена для работы в помещении на надземном рельсовом пути и перемещается со скоростью более 32 м/мин.



Тормоза на механизмах поворота должны устанавливаться у грузоподъемных машин с машинным приводом.

Преимущественное распространение получили двухколодочные тормоза с наружным расположением колодок относительно поверхности трения тормозного шкива.

Результирующая сила P основной и вспомогательной пружин тормоза (рисунок 7.1) с короткоходовым магнитом и пружинным замыканием

$$P = P_0 - P_B = \frac{M_T}{f \cdot \eta \cdot D} \cdot \frac{l_1}{l},$$

где M_T – необходимый тормозной момент:

D, l, l_1 – размеры по рисунку 7.1;

f – коэффициент трения фрикционной пары;

η – КПД рычажной системы тормоза.

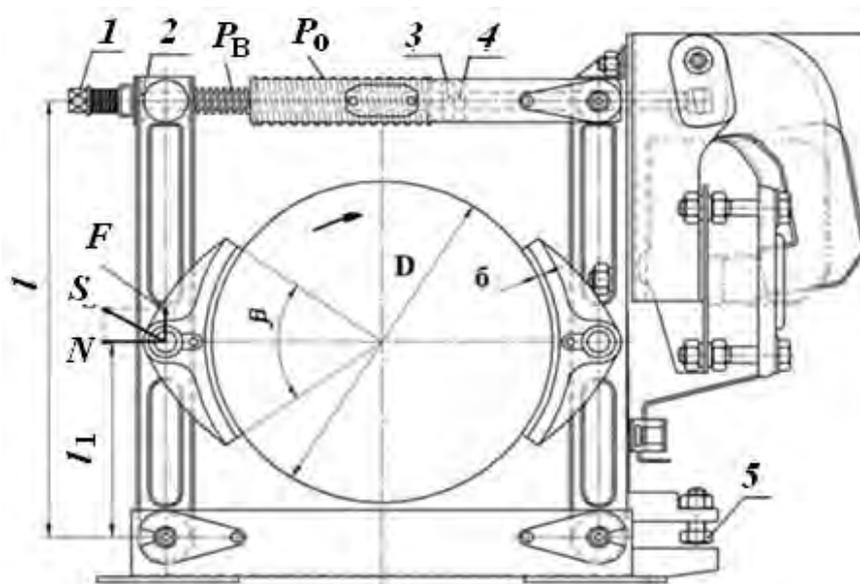


Рисунок 7.1 – Колодочный тормоз с короткоходовым магнитом

Усилие вспомогательной пружины обычно составляет $P_B = 20 \dots 60$ Н в зависимости от размеров тормоза.

Нормальное усилие от давления каждой колодки тормоза на шкив без учета влияния неуравновешенной массы электромагнита

$$N = \frac{M_T}{f \cdot D}.$$

Среднее давление между колодкой и шкивом

$$P = \frac{N}{F} \leq [p],$$

где $[p]$ – допускаемое давление;
 F – площадь соприкосновения обкладки со шкивом,

$$F = \frac{\pi D}{360} \cdot B \cdot \beta,$$

где D , B – диаметр шкива и ширина колодки соответственно;
 β – угол обхвата шкива колодкой.

Влияние массы электромагнитов типа МП или МО-Б на величину нормального усилия N мало и может не учитываться при расчете среднего давления.

Максимально допустимый установочный зазор между колодками и шкивом

$$\delta = h \cdot \frac{l_1}{2l},$$

где h – половина максимально допустимого хода штока тормоза;
 l и l_1 – плечи рычагов тормоза (см. рисунок 7.1).

В тормозах подъемно-транспортных машин применяют винтовые цилиндрические пружины, причем предпочтение отдают более надежным пружинам сжатия.

Для пружин с малым углом подъема винтовой линии, навитых из проволоки или прутка круглого сечения, связь между взаимным перемещением λ концов пружины и нагрузкой P устанавливается формулой

$$\lambda = \frac{8P \cdot D_n^3 \cdot i}{G \cdot d^4} = \frac{P}{Z},$$

где D_n – средний диаметр пружины;

d – диаметр проволоки или прутка;

i – число рабочих витков. Для пружины сжатия из полного числа витков исключается примерно 1,5 витка (по 3/4 с каждой стороны), поскольку эти витки поджаты при навивке к соседним и свободно деформироваться не могут;

Z – жесткость пружины, равная величине нагрузки, при которой взаимное перемещение концов пружины равно единице длины;

G – модуль сдвига материала пружины.

Для пружинной стали

$$G = \frac{E}{2(1+\mu)},$$

где E – модуль упругости стали, $E = 2,1 \cdot 10^{11}$ Па;

μ – коэффициент Пуассона, $\mu = 0,25 \dots 0,35$.

Величина зазора между поверхностями трения разомкнутого тормоза сильно влияет на износостойкость фрикционного материала.



В колодочном тормозе с наружными накладками при недостаточном зазоре (отходе накладки) возможно трение накладки о шкив вследствие радиального биения и температурного расширения его при нагреве во время работы. Трение накладки о шкив приводит к износу и повышению температуры. Повышение температуры в свою очередь приводит к увеличению размеров шкива и еще большему уменьшению зазоров.

В колодочных и ленточных тормозах начальный радиальный зазор $\delta_{нач}$ между поверхностями трения (отход колодки или ленты), необходимый для нормальной работы, может быть определен по формуле

$$\delta_{нач} \geq k \sqrt[3]{D^2},$$

где k – коэффициент пропорциональности ($k = 0,019$ – для тормозов ТКП, ТКТ, ТТ).

По мере износа фрикционной пары увеличивается зазор между ее поверхностями трения при разомкнутом тормозе. Одновременно увеличивается ход размыкающего устройства, который не должен быть больше предельно допустимого.

При увеличении хода якоря больше предельно допустимого у электромагнитов уменьшается тяговое усилие и появляется опасность неразмыкания тормоза при включенном приводе механизма. Когда ход штока толкателя достигает конструктивно возможного, при замыкании тормоза усилие пружины воспринимается толкателем, а не передается на фрикционный элемент, и момент тормоза резко уменьшается.

Для образования начального зазора между поверхностями трения используется лишь часть номинального хода размыкающего устройства, а оставшаяся часть хода резервируется на компенсацию износа тормозных накладок, деформации элементов тормоза и люфта в шарнирах рычажной системы. На компенсацию износа тормозных накладок обычно резервируют 30...40 % хода размыкающего устройства, а суммарная деформация системы и люфт в шарнирах не должны поглощать более 5...10 % номинального хода размыкающего устройства.

В двухколодочном тормозе начальный ход $h_{нач}$ размыкающего устройства равен

$$h_{нач} = 2\delta_{нач} \cdot i = K_X \cdot h_{ном},$$

где i – передаточное число рычажной системы тормоза от подвижной части размыкающего устройства до колодки;

$h_{ном}$ – номинальный ход размыкающего устройства;

$\delta_{нач}$ – начальный зазор между колодкой и шкивом;

K_X – коэффициент использования хода подвижной части размыкающего устройства:



$$K_x = \frac{h_{нач}}{h_{ном}}$$

Регулировка тормоза должна обеспечить:

- заданный тормозной момент в замкнутом состоянии;
- заданный отход поверхностей трения друг от друга в разомкнутом состоянии.

Регулировка нормально замкнутого двухколодочного тормоза с короткоходовым электромагнитом (см. рисунок 7.1) состоит из трех этапов:

1) установка начального хода якоря электромагнита производится вращением штока 1 за квадратный хвостик при неподвижной гайке 2. Замыкающая пружина при этом должна прижимать колодки к тормозному шкиву. После установки хода якоря гайка 2 стопорится на штоке. Начальный ход якоря не должен превышать половины его номинального хода;

2) регулировка замыкающей пружины выполняется вращением штока 1 за квадратный хвостик при удерживаемых от вращения гайках 3 и застопоренной на штоке гайке 2. При этом гайки 3, перемещаясь по штоку, обеспечивают требуемую осадку пружины, при которой она развивает усилие, необходимое для создания заданного момента тормоза;

3) установка одинакового отхода колодок от тормозного шкива производится регулировочным упорным болтом 5 при разомкнутом тормозе. Для размыкания тормоза без включения электромагнита необходимо гайку 4, обычно плотно прижатую к гайкам 3, перевести по штоку до упора в тормозной рычаг, а затем, удерживая ее от проворачивания, вращением штока подвинуть якорь электромагнита до соприкосновения с сердечником. Рычаги тормоза при этом окажутся разведенными на величину хода якоря.

