

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Донбаська державна машинобудівна академія  
Кафедра підйомно-транспортних машин

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ З ДИСЦИПЛІНИ  
«Монтаж і ремонт ПТМ»**

для студентів

галузь знань: 13 «Механічна інженерія»

спеціальність \_133 «Галузеве машинобудування»

спеціалізація «Підйомно-транспортні, дорожні, будівельні, мелі-  
оративні машини і обладнання»

**Затверджено на засіданні  
методичної ради  
протокол № від**

Краматорск 2018

УДК 629.01.004

Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Монтаж і ремонт ПТМ» для студентів денної і заочної форми навчання / укл. П.А. Гавриш. – Краматорськ: ДДМА 2018. – 28 с

Укладач

к.т.н., доц. П.А. Гавриш

Відповідальний за випуск

д.т.н., проф. В.Д. Кассов

## Зміст

1 Практична робота "Розрахунок наземного якоря" .....	4
1.1 Мета роботи .....	4
1.2 Скорочені теоретичні відомості <b>Ошибка! Закладка не определена.</b> .....	4
1.3 Задание на выполнение практической работы .....	5
1.3.1 Последовательность выполнения работы .....	6
1.4 Контрольные вопросы .....	7
2 Практическая работа "Центровка валов по полумуфтам" .....	8
2.1 Цель работы .....	8
2.2 Краткие теоретические сведения .....	8
2.3 Измерения: .....	9
2.3.1 Обработка результатов измерений и устранение перекосов .....	10
2.4 Исходные данные .....	11
2.5 Последовательность выполнения работы .....	13
2.6 Пример выполнения работы .....	13
2.7 Контрольные вопросы .....	16
2.7.1 Дополнительные вопросы* .....	17
3 Практическая работа "Монтаж козлового крана методом стягивания опор" .....	18
3.1 Цель работы .....	18
3.2 Краткие теоретические сведения .....	18
3.2.1 Самомонтаж козловых кранов .....	18
3.2.2 Расчет полиспаста .....	19
3.3 Задание на выполнение работы .....	20
3.3.1 Исходные данные .....	21
3.4 Контрольные вопросы .....	22
3.5 Пример выполнения работы .....	24
Литература .....	27

# 1 ПРАКТИЧНА РОБОТА

## "РОЗРАХУНОК НАЗЕМНОГО ЯКОРЯ"

### 1.1 Мета роботи

Мета роботи вивчити конструкції і принципи розрахунку якорів (анкерів) і отримання практичних навичок при розрахунку наземних якорів.

### 1.2 Скорочені теоретичні відомості

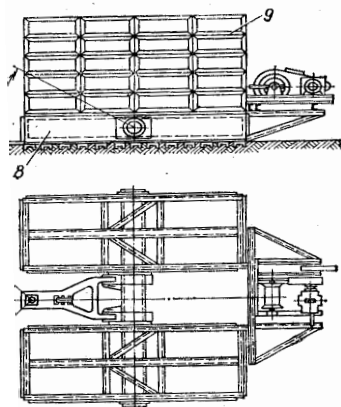
Якоря (анкеры) предназначены для крепления расчалок мачт, шевров, порталов, мачтовых кранов, а также лебедок, талей, блоков, и др. грузоподъемных механизмов.

Кроме анкерных устройств для этих целей могут использоваться элементы строительных конструкций и тяжелое оборудование.

Выделяют следующие типы якорей: постоянные и временные. Для монтажных приспособлений применяются, как правило, временные якоря. Временные якоря разделяют на земляные (закладные) и наземные.

**Наземные** якоря бывают обычные, способные воспринимать усилия до 500кН, полузаглубленные - до 2000кН. Обычные наземные якоря представляют собой нагруженную ЖБ блоками металлическую раму, с направленными вниз полками швеллеров.

Вид наземного якоря представлен на рисунке 1.1.



*Рисунок 1.1 – Наземный якорь*

Расчетная схема якоря приведена на рисунке 1.2.

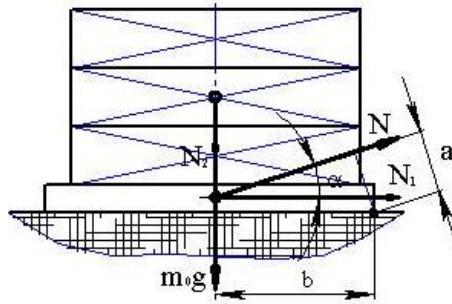


Рисунок 1.2 – Расчетная схема якоря

Расчет выполняется в два этапа:

определение массы ЖБ блоков, обеспечивающих устойчивость якоря от сдвига по формуле (1.1):

$$m_o = (N \cos \alpha / f + N \sin \alpha) K_{yc} / g ; \quad (1.1)$$

проверка на опрокидывание по формуле (1.2):

$$m_o g b > K_{yo} N a , \quad (1.2)$$

где  $K_{yc}; K_{yo}$  - коэффициенты устойчивости от сдвига и опрокидывания, равные соответственно 1,5 и 1,4;

$f$  – коэф. трения скольжения рамы по грунту.

Значения коэффициента  $f$  для различных грунтов приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Коэффициенты трения рамы для различных грунтов

Песок сухой, утрамбованный	Чернозем плотный, сырой	Бетон
0,78 – 0,84	0,90 – 0,96	0,45

Если проверка на опрокидывание дала отрицательные результаты, то определение массы ЖБ блоков производится повторно по формуле (1.2).

### 1.3 Задание на выполнение практической работы

В соответствии с назначенным вариантом исходных данных рассчитать наземный якорь и ответить на контрольные вопросы.

Наборы исходных данных приведены в таблице 1.2. В состав данных входят натяжение  $N$  и угол наклона к горизонту расчалки, геометрический

размер рамы якоря  $b$ , тип грунта, номера контрольных вопросов, на которые необходимо дать ответы.

