

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5 ИЗУЧЕНИЕ РАБОТЫ ПОЛИСПАСТНОЙ СИСТЕМЫ И КОНСТРУКЦИЙ КРЮКОВЫХ ПОДВЕСОК

Цель работы: изучение устройства и разновидностей полиспастов; определение усилия в канате полиспастной системы; изучение конструкций крюковых подвесок.

Инструменты: динамометр.

Подготовка к выполнению лабораторной работы: ознакомиться с теоретическим материалом по грузоподъемным устройствам [5, с. 82–86, с. 115–121; 6, с. 524–534].

Общие сведения

Полиспасты применяют в механизмах подъема для уменьшения натяжения каната. Благодаря этому можно увеличить грузоподъемность, используя один и тот же канат. По конструкции различают одинарные (простые) и сдвоенные полиспасты. В одинарных полиспастах (рис. 5.1, *а–в*) один конец каната закреплен на барабане, а второй конец фиксируется при четной кратности (рис. 5.1, *а* и *в*) – на неподвижном элементе конструкции, а при нечетной кратности (рис. 5.1, *б*) – на крюковой подвеске. Применяют такие полиспасты, когда в конструкции грузоподъемных устройств (стреловые краны и др.) присутствуют обводные блоки, предотвращающие при подъеме (опускании) горизонтальное перемещение груза.

Для обеспечения строгого вертикального подъема груза в кранах, у которых нет обводных блоков (мостовые, козловые краны и др.), применяют сдвоенные полиспасты (рис. 5.1, *г–е*). В этом случае на барабане закрепляют оба конца каната.

По конструкции (рис. 5.2) полиспаст состоит из крюковой подвески *1* с подвижными блоками *2*, каната *3*, обводных *4* или уравнивательных *7* блоков (в зависимости от типа полиспаста), барабана *5* и неподвижного крепления второго конца каната (при простом полиспасте).

Крюковую подвеску в полиспастной системе используют для получения подвижного соединения между грузозахватным устрой-

ством (крюк, грейфер и т. д.) и грузонесущим гибким органом (канат, цепь).

Канат в полиспастной системе является гибкой связью между барабаном и подвеской, он воспринимает нагрузку от подвешенного груза, захватного устройства и самой подвески и позволяет в грузоподъемных устройствах выполнять операции по подъему, опусканию и подвешиванию груза.

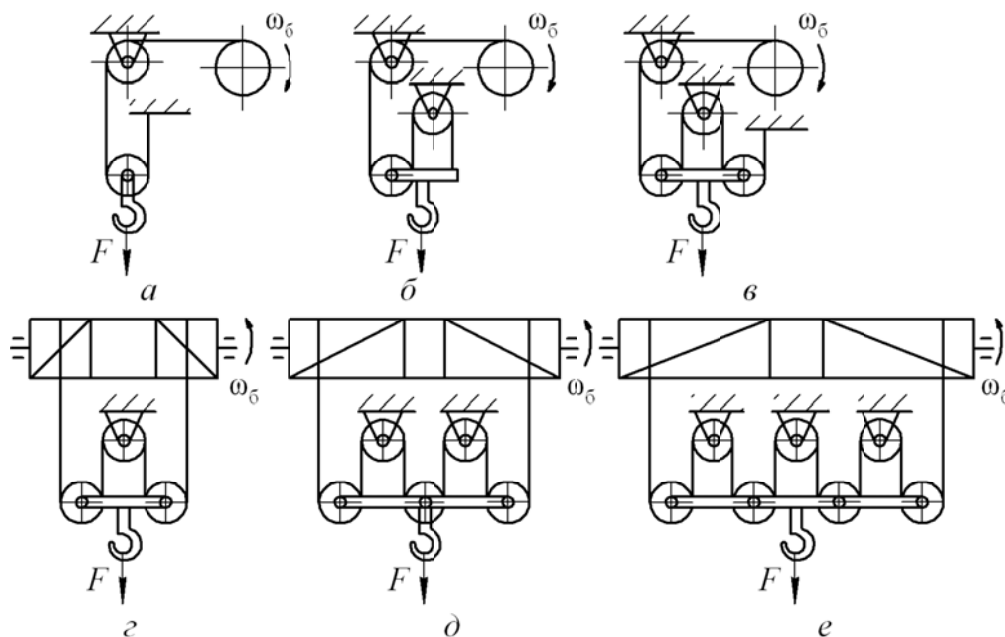


Рис. 5.1. Схемы полиспастов:

- a* – простой двукратный; *б* – простой трехкратный; *в* – простой четырехкратный;
- г* – сдвоенный двукратный; *д* – сдвоенный трехкратный;
- е* – сдвоенный четырехкратный

Обводные блоки в полиспасте служат для изменения направления каната и обеспечения вертикальности подъема груза при использовании простого (одинарного) полиспаста. Для выравнивания нагрузки на опоры барабана и обеспечения вертикальности подъема груза в сдвоенном полиспасте применяют уравнивательные блоки.