В процессе эксплуатации зазор между якорем и корпусом электромагнита увеличивается из-за износа накладок. Если износ накладок составляет 2 мм (до головок заклепок), то их необходимо заменить.

Замена тормозных накладок производится при износе их более 1/3 от первоначальной толщины. Износ тормозных накладок по толщине до головки заклепок не допускается. Износ рабочих поверхностей тормозных шкивов, риски, уменьшение толщины обода более чем на 15 %, волны глубиной более 2 мм не допускаются.

Порядок выполнения работы

1 Изучить устройство, основные параметры и методы регулировки крановых тормозов.

2 Отрегулировать лабораторный тормоз на тормозной момент и отход колодок, заданные преподавателем.



Контрольные вопросы

- 1 Какие пружины (растяжения или сжатия) применяются в крановых тормозах?
- 2 Каким конструктивным элементом обеспечивается равномерный отход обоих колодок от тормозного шкива?
- 3 К каким последствиям может привести чрезмерное биение тормозного шкива?

8 Клещи металлургических кранов

Цель работы: изучение конструкции и расчет клещей колодцевых и стрипперных кранов.

Клещи колодцевых кранов и кранов для раздевания слитков предназначены для работы с тяжелыми (до 30 т и более), раскаленными слитками металла.

Последовательность операции взятия и подъема слитка следующая. После наведения клещей на слиток они с помощью механизма управления сводятся до упора кернами в слиток. При этом барабан механизма подъема клещей не вращается. Затем включается механизм подъема; клещевина, расклиниваясь в направляющих рамы клещей, создают силу зажатия, необходимую для удержания слитка, зажато в кернах. Между поверхностью слитка и кернами возникают большие удельные давления. В результате этого и действия очень высоких температур керны быстро изнашиваются и при расчете внедрение кернов в слиток не учитывается.

Расчет клещей выполняется графоаналитическим методом с использованием «моделей» клещей различной формы. При этом определяются усилия, действующие на клещевину, и коэффициенты зажатия для трех положений по раствору клещей и двух состояний: ролик скользит по направляющей; ролик катится по направляющей.

Раствор клещей и сила зажатия слитка зависят от размеров слитка и его веса.

На рисунке 8.1 показано одно из возможных положений клещевин, которые находятся в равновесии под действием трех сил F , R и P . Если клещевина находится в равновесии, то эти три силы обязательно пересекутся в одной точке, в данном случае в точке O . Это позволяет достаточно просто определить силу зажатия N следующим построением. Сначала нормально к направляющей проводится луч $C - C_1$ и под углом трения ρ луч $d - d_1$ до пересечения с горизонталью $e - e$. Затем из точки O через kern клещевины проводится прямая $f - f_1$. В масштабе сил откладывается половина веса груза $0,5Q$, что позволяет графически определить силы R и N .

Величина коэффициента зажатия

$$K = \frac{N}{0,5Q} \geq [K].$$



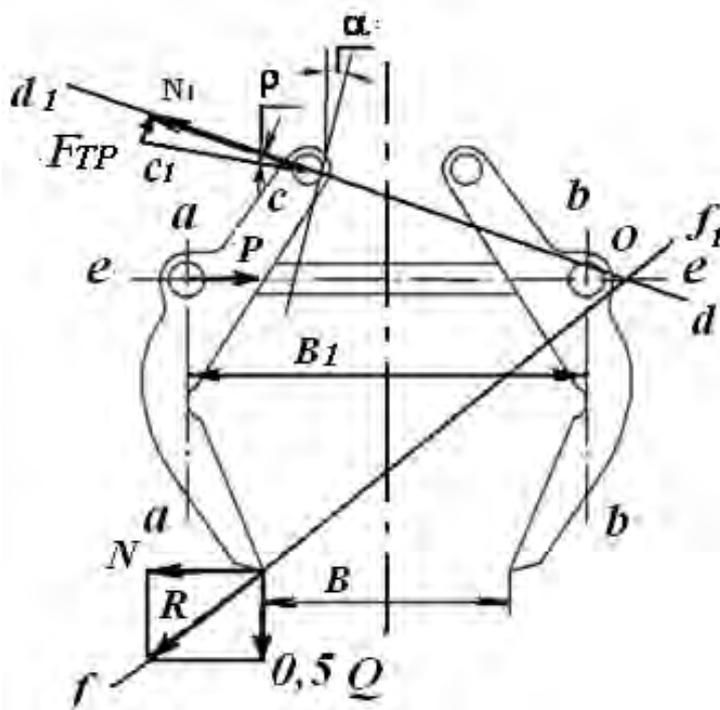


Рисунок 8.1 – Расчетная схема клещевого захвата

Величина допустимого коэффициента закатил $[K]$ для данных кранов составляет 1,8...2,0 и зависит от угла трения ρ . Предельное значение угла ρ будет, если ролик не вращается в пазу (заклинен). Тогда $F_{TP} = N \cdot \mu$; $\rho = \arctg \mu$. В этом случае коэффициент зажатия получается минимальным. При нормальном качении величина ρ определится из следующего условия

$$F_{TP} = N_1 \left(\frac{\mu \cdot d + 2 \cdot f}{D} \right),$$

где d – диаметр цапфы;
 D – диаметр ролика;
 μ – коэффициент трения скольжения;
 f – коэффициент трения качения.

$$\operatorname{tg} \rho = \frac{F_{mp}}{N_1} = \frac{\mu \cdot d + 2 \cdot f}{D}.$$

Примечание – Для упрощения расчета форма направляющей принимается прямолинейной. На реальных кранах она имеет криволинейную форму с радиусом кривой 8...10 м, что обеспечивает постоянство коэффициента зажатия при любом растворе клещей.

Примеры клещевин различной формы показаны на рисунке 8.2. После окончания расчетов необходимо построить два графика изменения коэффициента зажатия в зависимости от раствора клещей B (см. рисунок 8.1).

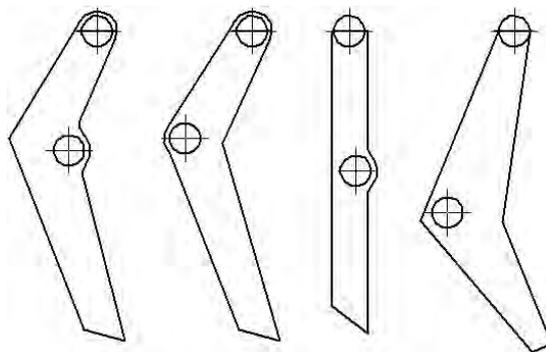


Рисунок 8.2 – Примеры клещевин клещевых захватов

Порядок выполнения работы

- 1 Изучить устройство и расчет клещевых захватов колодцевых и стрипперных кранов.
- 2 Графически определить угол наклона направляющих и коэффициент зажатия для клещевин, заданных преподавателем.

Контрольные вопросы

- 1 Основные операции, выполняемые колодцевыми кранами
- 2 Как определяется коэффициент зажатия и его нормативное значение?
- 3 Последовательность расчета клещей графоаналитическим методом.

9 Изучение конструкции и определение основных размеров двухканатного грейфера

Цель работы: изучение конструкции и работы двухканатного грейфера, теоретическое определение его основных размеров.

Грейферы (челюстные ковши) используют в качестве навесного оборудования на стреловых поворотных, мостовых кранах, мостовых перегружателях и погрузчиках.

Грейферы являются одним из основных типов грузозахватных устройств, обеспечивающих перегрузку сыпучих материалов. Их также используют для проходки вертикальных стволов шахт, подъема взорванной породы, рытья котлованов и пр.

По схеме действия грейферы классифицируются на двухканатные, одноканатные и приводные (моторные), а по конструкции – двух- и многочелюстные.

Наибольшее распространение в строительстве получили двухчелюстные двухканатные грейферы. Слово «двухканатные» характеризует принцип работы, а не число канатов, на которых они подвешены (оно может быть равно двум, четырем и более). К двухканатным грейферам относятся те, у которых

операции подъема выполняет одна группа канатов, называемых подъемными, а раскрывание и закрывание грейфера выполняет другая группа канатов, называемых замыкающими. Для работы такого грейфера на кране требуется установка специальной грейферной двухбарабанной лебедки.

Моторные грейферы с электроталевым приводом обладают высокой зачерпывающей способностью, т. к. при замыкании челюстей натяжение ветвей подъемного каната полностью ослаблено. К недостаткам такого грейфера следует отнести сложность подвода электроэнергии к электротали.

Двухчелюстные грейферы применяют для перегрузки всех видов сыпучих материалов. Для работы с крупнокусковыми и длинномерными материалами используют многочелюстные грейферы, с различной конструкцией челюстей (лапы, вилы, дуги и т. п.). При перегрузке круглого леса используют лесные грейферы.