Каждый набор данных соответствует варианту задания, номер которого находится в первом столбце таблицы.

*Таблица 1.2 –*

*Исходные данные для определения массы и числа блоков наземного якоря.*

№ Вар	Натяжение $N$ , кН	Угол $\alpha$ , °	Расстояние $b$ , м	Тип грунта	Масса блока, т	Номера вопросов
1	100	12	0,5	Песок	2	1, 4, 7
2	200	45	0,75	Чернозем	3	2, 5, 8
3	150	40	1	Бетон	4	3, 6, 9
4	230	35	1,25	Бетон	5	1, 3, 6
5	180	30	1,5	Песок	6	2, 4, 7
6	350	15	1,75	Чернозем	4	3, 5, 8
7	270	27	2,0	Песок	2	4, 6, 9
8	320	20	2,25	Бетон	5	1, 2, 8
9	380	10	2,5	Песок	3	3, 4, 7
10	425	25	0,5	Бетон	2	5, 6, 2
11	340	33	0,75	Чернозем	3	7, 8, 1
12	175	15	1	Песок	4	1, 6, 8
13	450	28	1,25	Песок	5	2, 7, 9
14	250	17	1,5	Бетон	6	3, 5, 7
15	300	42	1,75	Чернозем	4	4, 5, 6
16	405	36	2,0	Бетон	2	6, 7, 8
17	365	22	2,25	Песок	5	1, 2, 3
18	490	45	2,5	Бетон	3	7, 8, 9

### **1.3.1 Последовательность выполнения работы**

По формуле (1.1) рассчитать общую массу блоков исходя из безусловной устойчивости при сдвиге, а затем определить необходимое число блоков.

Исходя из вычисленного числа блоков и их массы, проверить якорь на опрокидывание по формуле (1.2). (Необходимая для расчета величина "а" определится из прямоугольного треугольника со сторонами "а" и "b" и углом при вершине " $\alpha$ ", рис. 1.2.) При необходимости увеличить число блоков.

Ответить на контрольные вопросы.

Оформить отчет.

#### **1.4 Контрольные вопросы**

- 1 Каково назначение анкерных устройств?
- 2 Какие имеются альтернативы анкерным устройствам?
- 3 Запишите условие равновесия наземного якоря при сдвиге.
- 4 Перечислите основные типы анкерных устройств.
- 5 Приведите технические характеристики земляных анкерных устройств.
- 6 Перечислите основные недостатки земляных анкерных устройств.
- 7 Запишите условие равновесия наземного якоря при опрокидывании.
- 8 Приведите технические характеристики наземных якорей.
- 9 Выразите величину "а" через другие размеры упомянутого выше прямоугольного треугольника и, подставив результат в формулу (2), преобразуйте ее.

## 2 ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА "ЦЕНТРОВКА ВАЛОВ ПО ПОЛУМУФТАМ"

### 2.1 Цель работы

Целью работы является изучение инженерных методов центровки валов и приобретение практических навыков обработки результатов измерений при центровке валов.

### 2.2 Краткие теоретические сведения

Валы, как правило, соединяются муфтами, которые не только должны передавать вращение от одного вала к другому, но и компенсировать погрешности взаимного расположения валов. Однако их компенсационные возможности ограничены, и необходимо добиваться высокой точности взаимного расположения валов. Допускаемые величины смещений и перекоса валов, соединяемых муфтами различных типов, приведены в таблице 2.1.

*Таблица 2.1 – Допуски на смещение и перекося осей валов*

Тип муфты	Диаметр, мм	Допуск на перекося осей на 1000 мм длины, мм	Допуск на смещение осей, мм
Зубчатые	Перекося оси каждой втулки относительно оси обгоймы, вызванный несоосностью соединяемых валов, не более 0°30'		
Пальцевые	100 - 300	0,2	0,05
	300 - 500	0,2	0,1
Упругие	130 - 200	1	0,1
	200 - 400	1	0,2
	400 - 700	1,5	0,3
	700 - 1350	1,5	0,5
Компенсирующие	100 - 300	0,8	0,1
	300 - 600	1,2	0,2

Операцию центровки валов выполняют при насаженных на каждый вал полумуфтах, наружные поверхности которых принимают в качестве базовых поверхностей измерений, рисунок 2.1, считая, что полумуфты установлены на валах концентрично, а их торцевые поверхности перпендикулярны осям валов, т.е. отсутствуют радиальное и торцевое биение.



### 2.3 Измерения:

Измеряют осевые зазоры между наружными поверхностями полумуфт в 4-х точках с шагом  $90^\circ$ .

Измеряют радиальные зазоры в тех же точках.

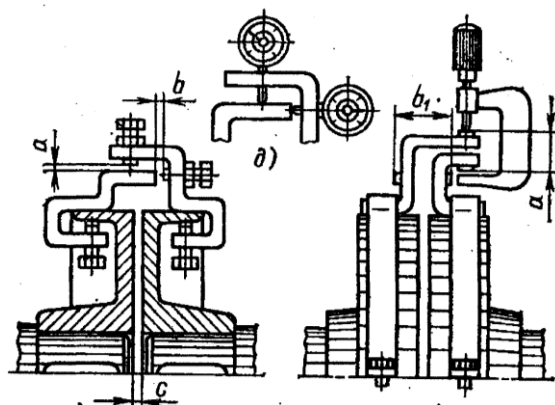


Рисунок 2.1 – Измерение погрешностей монтажа валов

В каждой точке выполняют не менее трех замеров каждой величины, для чего:

1 На наружных поверхностях полумуфт закрепляют измерительные средства;

2 Выполняют по одному замеру радиального и осевого расстояний в начальной точке;

3 Проворачивают оба вала на  $90^\circ$  и производят еще по одному замеру радиального и осевого расстояний;

4 Последовательно измеряя эти расстояния с шагом  $90^\circ$ , и занося результаты в таблицу, делают 3-4 полных оборота валов.