Основной характеристикой полиспаста является кратность, которую определяют как отношение числа несущих ветвей каната (поднимающих груз) к числу ветвей каната, наматываемых на барабан, или отношение окружной скорости барабана по средней линии навитого каната к скорости подъема груза:

$$U_{\text{п}} = \frac{n_{\text{н}}}{n_{\text{б}}} = \frac{V_{\text{б}}}{V_{\text{гр}}}, \quad (5.1)$$

где $n_{\text{н}}$ – число несущих ветвей в полиспасте, шт.; $n_{\text{б}}$ – число ветвей, наматываемых на барабан, шт.; $V_{\text{б}}$ – окружная скорость на барабане, м/с; $V_{\text{гр}}$ – скорость подъема груза, м/с.

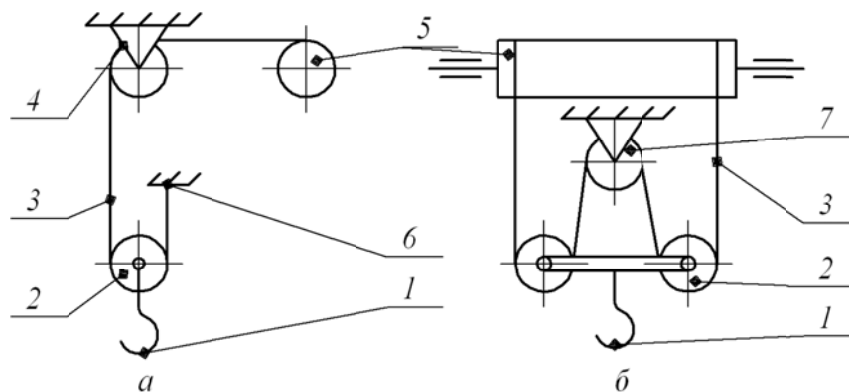


Рис. 5.2. Элементы полиспастов: *а* – простого; *б* – двойного;
 1 – крюковая подвеска; 2 – подвижный блок; 3 – канат; 4 – обводной блок;
 5 – барабан; 6 – крепление свободной ветви каната; 7 – уравнильный блок

Усилие в канате при использовании полиспастной системы рассчитывается по формуле

$$F_{\text{к}} = \frac{Qg}{aU_{\text{п}}\eta_{\text{o}}}, \quad (5.2)$$

где Q – номинальная грузоподъемность, кг; g – ускорение свободного падения, м/с²; a – количество ветвей каната, наматываемых на барабан; η_{o} – общий коэффициент полезного действия (КПД) полиспаста и обводных блоков.

Общий КПД полиспаста и обводных блоков учитывает потери от сил трения каната о канавки блоков, потери, которые связаны с усилиями, необходимыми на перегибы каната на блоках и барабане, а также потери в подшипниках. Вычисляется КПД полиспаста и обводных блоков по следующей формуле:

$$\eta_{\text{o}} = \eta_{\text{п}}\eta_{\text{об}}, \quad (5.3)$$

где $\eta_{\text{п}}$ – КПД полиспаста; $\eta_{\text{об}}$ – КПД обводных блоков.

Коэффициент полезного действия силового полиспаста находится из выражения

$$\eta_{\text{п}} = \frac{1 - (\eta_{\text{бл}})^{U_{\text{п}}}}{U_{\text{п}} (1 - \eta_{\text{бл}})}, \quad (5.4)$$

где $\eta_{\text{бл}}$ – КПД одного блока. Значения КПД блоков принимают по табл. 5.1.

Коэффициент полезного действия обводных блоков определяется по формуле

$$\eta_{\text{об}} = (\eta_{\text{бл}})^Z, \quad (5.5)$$

где Z – количество обводных блоков.