Объем (номинальный) канатных двухчелюстных грейферов общего назначения для кранов грузоподъемностью от 2 до 32 т определяется согласно рисунку 9.1. При этом регламентируются следующие показатели:

$$m_m + m_{gp} = K_1 \cdot Q,$$

где m_m – масса материала;

m_{gp} – масса грейфера;

Q – грузоподъемность крана;

K_1 – коэффициент использования грузоподъемности крана, $K_1 = 0,95 \dots 1$.

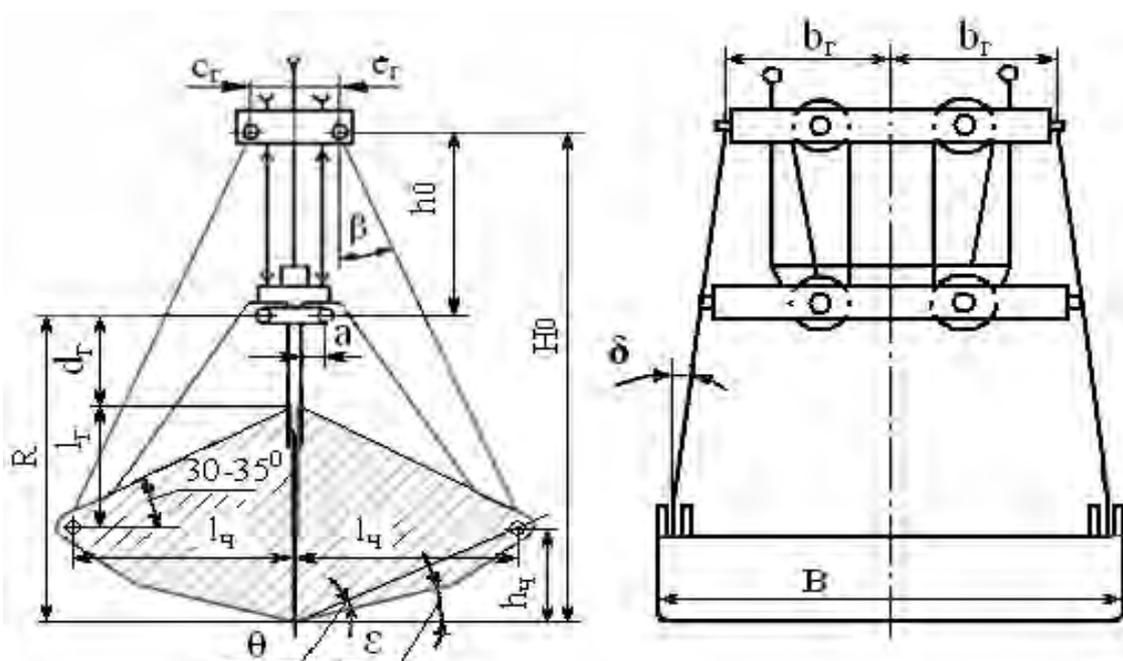


Рисунок 9.1 – Схема определения размеров грейфера

Следовательно,

$$m_m = K_1 \cdot Q - m_{gp}.$$

Масса грейфера –

$$m_{ep} = K_2 \cdot Q,$$

где K_2 – опытный коэффициент, зависящий от характера перерабатываемого груза (таблица 9.1), $K_2 = 0,35 \dots 0,50$.

Таблица 9.1 – Коэффициенты, определяющие объем и массу грейфера

Категория материала	Состояние материала	Коэффициент		
		K_1	K_2	K_3
Пылевидные	Уплотненные	1,0	0,35	1,17
Порошкообразные	Неуплотненные	0,98	0,38	1,26
Мелкозернистые	Свеженасыпанные	0,95	0,40	1,38
Мелкокусковые	Уплотненные	1,0	0,43	1,15
Среднекусковые	Неуплотненные	0,98	0,45	1,21
Крупнокусковые	Свеженасыпанные	0,95	0,50	1,33

Тогда масса материала

$$m_m = Q(K_1 - K_2),$$

или

$$m_m = m_{ep} (K_1 - K_2) / K_2.$$

Объем грейфера V можно определить из выражения

$$V = \frac{Q}{p} \cdot \frac{K_1 - K_2}{K_3},$$

где p – насыпная плотность материала, т/м³;

K_3 – коэффициент крупности и уплотняемости материала, $K_3 = 1,15 \dots 1,38$.

Масса грейфера

$$m_{ep} = \frac{V \cdot p \cdot K_2 \cdot K_3}{(K_1 - K_2)}.$$

Геометрические размеры грейфера (см. рисунок 9.1) определяют по эмпирическим формулам, полученным в результате многочисленных экспериментов и являющихся функцией объема грейфера.

Основные размеры определяются шириной B , длиной L_q и высотой h_q до шарнира тяги при среднем значении угла $\theta = 25^\circ$, высотой челюсти R до центрального шарнира, полной высотой закрытого грейфера H_0 :

$$B = K_{III} \sqrt[3]{V}; \quad L_q = K_G \sqrt[3]{V}; \quad h_q = K_G \cdot K_H \sqrt[3]{V} \cdot \text{tg}\theta = 0,466 K_G \cdot K_H \sqrt[3]{V};$$

$$R = (0,42 K_G \cdot K_H + 0,577 K_G + 0,2) \sqrt[3]{V}; \quad H_0 = R + h_0,$$



где h_0 – расстояние от центрального шарнира до верхней головки кромки грейфера;

$K_{Ш}$, K_G , K_H – опытные коэффициенты, зависящие от характеристики груза, значения которых представлены в таблице 9.2.

Порядок выполнения работы

1 Изучить устройство и работу двухканатного грейфера.

2 По заданию преподавателя, используя данные таблиц 9.1 и 9.2, определить основные параметры двухканатного грейфера.

Таблица 9.2 – Коэффициенты, определяющие размеры грейфера

Группа материала	Насыпная плотность, т/м ³	Характеристика	Материал	Коэффициент		
				$K_{Ш}$	K_G	K_H
I	0,4...0,63	Весьма легкие	Сухое зерно, зола, известь	1,25	1,0	0,90
II	0,8...1,0	Легкие	Антрацит, кокс, мел, сода	1,18	0,99	0,85
III	1,25...2,0	Средние	Гипс, бокситы, глина, песок	1,12	0,98	0,80
IV	2,5...3,2	Тяжелые	Клинкер, мелкокусковая	1,06	0,97	0,95
V	4,0...4,5	Весьма тяжелые	Руда крупнокусковая	1,0	0,96	0,9

Контрольные вопросы

- 1 Область применения грейферов.
- 2 Общее устройство и работа грейфера.
- 3 Основные параметры грейфера.

10 Организация безопасной работы стреловых самоходных кранов вблизи воздушных ЛЭП

Цель работы: закрепление и проверка знаний основных положений «Правил устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов» по определению охранной зоны воздушных ЛЭП», безопасных расстояний установки и работы стреловых самоходных кранов вблизи ЛЭП.

При установке стреловых самоходных кранов и производстве работ по подъему и перемещению грузов вблизи воздушных линий электропередач (ЛЭП) особое внимание необходимо уделять обеспечению безопасных условий, исключающих возможность поражения электрическим током.

Машинисту крана запрещается самовольная установка крана и работа вблизи ЛЭП, о чем делается запись в путевом листе. Кроме того, на кране в обязательном порядке должна быть предупредительная надпись «Установка и работа крана на расстоянии менее 30 м от ЛЭП запрещена».



Выполнение работ стреловыми кранами на расстоянии менее 30 м (рисунок 10.1) от подъемной, выдвигной части крана или груза в любом их положении до вертикальной плоскости, образуемой проекцией на землю (см. рисунок 10.1) от подъемной, выдвигной части крана или груза в любом их положении до вертикальной плоскости, образуемой проекцией на землю ближайшего провода воздушной ЛЭП, находящейся под напряжением более 42 В, должно осуществляться по наряд-допуску, определяющему безопасные условия работы. Порядок организации производства работ вблизи ЛЭП, выдача наряд-допуска и инструктажа рабочих устанавливается приказом владельца крана и производителя работ. При этом лицо, ответственное за безопасное производство работ кранами, обязано согласовать с организацией, эксплуатирующей воздушную линию ЛЭП, границы охранной зоны.