Описанный процесс измерений схематически представлен на рисунке 2.2.

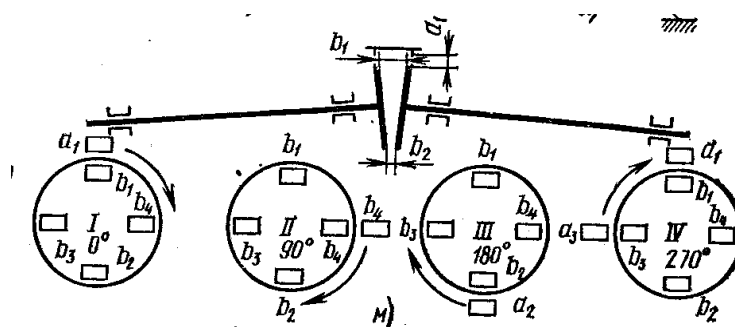


Рисунок 2.2 – Схема измерений зазоров

Необходимо иметь в виду, что разные методы измерений дают качественно различные результаты. Так, если измерения производятся с помощью микрометра, штангенциркуля или линейки, то измеряется расстояние между базовыми поверхностями измерительного приспособления, которое отличается от зазора между ними на постоянную величину, самоуничтожающуюся в процессе вычитания при определении расцентровки по формулам (2.3). Если же измерения производятся с помощью индикаторов часового типа, то фактически измеряется величина, которую можно трактовать как натяг. Она тем больше, чем меньше расстояние между измеряемыми поверхностями, и, следовательно, у результатов, вычисленных по формулам (2.3), необходимо изменить знаки на обратные.

### 2.3.1 Обработка результатов измерений и устранение перекосов

Контролируют правильность замеров, проверяя соблюдение равенств

$$b_1 + b_2 = b_3 + b_4; \quad (2.1)$$

$$a_1 + a_2 = a_3 + a_4, \quad (2.2)$$

где  $b_1, b_2$  и  $b_3, b_4$  – осевые,  $a_1, a_2$  и  $a_3, a_4$  – радиальные расстояния в диаметрально противоположных точках;

Вычисляют математическое ожидание (среднее арифметическое) каждой величины и результаты заносят на схему, представленную на рисунке 2.3;

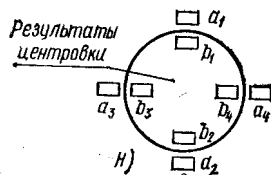


Рисунок 2.1 – Схема для занесения результатов измерения расцентровки валов

Подсчитывают расцентровку по формулам:

$$\Delta a_v = (a_1 - a_2)/2; \quad \Delta a_g = (a_4 - a_3)/2; \quad \Delta b_v = (b_1 - b_2)/2; \quad \Delta b_g = (b_4 - b_3)/2; \quad (2.3)$$



		опоре, п, мм.					
1	300	100	80	30	25	Зубчатая	1,5,9
2	350	120	100	30	30	Упругая	2,6,10
3	400	150	110	35	45	Пальцевая	3,7,11
4	450	180	120	40	60	Компенси р.	4,8,12
5	500	200	140	40	75	Упругая	1,6,11
6	550	220	160	45	120	Пальцевая	2,7,12
7	600	250	180	45	160	Компенси р.	3,8,13
8	650	270	180	50	250	Упругая	4,9,14
9	700	290	200	50	400	Пальцевая	1,4,8
10	750	310	200	55	600	Зубчатая	2,5,10
11	800	340	220	55	800	Упругая	3,6,13

Далее, с помощью микрометра с ценой деления 0,01мм, были измерены радиальные и осевые зазоры между полумуфтами. Результаты измерений расцентровки, выполненных за 4 оборота валов, приведены в таблице 2.3.

Результаты измерений сгруппированы по номерам вариантов заданий.

*Таблица 2.3 – Результаты измерений расцентровки валов*

№ вар.	№ набора данных	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	b <sub>4</sub>	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>
1	1	3,52	0,85	4,2	0,2	2,64	0,53	1,85	1,36
	2	3,55	0,87	4,22	0,19	2,62	0,52	1,84	1,32
	3	3,49	0,83	4,23	0,22	2,61	0,54	1,86	1,34
	4	3,53	0,86	4,21	0,18	2,55	0,51	1,83	1,35
2	1	12,22	4,35	10,65	5,88	3,15	0,23	1,44	1,96
	2	12,35	4,38	10,63	5,85	3,17	0,22	1,42	1,95
	3	12,24	4,36	10,66	5,89	3,22	0,21	1,4	1,92
	4	12,21	4,34	10,68	5,9	3,16	0,22	1,43	1,94
3	1	8,48	3,54	6,84	5,15	1,77	0,38	0,83	1,3
	2	8,5	3,51	6,82	5,17	1,72	0,36	0,86	1,35
	3	8,47	3,52	6,88	5,13	1,76	0,39	0,82	1,31
	4	8,44	3,53	6,92	5,21	1,75	0,38	0,84	1,3
4	1	6,05	2,22	3,5	4,52	0,48	1,97	1,52	0,9
	2	6,03	2,27	3,7	4,55	0,5	2,05	1,51	0,88
	3	6,01	2,25	3,67	4,57	0,49	1,98	1,53	0,91

	4	6,02	2,28	3,71	4,56	0,47	1,99	1,54	0,93
5	1	2,59	7,44	8,12	1,88	1,21	2,32	2,02	1,38
	2	2,61	7,45	8,1	1,92	1,2	2,33	2,08	1,41
	3	2,63	7,47	8,08	1,85	1,19	2,32	2,07	1,42
	4	2,6	7,45	8,1	1,93	1,2	2,31	2,09	1,43

Номер варианта выданного преподавателем задания может быть комбинацией номеров вариантов из таблиц 2.2 и 2.3.