Таблица 5.1

Коэффициент полезного действия блоков

Тип подшипника	Условия смазки	$\eta_{\text{бл}}$	$(\eta_{\text{бл}})^2$	$(\eta_{\text{бл}})^3$	$(\eta_{\text{бл}})^4$	$(\eta_{\text{бл}})^5$
Скольжения	Плохие	0,940	0,884	0,83	0,782	0,740
	Нормальные	0,960	0,922	0,885	0,850	0,815
Качения	Плохие	0,970	0,941	0,913	0,886	0,860
	Нормальные	0,980	0,960	0,942	0,922	0,905

Скорость подъема груза для привода с редуктором рассчитывается по формуле

$$V_{\text{гр}} = \frac{\pi D n_{\text{дв}}}{a U_{\text{п}} U_{\text{ред}}}, \quad (5.6)$$

где D – диаметр барабана, м; $n_{\text{дв}}$ – частота вращения двигателя, мин⁻¹; $U_{\text{ред}}$ – общее передаточное число редуктора.

Крюковая подвеска предназначена для получения подвижного соединения крюка с гибким несущим элементом механизма подъема (канатом, цепью и т. д.) при использовании в нем полиспастной системы. Крюковая подвеска в механизме подъема является одним из наиболее важных узлов, испытывающих значительные рабочие нагрузки. Исходя из требуемых от крана функциональных характеристик, подвески бывают разных видов. Подвески крюковые отличаются по грузоподъемности, числу блоков, а также виду крепления траверсы. В зависимости от количества блоков различают одноблочные и многоблочные подвески.

Применительно к виду крепления траверсы крюковые подвески бывают нормальные (рис. 5.3) или укороченные (рис. 5.4). Нормаль-

ная крюковая подвеска применяется в механизмах подъема любого типа и при любой кратности полиспаста и включает в себя следующие основные элементы: ось крепления каната *1*, за которую крепится свободный конец каната при формировании нечетной кратности полиспаста; серьгу *2*, соединяющую траверсу *10* с осью блоков *5*; блоков *6*, установленных на подшипниках качения *4*; крюка *11* с замком *12* и нарезным хвостовиком, на котором завинчена гайка *8*, фиксируемая стопорной торцевой шайбой *14*; защитных листов *3*, стопорных планок *7* и фиксирующих болтов *13*.

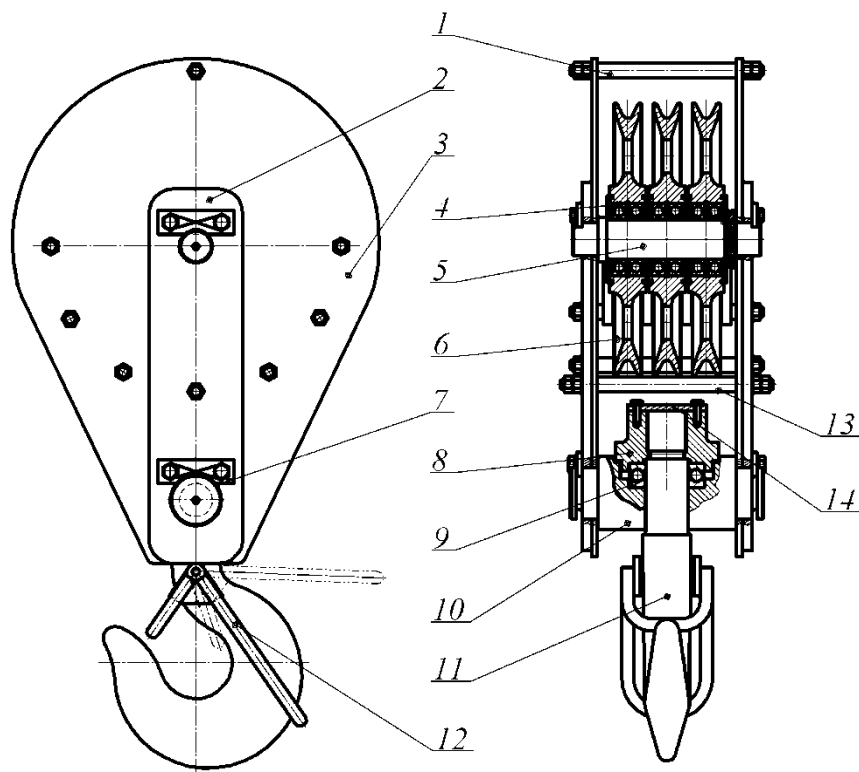


Рис. 5.3. Нормальная крюковая подвеска:

- 1* – ось крепления каната; *2* – серьга; *3* – защитный лист (щека);
4 – радиальный подшипник; *5* – ось блоков; *6* – блок; *7* – стопорная планка;
8 – гайка; *9* – упорный подшипник; *10* – траверса; *11* – крюк; *12* – замок;
13 – фиксирующие болты; *14* – стопорная торцевая шайба

Укороченная крюковая подвеска применяется исключительно при четной кратности полиспаста и всегда в своей конструкции имеет четное количество блоков. Подвеска является укороченной из-за того, что блоки закреплены непосредственно на траверсе, благодаря чему

она имеет меньшие габаритные размеры в сравнении с нормальной. Такая подвеска (рис. 5.4) состоит из траверсы 11, на цапфах которой закрепляются блоки 2, установленные на радиальных подшипниках 10; крюка 7 с удлиненным хвостовиком и замком 8; гайки 3, зафиксированной на хвостовике крюка стопорной шайбой 9; крышек 1, защитного корпуса 6 и стопорных шайб 5.

При нагрузках более 3 т целесообразным является использование в конструкциях подвесок подшипников качения. При меньших нагрузках – подшипников скольжения.

Непосредственно на крюке устанавливают замок, позволяющий фиксировать стропу в крюке на время рабочего переноса грузов. Этот простой, но весьма эффективный механизм позволяет избежать несчастных случаев при выполнении погрузочно-разгрузочных операций, а также защитить от повреждений рабочие элементы крана.

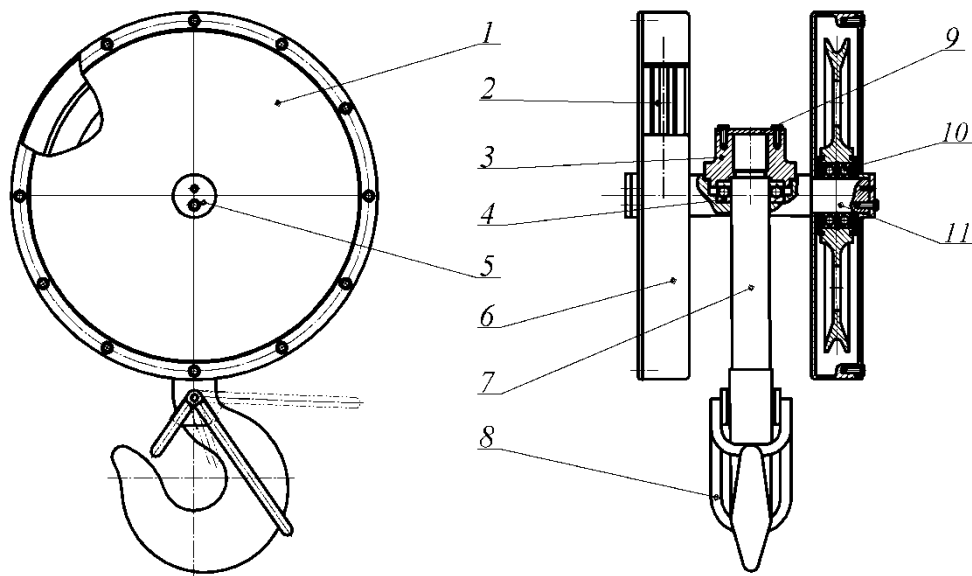


Рис. 5.4. Укороченная крюковая подвеска:

- 1 – крышка защитного корпуса; 2 – блок; 3 – гайка; 4 – упорный подшипник;
 5 – стопорная шайба; 6 – защитный корпус; 7 – крюк; 8 – замок;
 9 – стопорная торцевая шайба; 10 – радиальный подшипник; 11 – траверса

Описание лабораторной установки

Установка по изучению работы полиспастной системы представляет собой механизм подъема с простым полиспастом, смонтиро-

ванный на металлической рамной конструкции. Кинематическая схема установки представлена на рис. 5.5.

Лабораторная установка состоит из двигателя *1*, от которого с помощью соединительной муфты *2* крутящий момент передается на входной вал двухступенчатого цилиндрического редуктора *3*. Редуктор в приводе при снижении угловой скорости на выходном валу увеличивает крутящий момент, за счет чего увеличивается тяговая сила на приводном барабане *5*, а вместе с тем и грузоподъемность. Крутящий момент с выходного вала редуктора на барабан передается соединительной муфтой *4*. Для исключения возможности самопроизвольного опускания груза под действием собственного веса на вал барабана установлен храповый останов *6*. На приводной барабан *5*, установленный в подшипниковых опорах *7*, наматывается канат *10*, в ветви которого монтируется динамометр *9*. Для формирования различной кратности полиспаста установка включает подвижные блоки, смонтированные в подвеске *8*, блоки *11* на закрепленной оси и опору *12* для крепления свободной ветви каната при четной кратности полиспаста.