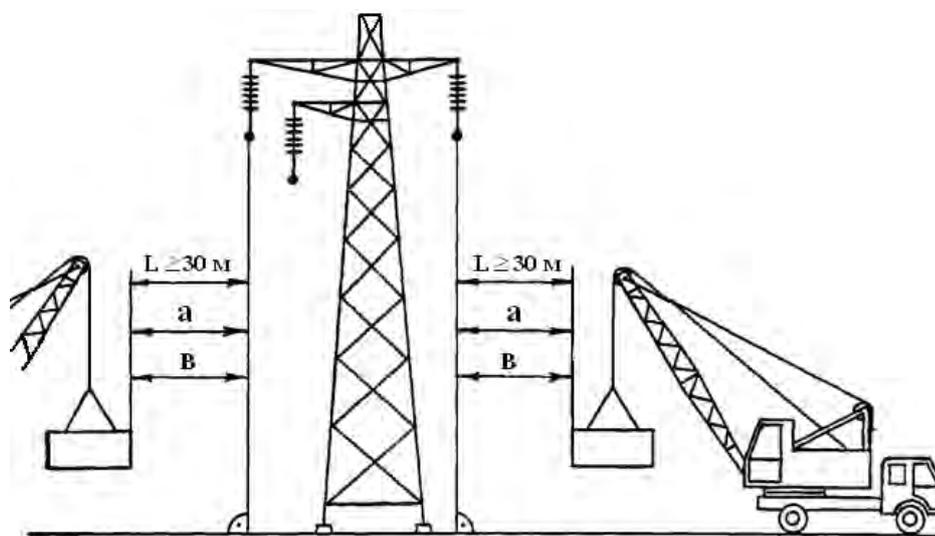


Рисунок 10.1 – Схема определения безопасных расстояний установки и работы стреловых самоходных кранов вблизи воздушных линий электропередач

Охранной зоной вдоль воздушной ЛЭП является участок земли и пространства, заключенный между вертикальными плоскостями, проходящими через параллельные прямые, расположенные от крайних проводов на расстоянии a в зависимости от напряжения ЛЭП в соответствии с таблицей 10.1.

Таблица 10.1 – Границы охранной зоны воздушных ЛЭП

Напряжение воздушной ЛЭП, кВ	До 1	Св. 1 до 20	315	1110	1150	2220	3330	4400	5500	7750	800 (постоянный ток)
Граница охранной зоны a , м	22	110	115	220	225	225	225	330	330	440	330

Условия безопасности, указываемые в наряд-допуске, должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.013. Время действия наряд-допуска определяется организацией, выдающей его.

Наряд-допуск должен выдаваться крановщику на руки перед началом работы.

Работа крана вблизи ЛЭП должна производиться под непосредственным руководством лица, ответственного за безопасное производство работ кранами, которое должно указать крановщику место установки крана в соответствии с таблицей 10.2, обеспечить выполнение предусмотренных наряд-допуском условий работы и произвести запись в крановом журнале о разрешении работы.

При производстве работ в охранной зоне ЛЭП или в пределах разрывов, установленных «Правилами охраны высоковольтных электрических сетей», наряд-допуск может быть выдан только при наличии разрешения организации, эксплуатирующей линию электропередачи. При этом лицо, ответственное за безопасное производство работ должно определить место установки крана таким образом (см. рисунок 10.1), чтобы при производстве работ расстояние v от подъемной, выдвижной части крана или груза в любом их положении до вертикальной плоскости, образуемой проекцией на землю ближайшего провода, находящегося под напряжением воздушной ЛЭП, было не менее указанного в таблице 10.3.

При работе стреловых самоходных кранов на действующих электростанциях, подстанциях и линиях электропередачи, если работы с применением кранов ведутся персоналом, эксплуатирующим электроустановки, а крановщики находятся в штате электропредприятия, наряд-допуск на работу вблизи находящихся под напряжением проводов и оборудования выдается в порядке, установленном отраслевыми нормами.

Таблица 10.2 – Условия обеспечения безопасной работы крана вблизи ЛЭП

Расстояние по горизонтали от крана или груза до крайнего провода ЛЭП	Порядок установки крана и производства работ
$L \geq 30$ м – безопасное расстояние установки крана вблизи ЛЭП	Установка и работа крана должна производиться под руководством лица, ответственного за безопасное производство работ кранами
a – граница охранной зоны воздушной ЛЭП (см. таблицу 10.1)	Установка и работа крана должна производиться под руководством лица, ответственного за безопасное производство работ кранами, при согласовании с владельцем ЛЭП границы охранной зоны и выдачи наряд-допуска владельцем крана
v – минимальное расстояние по горизонтали от крайнего провода ЛЭП до крана или груза (см. таблицу 10.2)	Установка и работа крана должна производиться под руководством лица, ответственного за безопасное производство работ кранами, и после выдачи наряд-допуска владельцем крана по разрешению владельца ЛЭП

Таблица 10.3 – Наименьшее расстояние по горизонтали до ближайшего провода ЛЭП

Напряжение воздушной ЛЭП, кВ	До 1	От 1 до 20	От 35 до 110	От 150 до 220	330	От 500 до 750	800 (постоянный ток)
Расстояние v , м	1,5	2,0	4,0	5,0	6,0	9,0	9,0



Работа стреловых самоходных кранов под неотключенными контактными проводами городского транспорта может производиться при соблюдении расстояния между стрелой крана и контактными проводами не менее 1000 мм при установке ограничителя (упора), не позволяющего уменьшить указанное расстояние при подъеме стрелы.

Корпуса грузоподъемных машин, за исключением машин на гусеничном ходу, должны быть заземлены. Порядок работы кранов вблизи линий электропередачи, выполненной гибким кабелем, определяется владельцем линии. Выдача наряд-допуска в этом случае не обязательна.

Порядок выполнения работы

1 Изучить требования «Правил по обеспечению безопасной работы стреловых самоходных кранов вблизи воздушных ЛЭП».

2 Дать предложения по измерению расстояния по горизонтали до воздушной ЛЭП.

Контрольные вопросы

1 Определение охранной зоны воздушной ЛЭП.

2 Обеспечение безопасной работы крана в охранной зоне ЛЭП.

3 Кто несет ответственность за безопасную работу крана вблизи ЛЭП?

11 Планово-высотная съемка кранового рельсового пути

Цель работы: изучение способов и приобретение практических навыков измерения отклонения крановых рельсов в плане.

Крановые пути рельсовых кранов проектируются в соответствии с требованиями СНиП 11-23-81 и СНиП 3.08.01-85. Кран и крановый путь образуют единую сложную систему. Нагруженность и долговечность элементов этой системы (рельсов, ходовых колес и их подшипниковых узлов) в значительной степени зависят от точности укладки рельсового пути как в плане, так и по высоте. Предельная величина отклонения рельсов от проектного положения в плане, т. е. сужение или уширение колеи составляет: для мостовых, козловых и порталных кранов ± 15 мм; для башенных кранов ± 10 мм; для мостовых перегружателей ± 20 мм.

Обычно расстояние между осями подкрановых рельсов контролируют прямым измерением стальной рулеткой с постоянным усилием натяжения, равным 120 Н, применяя динамометр. Однако применение рулетки не обеспечивает требуемой точности измерения, особенно при значительных пролетах 22,5...31,5 м и более. В этих целях наиболее удобно использовать лазерный дальномер, обеспечивающий измерение до 50 м с точностью ± 1 мм.



Однако применение рулетки или лазерного дальномера практически неприемлемо для контроля крановых путей козловых кранов, у которых площадка между рельсами занята хранимым грузом с высотой штабелей до 2,5 м и более. Использование в этих целях натянутой струны неудобно, трудоемко и не обеспечивает требуемую точность.

Измерение расстояния между осями крановых рельсов и отклонения рельсов от проектного положения рекомендуется производить с помощью теодолита на основании схемы, представленной на рисунке 11.1. В соответствии с указанной схемой производится продольная разбивка кранового пути с порядковой нумерацией мелом на подошве или шейке обоих рельсов. Шаг разбивки для наземных рельсовых путей (козловые, башенные краны) принимается 5 м, для рельсов на крановых эстакадах (мостовые краны) – 3 или 6 м в зависимости от шага колонн 6 или 12 м. Составляется схема измерений в соответствии с рисунком 11.1. В начале и конце кранового пути груз отсутствует, и выполнение этих измерений не представляет каких-либо затруднений.

Стальной рулеткой или лазерным дальномером измеряется расстояние между осями крановых рельсов в начале (сечение 1) и в конце (сечение n) кранового пути соответственно l_1 и l_n . На первой установке теодолита на расстоянии 150...250 мм от рельса A его коллимационная плоскость (заменяющая натянутую струну) ориентируется вдоль оси рельса A так, чтобы $a_1 = a_n$ и измеряются промежуточные расстояния $a_2, a_3 \dots a_{n-1}$ в соответствии с рисунком 11.2. При этом геодезическую линейку необходимо устанавливать горизонтально и перпендикулярно оси рельса.