## 2.5 Последовательность выполнения работы

Используя выражения (2.1) и (2.2), проверить исходные данные на наличие грубых ошибок и отбросить те наборы данных, в которых таковые имеются. Результаты вычислений оформить в виде таблицы.

По формулам (2.4) вычислить горизонтальную и вертикальную расцентровку для каждого набора данных (каждого оборота валов).

Вычислить среднее арифметическое (математическое ожидание) величин горизонтальной и вертикальной расцентровки.

Вычислить перемещения передней (задней) опоры двигателя, необходимые для устранения перекоса валов в горизонтальной и вертикальной плоскости.

Вычислить дополнительные смещения валов в вертикальной и горизонтальной плоскости, обусловленные перемещением двигателя при устранении перекоса валов.

Вычислить горизонтальную и вертикальную составляющие общего смещения валов, обусловленного как изначальной расцентровкой, так и перемещением двигателя при устранении перекоса.

Результаты расчетов занести в таблицу.

Ответить на дополнительные вопросы своего варианта.

Результаты оформить в виде отчета.

## 2.6 Пример выполнения работы

**Исходные данные варианта 11, 5 (11 – номер варианта в табл. 2.1, 5 – в табл. 2.2):**

*Таблица 2.4 –*

*Параметры элементов операции центровки для данного варианта*

№	1	Расстояние до	Диаметры	Расстояние до	Масса	Тип
---	---	---------------	----------	---------------	-------	-----

Вар		перемещаемой точки на ближней опоре, n, мм.	полумуфт, $D_1=D_2$ , мм	точки измерения осевого зазора, мм.	двигателя, кГ	соединительной муфты
11	800	340	220	55	800	Упругая

Таблица 2.5 –

Результаты измерений расцентровки для данного варианта данных

№ вар.	№ набора	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	b <sub>4</sub>	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>
5	1	2,59	7,44	8,12	1,88	1,21	2,32	2,02	1,38
	2	2,61	7,45	8,1	1,92	1,2	2,33	2,08	1,41
	3	2,63	7,47	8,08	1,85	1,19	2,32	2,07	1,42
	4	2,6	7,45	8,1	1,93	1,2	2,31	2,09	1,43

### Решение:

Проверяем данные на наличие ошибок. Результаты заносим в таблицу 2.6.

Таблица 2.6 – Результаты проверки данных на наличие ошибок

Проверка по b			Проверка по a		
b <sub>1</sub> +b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub> +b <sub>4</sub>	Разность	a <sub>1</sub> +a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub> +a <sub>4</sub>	Разность
10,03	10	0,03	3,53	3,4	0,13
10,06	10,02	0,04	3,53	3,49	0,04
10,1	9,93	0,17	3,51	3,49	0,02
10,05	10,03	0,02	3,51	3,52	-0,01

Данные третьего набора измерения осевого зазора (разность 0,17) и первого набора измерения радиального зазора (разность 0,13) представляются сомнительными, Их исключаем из дальнейшего рассмотрения (вычеркиваем из табл. 2.5).

Вычисляем средние арифметические значения зазоров каждого типа в каждом из направлений, округляем до сотых. Результаты заносим в таблицу 2.7.

Таблица 2.7 – Средние арифметические результатов измерений

b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	b <sub>4</sub>	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>
2,61	7,46	8,09	1,9	1,2	2,32	2,08	1,42

Значения средних арифметических результатов измерений наносим на круговую диаграмму

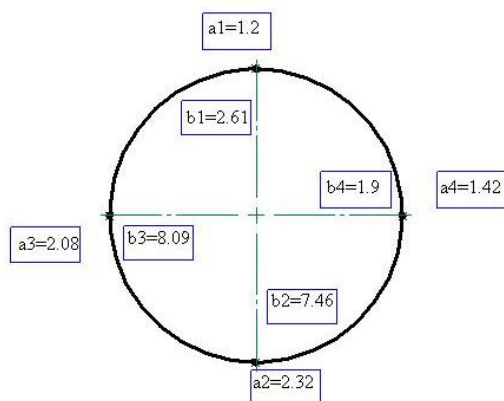


Рисунок 2.2 – Круговая диаграмма результатов измерения расцентровки валов

Вычисляем осевую и радиальную расцентровки в вертикальном и горизонтальном направлениях по формулам (2.3):

Осевую расцентровку в вертикальной плоскости

$$\Delta b_v = (b_1 - b_2)/2 = (2,61 - 7,46)/2 = -2,425 \text{ мм.}$$

Осевую расцентровку в горизонтальной плоскости

$$\Delta b_g = (b_4 - b_3)/2 = (1,9 - 8,09)/2 = -3,095 \text{ мм.}$$

Радиальную расцентровку в вертикальной плоскости

$$\Delta a_v = (a_1 - a_2)/2 = (1,2 - 2,32)/2 = -0,56 \text{ мм.}$$

Радиальную расцентровку в горизонтальной плоскости

$$\Delta a_g = (a_4 - a_3)/2 = (1,42 - 2,08)/2 = -0,33 \text{ мм.}$$

Вычисляем перемещения опор, необходимые для устранения перекоса валов

В вертикальной плоскости

$$x_v^b = 2\Delta b_v l / (D + 2k) = 2 * (-2,425) * 800 / (220 + 2 * 55) = -11,76 \text{ мм}$$

Отрицательный знак результата говорит о том, что заднюю опору нужно опустить, или переднюю поднять на 11,76 мм.

