

**Н.Ф. МАЙНИКОВА**

---

---

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
ВСТРАИВАЕМЫХ  
МЕХАНИЗМОВ ПОДЪЕМА  
И ПЕРЕДВИЖЕНИЯ ТАЛЕЙ**

---

---

**ИЗДАТЕЛЬСТВО ТГТУ**

Министерство образования и науки Российской Федерации  
ГОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»

**Н.Ф. МАЙНИКОВА**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
ВСТРАИВАЕМЫХ МЕХАНИЗМОВ  
ПОДЪЕМА  
И ПЕРЕДВИЖЕНИЯ ТАЛЕЙ**

Утверждено Ученым советом ТГТУ в качестве учебно-методического пособия  
по выполнению курсового проекта  
для студентов 3–4 курсов специальностей 120100, 170500, 170600, 311300, 311900



---

Тамбов  
Издательство ТГТУ  
2007

Министерство образования и науки Российской Федерации  
ГОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»

**Н.Ф. МАЙНИКОВА**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
ВСТРАИВАЕМЫХ МЕХАНИЗМОВ  
ПОДЪЕМА  
И ПЕРЕДВИЖЕНИЯ ТАЛЕЙ**

Утверждено Ученым советом ТГТУ в качестве учебного пособия  
по выполнению курсового проекта  
для студентов 3–4 курсов специальностей 120100, 170500, 170600, 311300, 311900



---

Тамбов  
Издательство ТГТУ  
2007

УДК 621.861.8(07)  
ББК О921.3я73-5  
М146

**Р е ц е н з е н т ы:**

Кандидат технических наук  
старший научный сотрудник лаборатории № 6 Государственного научного учреждения  
«Всероссийский научно-исследовательский и проектно-технологический институт  
по использованию техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»  
*А.В. Балашов*

Доктор технических наук, профессор  
ГОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»  
*В.Ф. Першин*

**Майникова, Н.Ф.**

М146 Проектирование встраиваемых механизмов подъема и передвижения талей : учебно-методическое пособие / Н.Ф. Майникова. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2007. – 36 с. – 200 экз. – ISBN 5-8265-0561-3 (978-5-8265-0561-8).

Даны общие указания по проектированию встраиваемых механизмов подъема и передвижения грузоподъемных машин на примере конструкций талей. Даны описания отдельных узлов и элементов конструкции, а именно механизмов передвижения и подъема, схем и чертежей, иллюстрирующих работу грузоупорных и колодочных тормозов. Справочный материал изложен в виде таблиц в приложении. Приведен список рекомендуемой литературы. Сформулированы задания на курсовой проект.

Предназначено для студентов специальностей 120100, 170500, 170600, 311300, 311900 при изучении дисциплин: «Детали машин и основы конструирования», «Детали машин и монтажные механизмы», «Грузоподъемные машины», «Подъемно-транспортные машины» и выполняющих курсовые проекты по данным дисциплинам.

УДК 621.861.8(07)  
ББК О921.3я73-5

**ISBN 5-8265-0561-3**  
**(978-5-8265-0561-8)**

© ГОУ ВПО «Тамбовский государственный  
технический университет» (ТГТУ), 2007

Учебное издание

МАЙНИКОВА Нина Филипповна

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВСТРАИВАЕМЫХ МЕХАНИЗМОВ ПОДЪЕМА И ПЕРЕДВИЖЕНИЯ ТАЛЕЙ

Учебно-методическое пособие

Редактор З.Г. Чернова  
Компьютерное макетирование Е.В. Кораблевой

Подписано в печать 12.01.2007  
Формат 60 × 84/8. 4,19 усл. печ. л. Тираж 200 экз. Заказ № 38

Издательско-полиграфический центр ТГТУ  
392000, Тамбов, Советская, 106, к. 14

## ВВЕДЕНИЕ

В качестве объектов для обучения конструированию в пособии рассматриваются встраиваемые механизмы подъема и перемещения грузоподъемных машин на примере конструкций талей, которые находят широкое применение как средства механизации машиностроительного и других производств.

Данное пособие должно способствовать развитию конструкторского мышления студента, творческому подходу к решению не только отдельных конструкторских задач проектирования деталей и различных узлов машин, а освоению принципов конструирования машин в целом.