Вторая установка теодолита производится аналогично на расстоянии 150...250 мм от рельса B и его коллимационная плоскость ориентируется параллельно коллимационной плоскости на первой установке так, что

$$L_1 = L_k = l_1 - a_1 + b_1 = L_n = l_n - a_n + b_n.$$

Откуда

$$b_n = L_k - l_n + a_n,$$

где L_k – расстояние между коллимационными плоскостями теодолита на первой и второй установках.

На второй установке теодолита в соответствии с рисунком 11.2 производится измерение промежуточных расстояний b_2, b_3, \dots, b_{n-1} . После выполнения вышеуказанных измерений производится определение требуемых размеров – расстояние между осями подкрановых рельсов l_i и отклонения рельсов от проектного положения A_i и B_i .

$$l_i = L_k + a_i - b_i; \quad A_i = a_i - a_1; \quad B_i = l_i - l_{nc} - A_i,$$

где l_{nc} – требуемое расстояние между осями подкрановых рельсов в соответствии с паспортом.



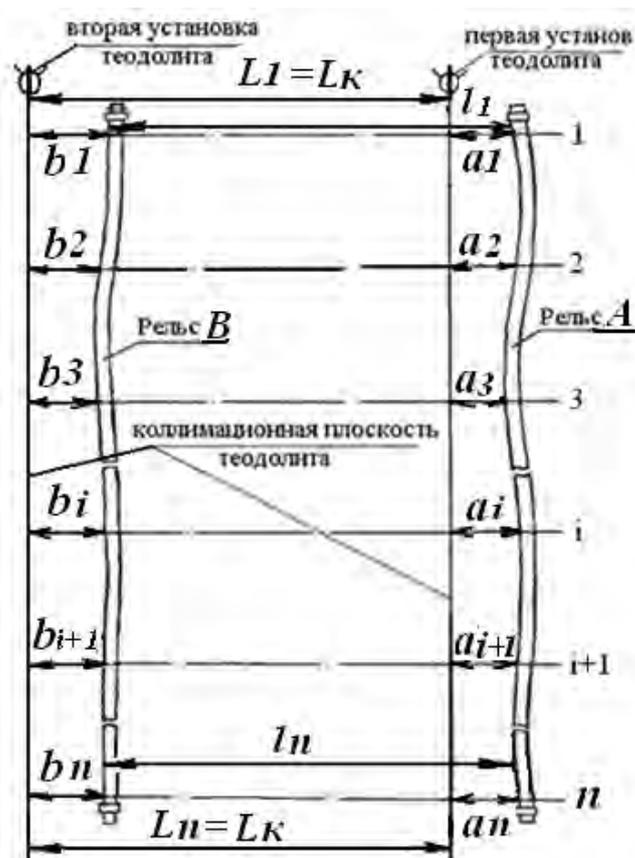


Рисунок 11.1 – Схема измерения отклонения рельсов от прямой линии и расстояния между осями

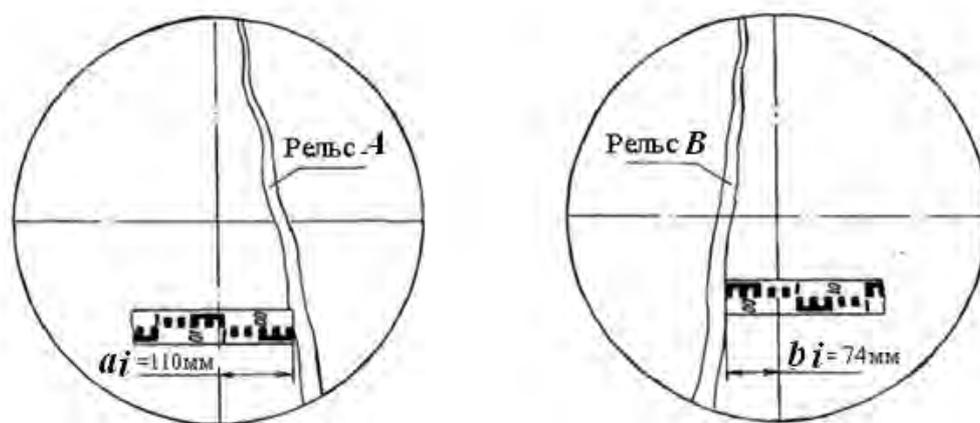


Рисунок 11.2 – Снятие размеров a_i и b_i с использованием теодолита

Следует учесть, что значения отклонений крановых рельсов от проектного положения A_i и B_i в сторону уширения колеи будут положительными, а при отклонении в сторону сужения колеи – отрицательными

Рекомендуемая форма плановой съемки кранового пути с указанием выше приведенных измерений представлена на рисунке 11.3.

Измерение отклонения крановых рельсов по высоте производится с помощью нивелира.

Номера точек отсчета	1	2	3	...	i	i+1	i+2	...	n
Расстояние от головки рельса до линии визирования	a_i	a_1	a_2	a_3	a_i	a_{i+1}	a_{i+2}		a_n
	b_i	b_1	b_2	b_3	b_i	b_{i+1}	b_{i+2}		b_n
Отклонение рельса А от проектного положения в плане	0	A_2	A_3		A_i	A_{i+1}	A_{i+2}		0
Расстояние между осями крановых рельсов [ПС±Δ]	l_1	l_2	l_3		l_i	l_{i+1}	l_{i+2}		l_n
Отклонение рельса В от проектного положения в плане	B_1	B_2	B_3		B_i	B_{i+1}	B_{i+2}		B_n

Рисунок 11.3 – Оформление результатов плановой съемки кранового пути

Порядок выполнения работы

- 1 Ознакомиться с общим устройством теодолита и порядком работы с ним.
- 2 В соответствии со схемой, представленной на рисунке 11.1, произвести косвенное измерение расстояния между осями рельсов с помощью натянутой струны и с помощью теодолита. Сравнить полученные результаты.

Контрольные вопросы

- 1 Нормативные документы на проектирование крановых рельсовых путей.
- 2 Допуски на отклонения крановых рельсовых путей в плане.
- 3 Способы измерения отклонений рельсовых путей в плане.

12 Измерение неперпендикулярности оси стрелы к оси ее шарнира

Цель работы: изучение способов и приобретение практических навыков измерения неперпендикулярности оси стрелы к оси ее шарнира.

Одним из требований при обследовании металлоконструкции стреловых грузоподъемных кранов являются контрольные измерения по определению неперпендикулярности оси стрелы к оси ее шарнира. Предельное значение этой неперпендикулярности составляет: для башенных кранов $\Delta L = \frac{L}{400}$; для стрело-

вых кранов $\Delta L = \frac{L}{500}$, где L – длина стрелы.

Неперпендикулярность оси стрелы к оси ее шарнира измеряется с помощью теодолита в соответствии со схемой измерения, представленной на рисунке 12.1. При выполнении этих измерений стрела укладывается на опоры. Неperпендикулярность оси стрелы к оси ее шарнира вычисляется по формуле

$$\Delta L = |l_1 - l_2| - \left| L \cdot \frac{h_1 - h_2}{l_{ш}} \right|.$$

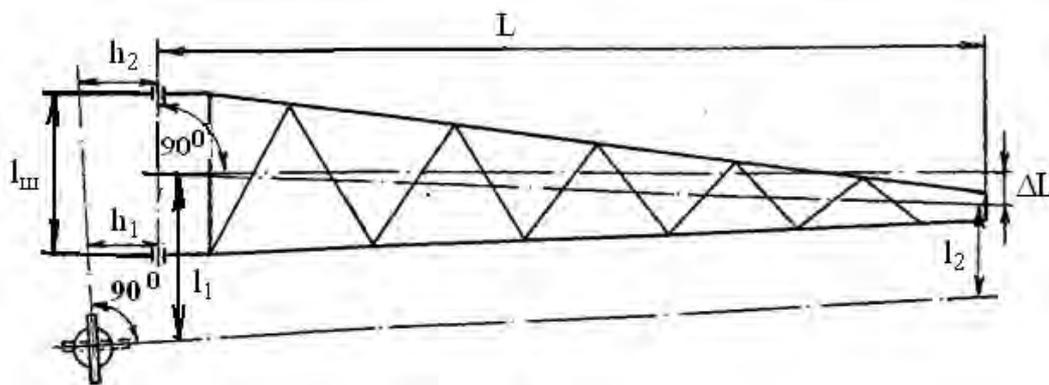


Рисунок 12.1 – Схема измерения параметра ΔL при изготовлении стрелы

Такой способ измерения трудоемок, т. к. требует демонтажа стрелы и применяется для контроля неперпендикулярности оси стрелы при изготовлении.