В горизонтальной плоскости

$$x_g^b = 2\Delta b_g l / (D + 2k) = 2 * (-3,095) * 800 / (220 + 2 * 55) = -15 \text{ мм.}$$

Отрицательный знак результата говорит о том, что заднюю опору нужно переместить в направлении точки 3, или переднюю в направлении точки 4 на 15 мм.

Так как при перемещении задней опоры величины дополнительных смещений центров валов меньше, чем при перемещении передней опоры, то регулировку перекосов будем выполнять перемещением задней опоры. Дальнейший расчет выполняем применительно к этому случаю.

Вычисляем дополнительные смещения центров валов, вызванные перемещениями задней опоры при устранении перекосов:

$$y_v = x_v^b \cdot n / l = (-11.76) \cdot 340 / 800 = -5 \text{ мм},$$

$$y_g = x_g^b \cdot n / l = (-15) \cdot 340 / 800 = -6.38 \text{ мм}.$$

Вычисляем суммарную расцентровку в радиальном направлении и численно равные ей и обратно направленные перемещения опор, необходимые для устранения смещения валов:

$$\Delta a_v \pm y_v = -0,56 - 5 = -5,56 \text{ мм}; \quad \Delta a_g \pm y_g = -0,33 - 6,38 = -6,71 \text{ мм}.$$

## 2.7 Контрольные вопросы

- 1 Обосновать порог ошибки, выше которого данные измерений следует считать сомнительными или содержащими грубую ошибку. От чего зависит этот порог?
- 2 Объяснить природу равенств (2.1).
- 3 Объяснить природу равенств (2.2).
- 4 Объяснить, чем обусловлено деление на 2 в выражениях (2.3).
- 5 Обосновать необходимость (или ее отсутствие) предварительной затяжки болтовых соединений крепления двигателя и ее степень.
- 6 Каким методом вы предполагаете перемещать опору двигателя в горизонтальной плоскости? Как при этом будет обеспечена неподвижность второй опоры?
- 7 Как вы предполагаете измерять в процессе регулировки величину перемещения опоры в горизонтальной плоскости?
- 8 За счет чего осуществляется регулировка положения вала в вертикальной плоскости?
- 9 Оценить точность перемещений двигателя при устранении ошибки с помощью молотка и, основываясь на этом, принять решение о необходимости повторных измерений и регулировки для валов, соединяемых пальцевыми муфтами.
- 10 К чему приводит неотрегулированность взаимного расположения валов?



- 11 Объясните суть явлений, именуемых радиальное и торцевое биение?
- 12 Как можно с помощью имеющихся средств измерить радиальное и торцевое биения наружной поверхности полумуфта?
- 13 До скольких знаков после запятой необходимо округлять результаты расчетов и почему?
- 14 Какое из биений оказывает влияние на результаты измерения смещения осей, а какое – на результаты измерения перекоса осей?

### **2.7.1 Дополнительные вопросы\***

Почему валы, как правило, устанавливают на две, а не на большее число опор?

Как можно учесть радиальное и торцевое биения в процессе выполнения операции центровки?

Имеется ли потребность в том, чтобы конструктор предусмотрел специальные элементы, позволяющие дозированно перемещать в горизонтальной плоскости опоры сборочной единицы, положение которой регулируется?

Статически определимо ли опирание сборочных единиц на четыре точки? К каким последствиям при центровке валов это может привести?

\* - Дополнительные вопросы могут быть заданы преподавателем при защите работы.

### 3 ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

## "МОНТАЖ КОЗЛОВОГО КРАНА МЕТОДОМ СТЯГИВАНИЯ ОПОР"

### 3.1 Цель работы

Целью работы является изучение методов монтажа козловых кранов, а также приобретение практических навыков расчета и выбора монтажного оборудования и приспособлений.

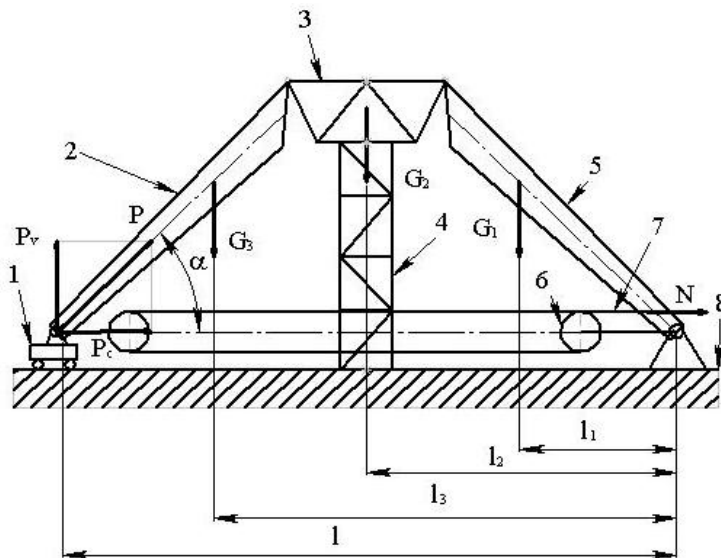
### 3.2 Краткие теоретические сведения

#### 3.2.1 Самомонтаж козловых кранов

Существуют следующие основные методы монтажа козловых кранов:

- сборка крана в проектном положении.
- подъем опор и моста с применением монтажных мачт;
- самомонтаж методом стягивания опор;

Широкое распространение получил метод самомонтажа, типичная схема которого приведена на рисунке 3.1.



1 – тележка; 2 – перемещаемая опора; 3 – мост крана; 4 – шпальные клетки; 5 – неподвижная опора; 6 – обоймы монтажных полиспастов; 7 – идущие на лебедки канаты полиспастов; 8 – рельсы крана.