Первой проблемой, которую решает студент при выполнении проекта, является выбор общей компоновки машины, удовлетворяющей заданным параметрам (грузоподъемности, скорости и высоты подъема груза, скорости горизонтального передвижения и т.п.). Приняв с помощью преподавателя оптимальное решение по компоновке машины, студент переходит к решению проблем, связанных с компоновкой отдельных узлов. При разработке утвержденной преподавателем компоновки узла возникает необходимость решения ряда очередных вопросов, для чего студенту приходится проводить анализ целесообразности применения в данном узле того или иного конструктивного решения (выбора типа опор, типа соединений для передачи крутящих моментов, методов стопорения, регулировки зазоров и т.д.). Большое внимание при конструировании обращается на технологичность, металлоемкость, экономичность, удобство монтажа, демонтажа и обслуживания. Оптимальность выбранных конструктивных решений в конечном итоге определяет качество проектируемой машины.

## 1. УСТРОЙСТВО ТАЛЕЙ

Таль – грузоподъемное устройство с ручным, электрическим или пневматическим приводом, подвешиваемое к балкам или специальным тележкам, перемещающимся по подвесному монорельсовому пути.

Тали предназначены для подъема, опускания и горизонтального перемещения груза, подвешенного на крюковой подвеске. Отличительным признаком тали является компактность. Промышленностью выпускаются тали грузоподъемностью от 0,25 до 16 тонн с электроприводом и тали ручные грузоподъемностью: 1; 3,2; 5 и 8 тонн. Высота и скорость подъема груза талей соответственно не более 30 м и  $0,05 \dots 0,15 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$  [1–9].

### 1.1. РУЧНЫЕ ТАЛИ

Ручные тали (с ручным приводом) производят подъем груза с помощью грузовых пластинчатых или сварных комбинированных цепей, приводимых в движение вручную с помощью звездочек. Часто грузовая цепь образует полиспасть кратностью 2; 3 и реже 4 [1–8]. Различают червячные и шестеренные ручные тали.

На рис. 1 представлен механизм подъема ручной червячной тали. Подъемный механизм включает в себя тяговую звездочку 1, закрепленную на быстроходном валу 2 червячного редуктора. Подъем груза осуществляется с помощью сварной тяговой цепи (на рис. 1 не показана). Барабаны 4 размещены с двух сторон тихоходного вала 3. Обычно в этом случае используется сдвоенный полиспасть (разрез А–А, рис. 1), уравнительный блок 5 которого закрепляется на корпусе 6 редуктора с помощью кронштейна 7 винтами 8.