При подъеме (опускании) стрелы, т. е. повороте ее вокруг оси шарнира, ось стрелы опишет какую-то поверхность. В случае, если ось стрелы перпендикулярна оси ее шарнира, то этой поверхностью будет плоскость, т. е. сектор. В случае, если ось стрелы не перпендикулярна оси ее шарнира, то этой поверхностью будет коническая поверхность. Расположим точку наблюдения по оси стрелы при ее опущенном положении и на каком-то удалении, т. е. на продолжении образующей конической поверхности. При последующем подъеме стрелы центр ее оголовка, через который проходит ось стрелы, опишет дугу эллипса высотой ΔX по отношению к точке наблюдения (рисунок 12.2, а). Между величинами ΔX и ΔL установлена зависимость

$$\Delta L = \Delta x_{\max} \cdot \left(\frac{\cos \alpha / 2}{1 - \cos \alpha / 2} \right),$$

где α – угол поворота стрелы вокруг оси ее шарнира, град.

Обозначим

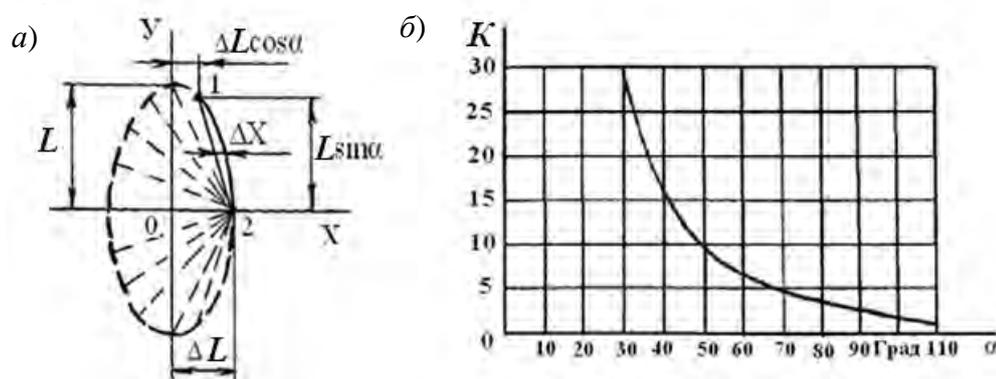
$$\frac{\cos \alpha / 2}{1 - \cos \alpha / 2} = K,$$

тогда $\Delta L = \Delta x_{\max} \cdot K$.

На рисунке 12.2, б представлен график зависимости коэффициента K от угла α подъема стрелы.

Таким образом, неперпендикулярность оси стрелы к оси ее шарнира ΔL

можно определить путем измерения наибольшего расстояния ΔX_{\max} при подъеме стрелы на определенный угол α . Для повышения точности измерения подъем стрелы необходимо производить на возможно максимальный угол α .



a – высота дуги эллипса траектории центра оголовка стрелы при ее подъеме-опускании;

b – зависимость коэффициента K от угла α поворота стрелы при ее подъеме-опускании

Рисунок 12.2 – Составляющие для измерения неперпендикулярности оси стрелы

Порядок выполнения работы

1 Выставить теодолит на продолжении оси стрелы при ее опущенном положении.

2 Подъемом и опусканием стрелы замерить высоту дуги эллипса, описываемого центром оголовка стрелы, угол поворота стрелы и определить неперпендикулярность ее оси к оси шарнира.

Контрольные вопросы

1 Как контролируется неперпендикулярность оси стрелы к оси ее шарнира при изготовлении?

2 В чем заключается метод косвенного измерения неперпендикулярности оси стрелы к оси ее шарнира?

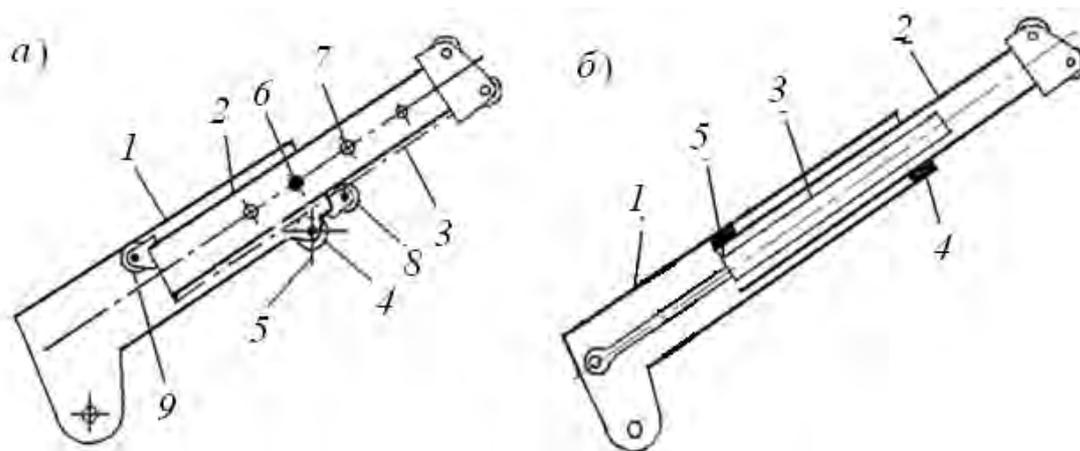
3 Как произвести измерение изменения угла наклона стрелы при ее подъеме и опускании?

13 Изучение устройства и исследование работы телескопической стрелы

Цель занятия: изучить конструктивные особенности и принцип работы телескопических стрел различных конструкций.

В целях увеличения: высоты подъема груза и вылета с одновременным обеспечением высокой мобильности стреловых самоходных кранов широко используются телескопические стрелы различных конструкций с разным числом выдвижных секций.

Первые образцы телескопической стрелы имели одну выдвижную секцию (рисунок 13.1, *а*). Выдвижение и втягивание подвижной секции 2 осуществлялось вручную с помощью штурвала 5. На валу этого штурвала закреплена звездочка 4, входящая в зацепление с пластинчатой цепью 3, прикрепленной к выдвижной секции. Фиксация выдвижной секции по отношению к основанию стрелы 1 осуществлялась пальцем 6. Для чего одно из отверстий 7 в выдвижной секции необходимо совместить с опорным отверстием, расположенным в верхней части основания стрелы.



а – с ручным выдвижением секции; *б* – с выдвижением секции гидроцилиндром

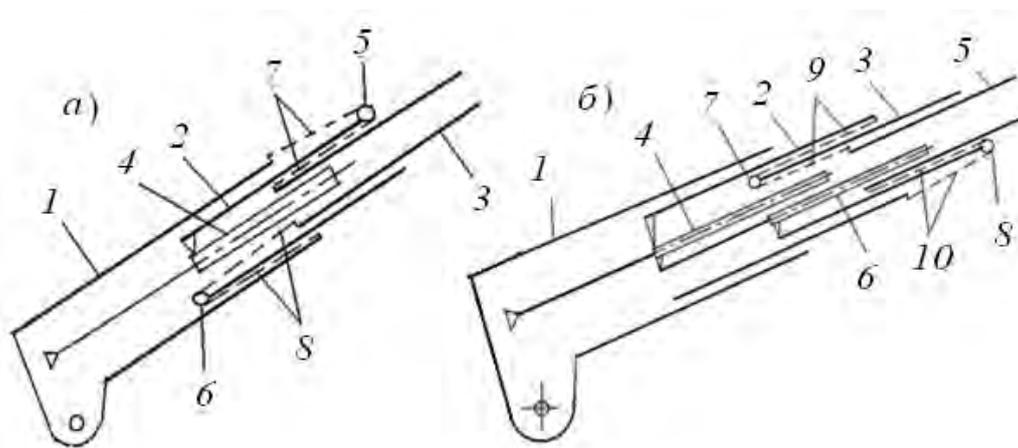
Рисунок 13.1 – Телескопические стрелы с одной подвижной секцией

Нагрузка от выдвижной секции на основание стрелы передается через опорный ролик 8, закрепленный снизу в верхней части основания стрелы, и опорный каток 9, закрепленный в верхней задней части выдвижной секции. Такое исполнение телескопической стрелы имеет существенный недостаток. Для изменения длины стрелы она опускается в положение, близкое к горизонтальному, после чего производится изменение ее длины. Это требует дополнительных простоев и значительных трудозатрат, особенно при частом изменении длины стрелы при работе крана. В целях устранения этого недостатка выдвижение и втягивание подвижной секции осуществляются гидроцилиндром с ходом штока 6 м (рисунок 13.1, *б*).