*Рисунок 3.1 – Схема монтажа козлового крана методом стягивания опор*

Мост крана 3 с помощью стрелового крана укладывают на шпальные клетки 4, и к нему шарнирно присоединяют стойки опор, одна из которых 2 установлена на ходовые тележки 1, а вторая – 5 неподвижна. Ходовые колеса тележек установлены на крановые рельсы 8. К ходовой тележке 1 и неподвижной стойке 5 крепят монтажные обоймы 6. Канаты полиспастов 7 запасованы на барабаны поднимающих лебедок (не показаны). При стягивании полиспастов основания стоек сближаются, что вызывает подъем моста. Первоначальный угол наклона стоек принимают равным 20...30°. При меньшем угле наклона стоек резко растет усилие в стягивающем полиспасте.

Усилие полиспастов определяется исходя из суммы моментов сил относительно неподвижной опоры и сил сопротивления перемещению тележек:

$$P = g(2m_1l_1 + m_2l_2 + 2m_3l_3) / l \sin \alpha, \quad (3.1)$$

$$P_c = P \cos \alpha + F_T, \quad (3.2)$$

$$F_T = Pf \sin \alpha, \quad (3.3)$$

где  $m_1; m_2; m_3$  – массы и  $l_1; l_2; l_3$  – плечи перемещаемой опоры, моста, неподвижной опоры соответственно;

$P$  – усилие, действующее вдоль опор крана;

$P_c$  – усилие двух полиспастов, необходимое для стягивания опор;

$F_T$  – сопротивление движению тележки и повороту опор в шарнирах;

$f$  – коэффициент сопротивления  $f=0,01$ .

### 3.2.2 Расчет полиспаста

Последовательность расчета:

Определение усилия, действующего на подвижную обойму одного полиспаста

$$P_n = P_c \times K_z / i, \quad (3.4)$$

где  $i$  – число полиспастов;

$K_z$  – коэф запаса тягового усилия,  $\approx 1,1 - 1,2$ .

В реальной практике по найденному усилию выбирают монтажные блочные обоймы подходящего типоразмера из изготавливаемых серийно. Их выпускают с грузоподъемностью до 630 т. при 16 блоках.

В данном задании с учебной целью определим число блоков, необходимое для обеспечения заданной кратности, и их диаметры.

Определение числа блоков по заданной кратности полиспаста выполняется путем прорисовки схемы запасовки полиспаста;

Определение усилия в идущей на лебедку тяговой ветви каната (при условии отсутствия отклоняющих блоков). Это будет максимальное натяжение каната, по которому необходимо выбрать его диаметр:

$$S_n = P_n \frac{1 - \eta_1}{(1 - \eta_1^m)}, \quad (3.5)$$

где  $m$  – число блоков;  $\eta_1$  - КПД блоков, которое для блоков на подшипниках качения может быть принято равным 0,98;

Определение разрывного усилия каната. Расчетная формула определена стандартом

$$R_T = S \times K_3, \quad (3.6)$$

где  $S$  – наибольшее растягивающее усилие в ветви каната,  $S = S_n$ ;

$K_3$  – коэффициент запаса прочности. Для монтажных лебедок и полиспастов при  $D/d = 12-15$   $K_3 \geq 3.5$ , а при  $D/d > 15$   $K_3 \geq 3$ .

Выбор каната и определение диаметра блоков при выбранном выше отношении  $D/d$  выполняется по общей методике. Для оснастки грузовых лебедок и полиспастов применяются канаты, обладающие высокой прочностью и гибкостью. Этим требованиям удовлетворяют канаты типа ЛК-РО конструкции (6х36+1ос).

Определение минимальной канатоемкости барабана лебедки из выражения

$$L = i \times m(L_1 + \pi D_o) + L_2 + L_3, \quad (3.7)$$

где  $L_1, L_2, L_3$ - длина полиспаста в растянутом виде, длина каната до лебедки, запас каната около 10м, соответственно;  $D_o$  – диаметр блока.

### 3.3 Задание на выполнение работы

1 По формулам (3.1) – (3.3) для своего варианта исходных данных вычислить потребное тяговое усилие полиспаста при различных значениях угла  $\alpha$  от  $15^\circ$  до  $75^\circ$  с шагом  $15^\circ$ . Результат оформить в виде таблицы.

2 Нарисовать схему запасовки каната полиспаста и определить число блоков, необходимое для обеспечения заданной кратности;

3 На основе полученной величины и заданной кратности полиспаста определить максимальное натяжение каната, выбрать канат и рассчитать требуемую канатоёмкость барабана лебедки;

4 Ответить на вопросы;

5 Оформить отчет.

### 3.3.1 Исходные данные

Исходные данные для выполнения работы по номерам вариантов представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Исходные данные.

Вариант	Масса моста, т	Масса каждой опоры, т	Ширина моста по осям шарниров, м	Длины опор, м	Кратность полиспаста	Расстояние от шарнира до ЦТ опор, в долях их длины	Номера вопросов для ответа
1	120	15	3	18	3	0,25	1, 22, 43
2	140	18	3,25	20	4	0,3	2, 23, 44
3	160	20	3,5	22	5	0,35	3, 24, 45
4	180	23	3,75	24	6	0,2	4, 25, 46
5	200	25	4	26	7	0,25	5, 26, 47
6	220	28	4,25	28	8	0,3	6, 27, 48
7	240	30	4,5	30	7	0,35	7, 28, 49
8	260	33	4,75	32	6	0,2	8, 29, 50
9	280	35	5	34	5	0,25	9, 30, 51
10	300	37	5,25	36	4	0,3	10, 31, 52
11	320	40	5,5	38	5	0,35	11, 32, 53
12	340	42	5,75	40	6	0,2	12, 33, 54
13	360	45	6	38	7	0,2	13, 34, 55
14	380	47	6,25	36	8	0,25	14, 35, 56
15	400	50	6,5	34	9	0,3	15, 36, 57
16	420	53	6,75	32	10	0,35	16, 37, 58
17	440	55	7	30	11	0,2	17, 38, 59
18	460	60	7,25	28	13	0,35	18, 39, 60
19	480	65	7,5	26	14	0,3	19, 40, 61