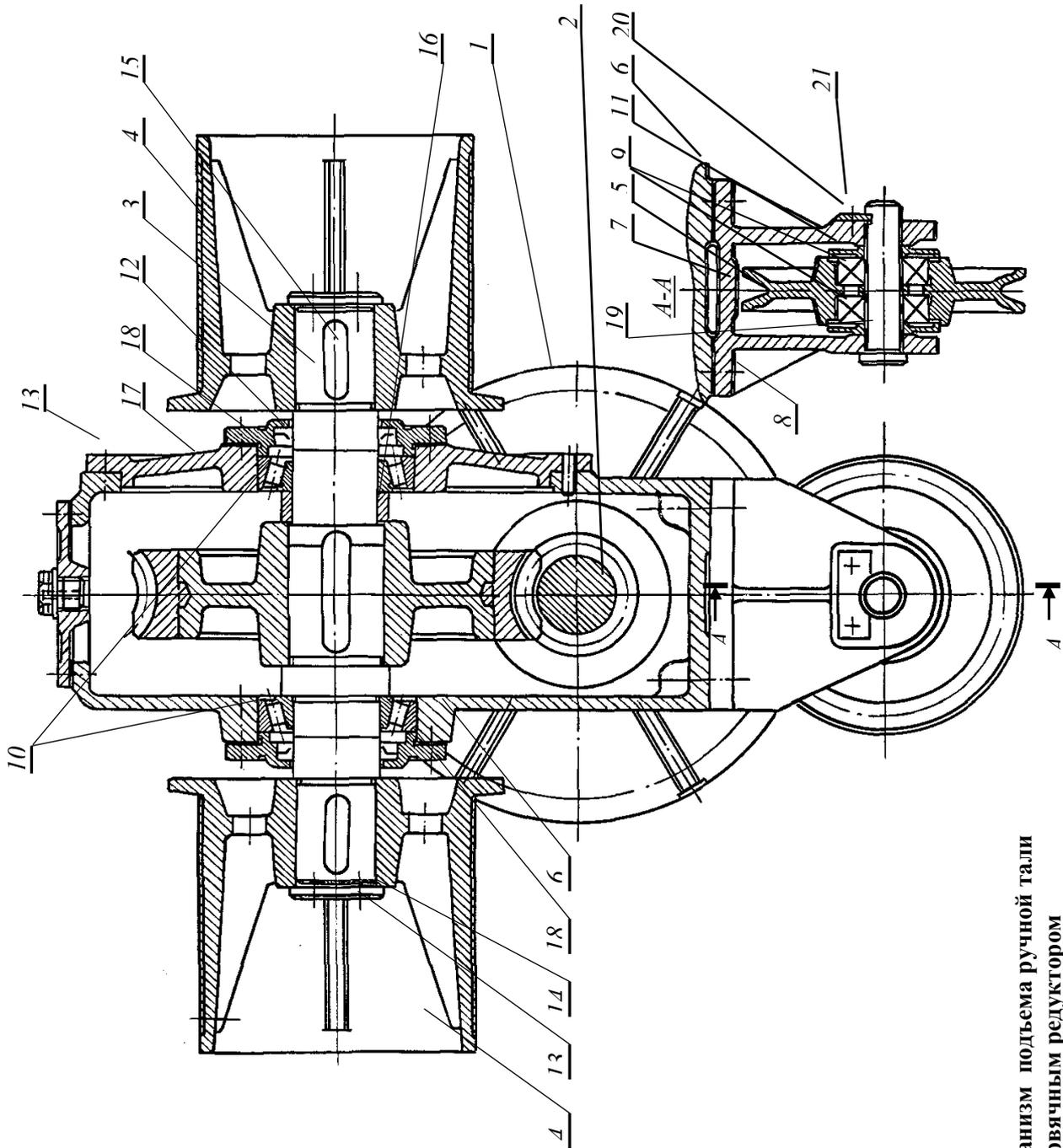


Рис. 1. Механизм подъема ручной тали с червячным редуктором

Конструкция барабанов 4 – литая, с нарезкой. Нарезка канавок на барабанах под канат выполняется в разные стороны. Груз при этом поднимается строго вертикально. Блок 5, валы червяка и колеса установлены на подшипниках качения 9 и 10, закрытых крышками 11 и 18 с манжетами 12 (подшипники и крышки на валу червяка не показаны). Осевое смещение барабанов на валу исключается винтами 13 и торцевой шайбой 14. Передача движения с вала 3 на колесо и барабаны осуществляется с помощью шпонок 15. Смещение колеса 4 вдоль оси вала исключается втулкой 16. Корпус 6 редуктора литой, чугунный, неразъемный. Размер крышки 17 позволяет вынимать (вправо) червячное колесо в сборе с тихоходным валом после отвинчивания винтов 13, червячный вал при этом должен быть вынут через отверстия подшипниковых гнезд вала червяка (на чертеже не показаны). Подшипники уравнивающего блока 5 устанавливаются на оси 19. Осевое перемещение оси 19 исключается ригелем 20, закрепленным винтами 21 к кронштейну 7 и головкой оси слева (разрез А–А, рис. 1).

Механизм подъема ручной червячной тали с пластинчатой грузовой цепью, образующей двукратный полиспаг, детально представлен в работе [8, с. 12–13]. Конструкция механизма подъема шестеренной ручной тали представлена в работе [8, с. 13–14].

Кроме червячных и шестеренных талей с приводом от тягового колеса также применяют тали с приводом от качающейся рукоятки [1–8].

## 1.2. ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ ТАЛИ

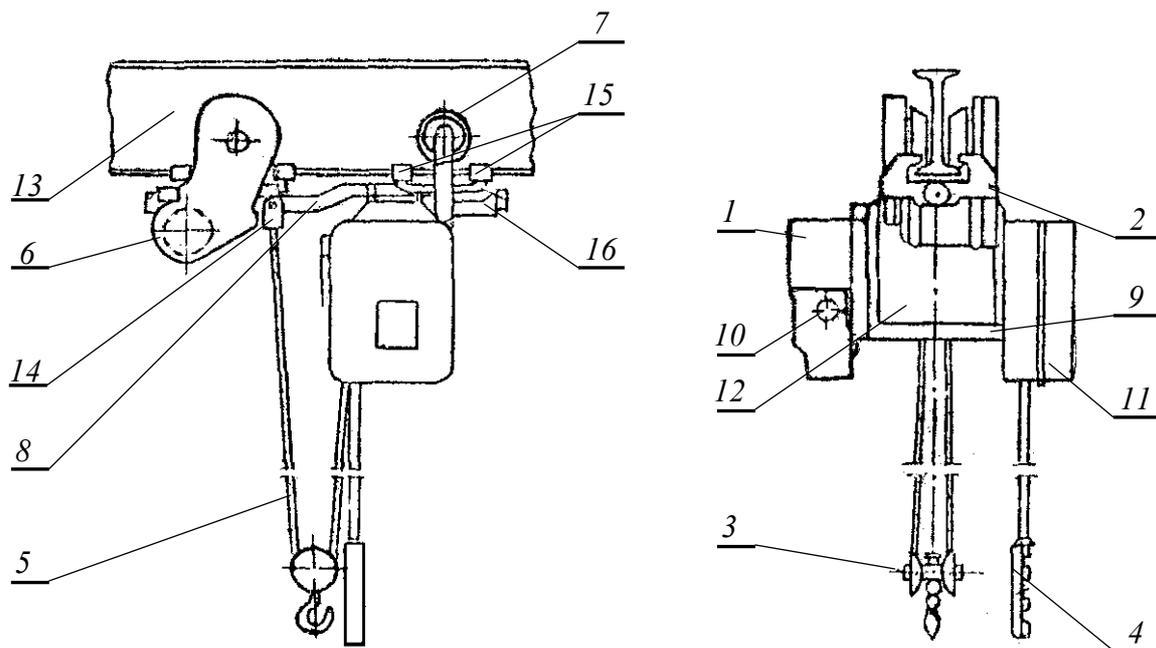
Пневматические тали используют для работы во взрывоопасной среде, в которой использование электродвигателей не допускается. Пневматическая таль имеет механизм подъема, установленный на приводной монорельсовой тележке, и приводную монорельсовую тележку, шарнирно соединенную с неприводной тележкой, с помощью которой она перемещается по подвесному монорельсовому пути. В конструкциях таких талей применяют пневматические ротационные лопастные двигатели со встроенными дисковыми тормозами, располагающиеся в полости барабана [8, с. 17–18].