Особенностью такого исполнения телескопической стрелы является то, что шток гидроцилиндра 3 шарнирно крепится в основании неподвижной секции 1. Нижняя часть штоковой полости гидроцилиндра шарнирно крепится в нижней части выдвижной секции 2. Шток выполнен пустотелым, внутри которого размещены две трубки для подачи рабочей жидкости в штоковую (при втягивании подвижной секции) или в поршневую (при выдвигании подвижной секции) полости цилиндра. Кроме того, при выдвигании подвижной секции на сжатие работает только шток гидроцилиндра, что позволяет почти в 2 раза увеличить его устойчивость. Вместо опорного ролика и катка применены плиты скольжения 4 и 5, выполненные из бронзы БрАЖ 9-4 и обеспечивающие коэффициент трения 0,1. Это позволяет уменьшить поперечный габарит телескопической стрелы и ее габарит в транспортном положении.

Для увеличения вылета и высоты подъема в современных стреловых самоходных кранах применяют телескопические стрелы с двумя, тремя и более подвижными секциями.

На рисунке 13.2, а, б представлены телескопические стрелы с двумя и тремя подвижными секциями.



а – с двумя подвижными секциями; б – с тремя подвижными секциями

Рисунок 13.2 – Телескопическая стрела с двумя тремя подвижными секциями

Выдвижение и втягивание первой подвижной секции 2 в этих стрелах осуществляются гидроцилиндром 4. Вторая подвижная секция 3 в стреле (см. рисунок 13.2, а) выдвигается канатом 7, один конец которого прикреплен к верхнему концу неподвижной секции 1, второй – к секции 3. Канат 7 огибает блок 5, установленный в верхней части секции 2. Втягивание секции 3 осуществляется канатом 8, закрепленным в нижней части секции 3 и в верхней части секции 1, и огибающим блок 6, установленный в нижней части секции 2.

Выдвижение и втягивание второй подвижной секции в стреле (см. рисунок 3.2, б) осуществляются гидроцилиндром 6. Третья подвижная секция 5 выдвигается канатом 10, концы которого прикреплены к секциям 2 и 4, и огибаемым блок 8, установленный в верхней части секции 3. Втягивание секции 5 осуществляется канатом 9, концы которого прикреплены к секциям 2 и 5, и огибающим блок 7, установленный в нижней части секции 3.

Порядок выполнения работы

1 Изучить устройство и принцип действия телескопической стрелы с одной, двумя и тремя подвижными секциями.

2 На основании рисунка 1.2, б представить схему телескопической стрелы с четырьмя и пятью подвижными секциями.

Контрольные вопросы

1 Способы опирания между собой смежных секций телескопической стрелы, их достоинства и недостатки.

2 Как осуществляется крепление гидроцилиндра к смежным секциям стрелы?

14 Изучение устройства и исследование работы автоматических грузозахватных устройств для строительных материалов

Цель занятия: изучение устройства и принципа действия механизма фиксации, конструктивных особенностей и работы автоматических грузозахватных устройств.

Массовые строительные материалы (силикатный кирпич, стеновые и перегородочные газосиликатные блоки, строительный камень) производятся в виде одно- и многоярусных пакетов. Технологические подъемно-транспортные операции и погрузочно-разгрузочные работы с такими пакетами выполняются грузоподъемными кранами с использованием автоматических грузозахватных приспособлений (ГЗП) различных конструкций. Захват пакета и его подъем осуществляются за счет сжатия нижнего ряда с определенным усилием. Принцип действия большинства этих ГЗП одинаков и основан на использовании механизма фиксации Меламеда, представленного на рисунке 14.1. Механизм фиксации содержит тягу 1 с толкателем 2, закрепленные на траверсе 3. На раме 4 шарнирно закреплена звездочка 5, с левой стороны которой предусмотрены направляющие 6. По краям рамы 4 шарнирно смонтированы двуплечие захватные рычаги 7, горизонтальные плечи которых тягами 8 соединены с траверсой 3.

Указанные ГЗП работают следующим образом. В исходном положении, перед захватом пакета, траверса 3 расположена вблизи по отношению к раме 4 и удерживается механизмом фиксации (см. рисунок 14.1, положение III). Вертикальные плечи захватных рычагов 7 с прижимными балками разведены в противоположные стороны. В таком положении ГЗП устанавливается на захватываемый пакет до ослабления натяжения канатов механизма подъема крана. При этом траверса 3 опускается вниз на высоту 30...40 мм по отношению к раме 4 и толкатель 2 поворачивает звездочку 5 по часовой стрелке в положение, близкое к горизонтальному (см. рисунок 14.1, положение IV). При

последующем подъеме траверсы 3 она по направляющим удаляется от рамы 4, тяга 1 поворачивает звездочку 5 по часовой стрелке в положение, близкое к вертикальному (см. рисунок 14.1, положение I) и выходит из зацепления со звездочкой 5. При этом двуплечие рычаги 7 посредством тяг 8 поворачиваются, обеспечивая захват пакета. После установки пакета и дальнейшем опускании траверсы 3 двуплечие рычаги 7 под воздействием тяг 8 поворачиваются в противоположные стороны, освобождая пакет. При этом толкатель 2 поворачивает звездочку 5 по часовой стрелке и ее нижний левый зуб входит в окошко тяги 1 (см. рисунок.14,1, положение II). При подъеме траверсы 3 тяга 1 поворачивает звездочку 5 по часовой стрелке до упора ее правым нижним зубом о тягу 1 (см. рисунок.14.1,положение III). При дальнейшем подъеме устройство поднимается с разведенными двуплечими рычагами 7, а нагрузка от рамы 4 воспринимается звездочкой 5.

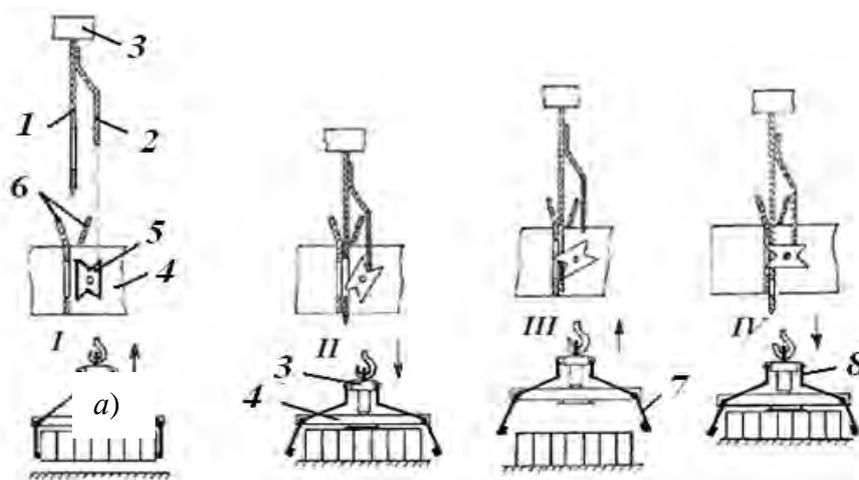
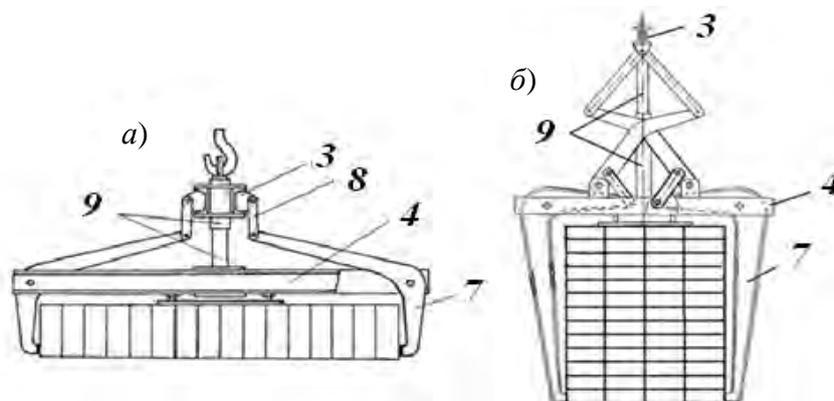


Рисунок 14.1 – Устройство и принцип работы ГЗП с использованием механизма фиксации Меламеда

На рисунке 14.2 представлены автоматические ГЗУ для строительных блоков и для силикатного кирпича с теми же цифровыми обозначениями, что и на рисунке 14.1, за исключением поз. 9, обозначающей механизм фиксации.



a – для строительных блоков: *б* – для силикатного кирпича

Рисунок 14.2 – Автоматические ГЗП для строительных материалов

Порядок выполнения работы

- 1 Изучить устройство и принцип действия механизма фиксации.
- 2 Дать подробное описание устройства и работы ГЗП, представленных на рисунке 14.2.