### 3.4 Контрольные вопросы

- 1 Перечислите основные методы монтажа козловых кранов.
- 2 Чем определяется предельное значение действующей вдоль опоры силы  $P$ , которое может быть принято при монтаже козлового крана этим методом?
- 3 При расчете тягового усилия монтажного полиспаста обычно учитывается масса подвижных блоков. Как следует поступить в данном случае, почему?
- 4 Как должно изменяться усилие сопротивления движению тележки  $F_t$  по мере сближения опор, почему?
- 5 Нужно ли закреплять тяговые лебедки, которые стягивают опоры, и если да, то как?
- 6 Расшифруйте маркировку каната ЛК-РО 6х36+1ос.
- 7 Что такое маркировочная группа каната?
- 8 Канат какой длины необходим для запасовки каждого полиспаста, применяемого в процессе монтажа?
- 9 Что такое полиспаст прямого действия, обратного действия?
- 10 Чему будет равно потребное для стягивания опор усилие полиспаста при угле наклона опор, равном  $90^\circ$ ?
- 11 Какие, с вашей точки зрения, этапы рассматриваемого процесса являются наиболее опасными, почему?
- 12 Как, по вашему, должна выполняться операция выключения двигателей лебедок по окончании монтажа?
- 13 Перечислите и охарактеризуйте виды монтажных работ.
- 14 Перечислите и охарактеризуйте виды монтажной документации.
- 15 Как называется главный документ, регламентирующий порядок и методы ведения монтажных работ? Какой организацией он разрабатывается, и что включает?
- 16 Какие документы могут использоваться вместо проекта производства работ, и в каких случаях?
- 17 Какие работы входят в подготовку оборудования к монтажу? Какими организациями они выполняются?
- 18 Какие строительные объекты подлежат приемке под монтаж? Какие документы регламентируют порядок сдачи-приемки?

- 19 Для чего, и как разбиваются главные монтажные оси?
- 20 Что такое высотный репер, для чего он нужен, как он может выглядеть? Что такое геодезическое обоснование фундамента?
- 21 Фундамент, его состав, порядок приемки? Что такое «скрытые работы»?
- 22 Сравнительный анализ (достоинства и недостатки) канатных и цепных строп.
- 23 Виды, конструкция, области применения канатных строп.
- 24 Монтажные блоки и полиспасты, типы, конструкция, выбор диаметра блоков.
- 25 Стреловые самоходные краны: типы, характеристики, достоинства, недостатки.
- 26 Выбор монтажного крана.
- 27 Проверка и испытание такелажного оборудования.
- 28 Какие работы относят к такелажным? Выполнение погрузочно-разгрузочных работ, увязка и крепление груза.
- 29 Строповка и расстроповка. Требования к операциям и способы их выполнения.
- 30 Способы подъема мостов кранами.
- 31 Способы подъема мостов мачтами. Как осуществляется подъем сверхтяжелых конструкций на большую высоту.
- 32 Способы подъема тяжелых вертикальных конструкций.
- 33 Монтаж металлических конструкций. Виды соединений.
- 34 Монтаж зубчатых и червячных передач.
- 35 Статическая и динамическая балансировка деталей. Причины, последствия, способы измерения и устранения дисбаланса?
- 36 Монтаж тормозов.
- 37 Монтаж ходовых колес и крановых путей.
- 38 Монтаж канатных барабанов. Запасовка каната
- 39 Монтаж барабанов, роlikоопор и навешивание ленты ленточных транспортеров.
- 40 Условия поставки, последовательность выполнения монтажных работ при монтаже мостовых кранов.
- 41 Способы подъема мостов кранами.
- 42 Способы подъема мостов мачтами.

- 43 Способы подъема тяжелых вертикальных конструкций.
- 44 Монтаж металлических конструкций. Виды соединений.
- 45 Монтаж зубчатых и червячных передач.
- 46 Статическая и динамическая балансировка деталей. Причины, последствия, способы измерения и устранения дисбаланса.
- 47 Монтаж тормозов.
- 48 Монтаж ходовых колес и крановых путей.
- 49 Монтаж канатных барабанов. Запасовка каната
- 50 Монтаж барабанов, роликоопор и навешивание ленты ленточных транспортеров.
- 51 Условия поставки, последовательность выполнения монтажных работ при монтаже мостовых кранов.
- 52 Монтаж башенных строительных кранов методом подрачивания.
- 53 Пусконаладочные работы, испытания и сдача кранов в эксплуатацию.
- 54 Общие вопросы техники безопасности при монтаже ПТМ.
- 55 Специальные меры безопасности при монтаже ПТМ.
- 56 Как выполняются разборка, контроль и дефектация деталей?
- 57 Методы получения необходимой точности сопряжений при сборке узлов и машин после ремонта.
- 58 Ремонт деталей механической обработкой.
- 59 Ремонт слесарно-механической обработкой и обработкой давлением.
- 60 Ремонтная документация.
- 61 Ремонт барабанов и блоков.
- 62 Ремонт тормозов, муфт и ходовых колес.
- 63 Ремонт конвейерных лент и тяговых цепей.
- 64 Ремонт звездочек, опорных роликов и катков.
- 65 Ремонт металлических конструкций.

### **3.5 Пример выполнения работы**

#### **Исходные данные**

Предположим, имеется представленный в таблице 3.2 набор исходных данных, соответствующий варианту 21.