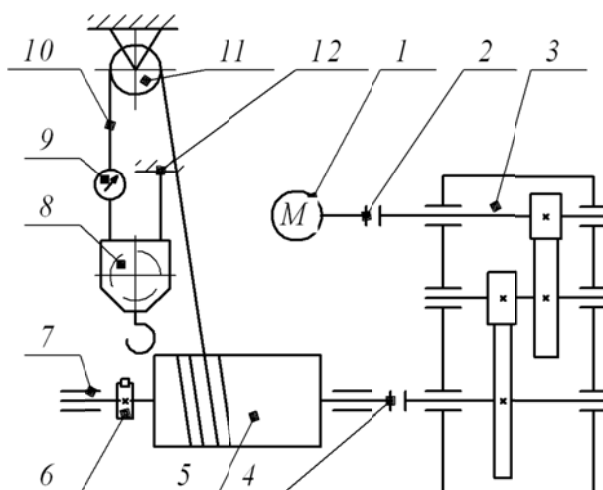


Рис. 5.5. Кинематическая схема лабораторной установки:

- 1* – двигатель; *2*, *4* – соединительная муфта; *3* – редуктор; *5* – барабан;
- 6* – храповый останов; *7* – подшипниковая опора; *8* – крюковая подвеска;
- 9* – динамометр; *10* – канат; *11* – неподвижный блок;
- 12* – опора крепления свободной ветви каната

Порядок выполнения лабораторной работы

Изучение устройства и принципа действия установки механизма подъема

1. Привести кинематическую схему лабораторной установки (рис. 5.5), дать ее описание.
2. Подсчитать число зубьев колес редуктора Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 и определить его общее передаточное число по формуле

$$U_{\text{ред}} = \frac{Z_2 Z_4}{Z_1 Z_3}.$$

Изучение устройства и принципа работы полиспаста

1. Подвесить к канату динамометр, на котором зафиксировать груз массой до 30 кг (по согласованию с преподавателем), и измерить по динамометру его вес (вместе с захватным устройством, на котором монтируются гири), который в дальнейших исследованиях и расчетах принять за номинальную грузоподъемность F .
2. Произвести монтаж простых полиспастов с кратностью 2, 3, 4 и при помощи динамометра, замерить натяжение в канате. Перед каждой навеской груза вращением внешнего кольца выставить стрелку динамометра на ноль.
3. Определить по формуле (5.4) КПД полиспаста, далее по выражению (5.2) рассчитать теоретическое натяжение в канате. По формуле (5.6) вычислить скорость подъема груза, приняв частоту вращения двигателя $n_{\text{дв}} = 680 \text{ мин}^{-1}$. Результаты свести в табл. 5.2.

Таблица 5.2

Результаты изучения полиспаста

Параметры и обозначения	Без полиспаста	При полиспасте с кратностью		
		2	3	4
Общий КПД η_0				
Теоретическое натяжение в канате $F_k, \text{ Н}$				
Измеренное натяжение в канате $F, \text{ Н}$				
Расчетная скорость подъема груза $V_{\text{гр}}, \text{ м/мин}$				

Изучение конструкций нормальной и укороченной подвесок

Изучить конструкции и составить кинематические схемы нормальной и укороченной подвесок.

Содержание отчета

Отчет должен содержать: название и цель лабораторной работы; кинематические схемы простого и сдвоенного полиспастов кратностью 2, 3 и 4; кинематическую схему и описание устройства лабораторной установки; таблицу параметров изучаемой полиспастной системы (табл. 5.2); кинематические схемы и описание конструкций нормальной и укороченной крюковых подвесок; условия прочности, по которым рассчитывают серьгу, траверсу и ось блока нормальной подвески.

Контрольные вопросы

1. Назначение полиспаста. Классификация. 2. В каких случаях целесообразным является применение простых полиспастов, а в каких сдвоенных? 3. Как определяется кратность полиспаста? 4. Преимущества и недостатки сдвоенного полиспаста в сравнении с простым. 5. Назначение, разновидности и устройство крюковых подвесок. 6. Назначение каната, обводных и уравнивающих блоков, используемых в полиспастах. 7. Чем объясняется снижение КПД полиспаста при увеличении его кратности?