Контрольные вопросы

- 1 Для чего предназначен и какие функции выполняет механизм фиксации?
- 2 Возможны ли другие конструктивные исполнения механизма фиксации?

15 Определение фактической высоты подъема груза с учетом его габаритных размеров

Цель занятия: приобретение и закрепление теоретических и практических навыков определения фактической высоты подъема груза с учетом его габаритных размеров и параметров стрелового оборудования грузоподъемного крана, конструктивные исполнения стрел с увеличенной высотой подъема крупногабаритных грузов.

В паспорте стрелового крана любого типа в обязательном порядке представляется его грузовая и высотная характеристики. На основании высотной характеристики можно определить высоту подъема крюка в зависимости от его вылета от оси вращения. Возможная высота подъема груза H_{Γ} , имеющего конкретные размеры в плане, по высоте меньше высоты подъема крюка. Естественно, чем больше габаритные размеры груза, тем меньше высота его подъема.

Расчетная схема для определения высоты подъема груза в зависимости от его габаритных размеров, конструктивных параметров крана и стрелового оборудования представлена на рисунке 15.1.

При подъеме груза на максимальную высоту необходимо, чтобы между грузом и стрелой обеспечивался гарантийный зазор $K \geq 200 \dots 300$ мм. При подъеме и перемещении груза его контакт со стрелой недопустим.

Согласно рисунку 15.1,

$$H_{\Gamma} = CB - CB^1 - h_{\Gamma} + h; \quad L = (l_c + a \cdot \operatorname{tg}\beta + m \cdot \operatorname{ctg}\beta) \cos\beta - \frac{m}{\sin\beta} - n;$$

$$CB = H_c + \frac{a}{\cos\beta} = (l_c + a \cdot \operatorname{tg}\beta + m \cdot \operatorname{ctg}\beta) \sin\beta; \quad CB^1 = \left(0,5B_{\Gamma} + \frac{F + K}{\sin\beta} \right) \operatorname{tg}\beta;$$

$$H_{\Gamma} = (l_c + a \cdot \operatorname{tg}\beta + m \cdot \operatorname{ctg}\beta) \sin\beta - \left(0,5B_{\Gamma} + \frac{F + K}{\sin\beta} \right) \operatorname{tg}\beta - h_{\Gamma} + h.$$



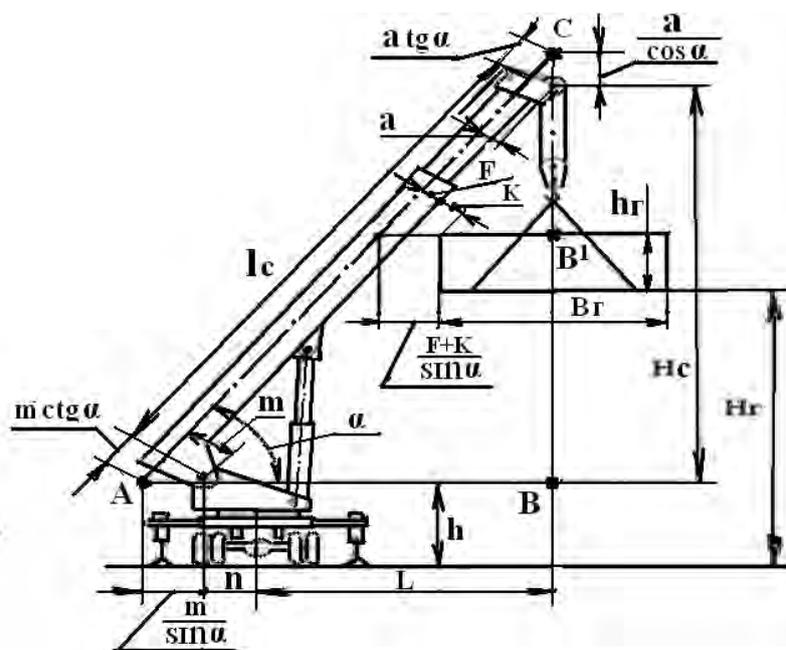
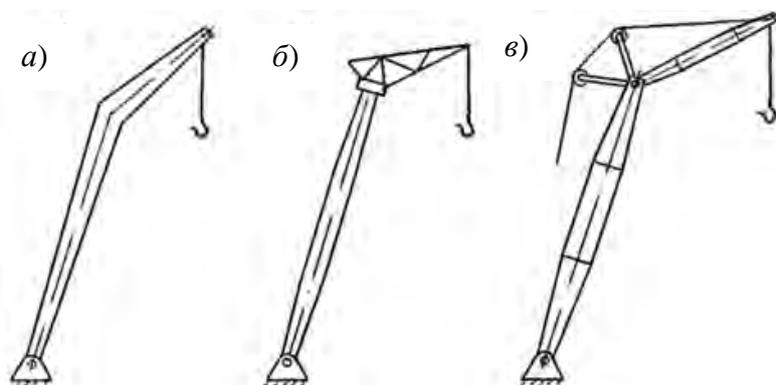


Рисунок 15.1 – Расчетная схема для определения высоты подъема груза

В целях увеличения высоты подъема грузов с большими габаритами в плане применяют изогнутые стрелы и стрелы с жестким или маневренным гуськом, представленные на рисунке 15.2.



a – изогнутая стрела; *б* – стрела с жестким гуськом; *в* – стрела с маневренным гуськом

Рисунок 15.2 – Стрелы с увеличенной высотой подъема

В соответствии с расчетной схемой, представленной на рисунке 15.3, можно сделать вывод, что применение гуська длиной l_r , установленного под углом φ к продольной оси стрелы, равнозначно увеличению длины стрелы на величину Δl .

$$\Delta l = \frac{l_r \cdot \cos(\beta - \varphi)}{\cos \beta}.$$

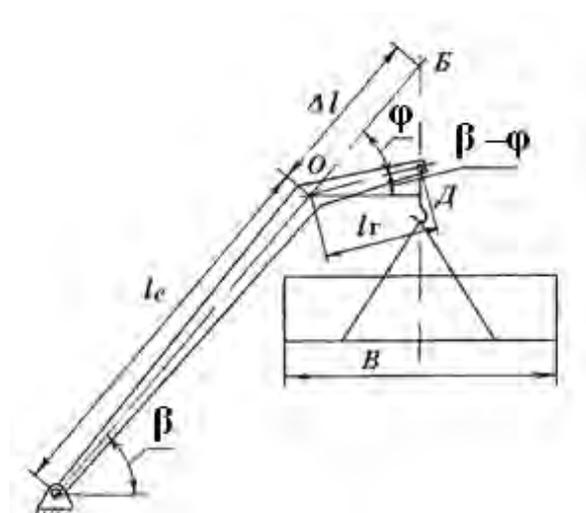


Рисунок 15.3 – Расчетная схема для стрел с увеличенной высотой подъема груза

Порядок выполнения работы

1 По заданным преподавателем параметрам крана и габаритным размерам груза определить высоту подъема и соответствующий вылет.

2 По результатам расчетов построить графики зависимости высоты подъема и вылета в зависимости от угла наклона стрелы.

Контрольные вопросы

1 Какие параметры крана и стрелового оборудования оказывают влияние на высоту подъема груза?

2 Чем обусловлена необходимость зазора между грузом и стрелой?

3 Конструктивные исполнения стрел для увеличения высоты подъема груза.

Список литературы

1 **Кобзев, А. П.** Специальные краны : учебное пособие / А. П. Кобзев, Р. А. Кобзев. – Старый Оскол : ТНТ, 2014. – 472 с.

2 **Иванов, В. И.** Специальные грузоподъемные машины / В. И. Иванов, Е. Е. Иванов. – Минск : Беларуская навука, 1997. – 335 с.

3 **Вайнсон, А. А.** Подъемно-транспортные машины : учебник для вузов / А. А. Вайнсон. – 4-е изд., пераб. и доп. – Москва : Машиностроение, 1989. – 536 с.

4 Справочник по кранам в 2 т. Т. 1 : Характеристика материалов и нагрузок. Основы расчета кранов, их приводов и металлических конструкций / В. И. Брауде [и др.] ; под общ. ред. М. М. Гохберга. – Москва : Машиностроение, 1988. – 536 с.

5 Справочник по кранам в 2 т. Т. 2 : Характеристика и конструктивные схемы кранов. Крановые механизмы их детали и узлы. Техническая эксплуатация кранов / М. П. Александров [и др.] ; под общ. ред. М. М. Гохберга. – Ленинград : Машиностроение, 1988. – 559 с.