Таблица 3.2 – Набор данных для примерного расчета

Вариант	Масса моста, т	Масса каждой опоры, т	Ширина моста по осям шарниров, м	Длины опор, м	Кратность полиспаста	Расстояние от шарнира до ЦТ опор, в долях их длины	Номера вопроса в для ответа
21	250	45	12	30	16	0,4	

В дополнение к этому необходимо ответить на вопросы, номера которых указаны в Вашем варианте задания.

**Решение:**

Определяем расстояния  $l, l_1, l_2, l_3$ :

Из геометрических соотношений рисунка 3.1 и исходных данных для угла  $15^\circ$  находим:

$$l_1 = 30(1-0,4) \cdot \cos 25^\circ = 18 \cdot 0,9659 = 16,3\text{м};$$

$$l_2 = 30 \cdot \cos 25^\circ + 12/2 = 33,2\text{м};$$

$$l_3 = l_2 + 6 + 30 \cdot 0,4 \cdot \cos 25^\circ = 33,2 + 6 + 11,6 = 50,1\text{м};$$

$$l = l_2 \cdot 2 = 66,4\text{м}.$$

Определяем усилие, действующее вдоль опоры крана из выражения (3.1):

$$P = g(2m_1l_1 + m_2l_2 + 2m_3l_3) / l \sin \alpha = \\ = 9,81(2 \cdot 75 \cdot 16,3 + 250 \cdot 33,2 + 2 \cdot 75 \cdot 50,1) / 66,4 \cdot 0,4226 = 4990,7 \text{ кН}.$$

Определяем сопротивление движению тележки и провороту шарниров из выражения (3.3):

$$F_T = P f \sin \alpha = 4990,7 \cdot 0,01 \cdot 0,4226 = 21,1 \text{ кН}.$$

Определяем необходимое для стягивания опор усилие двух полиспастов из выражения (3.2):

$$P_c = P \cos \alpha + F_T = 4990,7 \cdot 0,9063 + 21,1 = 4544,2 \text{ кН}.$$

Определяем необходимое тяговое усилие одного полиспаста из выражения (3.4):

$$P_n = P_c \times K_z / i = 4544.2 * 1,2 / 2 = 2726.5 \text{ кН.}$$

Прорисовка полиспаста показала, что для обеспечения кратности полиспаста, равной 16, необходимо составить полиспаст из 15 блоков (8 подвижных и 7 неподвижных) и закрепить второй конец каната на обойме неподвижных блоков.

Максимальное натяжение каната определим из выражения (3.5):

$$S_n = P_n \frac{1 - \eta_1}{(1 - \eta_1^n)} = 2726.5 * \frac{1 - 0.98}{(1 - 0.98^{16})} = 197.4 \text{ кН}$$

Определяем разрывное усилие каната, принимая коэффициент запаса прочности равным 3,5, что соответствует отношению D/d= 12 - 15:

$$R_T = S \times K_s = 197.4 * 3,5 = 691 \text{ кН.}$$

Для этого, и других значений угла результаты расчетов представлены в таблице 3.3.

*Таблица 3.3 – Результаты расчета разрывного усилия каната*

Угол $\alpha$	25	35	45	55	65	75
Расстояние l1, м	16,3	14,7	12,7	10,3	7,6	4,7
Расстояние l2, м	33,2	30,6	27,2	23,2	18,7	13,8
Расстояние l3, м	50,1	46,4	41,7	36,1	29,8	22,9
Расстояние l, м	66,4	61,2	54,4	46,4	37,4	27,6
Усилие P, кН	4990,7	3674,7	2982,8	2574,8	2327,2	2183,6
Сопротивление F <sub>T</sub> , кН	21,1	21,1	21,1	21,1	21,1	21,1
Усилие P <sub>c</sub> , кН	4544,2	3031,2	2130,3	1497,9	1004,6	586,3
Тяговое усилие полиспаста	2726,52	1818,72	1278,18	898,74	602,76	351,78
Макс. Натяжение каната	197,4	131,7	92,6	65,1	43,6	25,5
Разрывное усилие каната	690,9	460,95	324,1	227,85	152,6	89,25

Принимаем канат ЛК-РО 6\*36 диаметром 36.5 мм. Маркировочная группа 1764 МПа. Разрывное усилие 703,5 кН.

Определяем минимальный диаметр блока полиспаста

$$D = 15 * d_k = 15 * 36.5 = 547.5 \text{ мм.}$$

Принимаем диаметр блока равным ближайшему большему значению по нормальному ряду Ra 40, ГОСТ 6636 – 69.  $D = 560 \text{ мм.}$

Определяем минимальную потребную канатоемкость барабана лебедки как длину каната  $L_{\text{max}}$ , необходимую для запасовки растянутого полиспаста с учетом длины каната до лебедки. При этом считаем, что длина каната от полиспаста до лебедки равна  $L_1 = 10 \text{ м}$ , а блоки крепятся к опорам непосредственно. Запас длины каната  $L_z$  принимаем равным 10 м.

Длина полиспаста в растянутом виде  $L_p$  примерно равна начальному значению расстояния между опорами  $l$ ,  $L_p \approx 66.4 \text{ м}$ ;

Длина каната, необходимого для запасовки полиспаста

$$L_{\text{max}} = (L_p - D) * a + m/2 * \pi D = (66,4 - 56) * 16 + 15/2 * 3,14 * 0,56 = 1066,6 \text{ м};$$

Минимальная канатоемкость барабана

$$L_{\text{max}} + L_l + L_z = 1066.6 + 10 + 10 = 1086,6 \text{ м.}$$

## ЛИТЕРАТУРА

Ивашков, И.И. Монтаж, эксплуатация и ремонт подъемно-транспортных машин: Учебник для студентов вузов по специальности "Подъемно-транспортные, строительные и дорожные машины и оборудование". – 2-е изд. – М.: Машиностроение, 1991. – 400 с.: ил.