## 1.3. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ТАЛИ

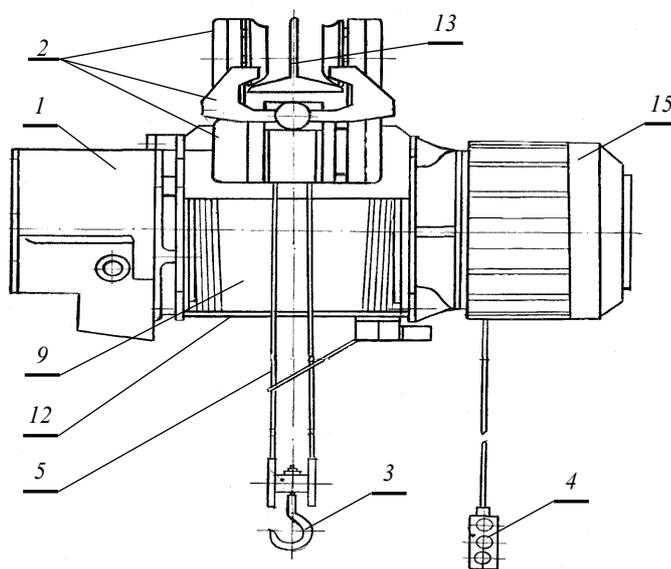
Электрическая таль (рис. 2) состоит из механизмов подъема 1 и передвижения 2, крюковой подвески 3, кнопочной станции 4, грузового каната 5. Управление механизмом подъема тали электрической производят с помощью кнопочной станции, подвешенной к корпусу. Токоподвод выполняют в виде троллей или гибкого кабеля.

Механизм подъема подвешен к траверсе 8, в его состав входят электродвигатель (на рис. 2 не показан), барабан 9 (или мотор-барабан), редуктор 10, шкаф электроаппаратуры 11, крюковая подвеска 3. Барабан или мотор-барабан размещается в литом или сварном корпусе тали 12. На траверсе 8 также закрепляются элементы механизма подъема – уравнительный блок 14 и панель с конечным выключателем (на рис. 2 не показана). Расположение барабана или мотор-барабана относительно рельса 13 может быть поперечным (рис. 2 и 3) или продольным [1, с. 546]. Механизм передвижения включает в себя приводную 6 и холостую 7 тележки, которые шарнирно соединены с траверсой 8. Направляющие ролики 15 и буфер 16 входят в комплектацию приводной и холостой тележек механизма передвижения тали.

Для обеспечения безопасности работ тали оборудуют соответствующими устройствами, большая часть которых действует автоматически [2, с. 112]. При помощи этих устройств отключаются: механизм подъема при достижении крюковой подвеской крайнего верхнего положения, механизм передвижения при подходе ограничителей тали к упорам.



**РИС. 2. КОНСТРУКЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ТАЛИ**



**Рис. 3. Электроталь с фланцевым креплением электродвигателя механизма подъема к корпусу**

На рис. 3 показана электроталь с фланцевым креплением электродвигателя 15 к корпусу 12. Такая конструкция встречается на практике реже, чем с мотором-барабаном, вследствие меньшей компактности, так как конструкция мотор-барабана предусматривает размещение электродвигателя во встраиваемом исполнении внутри барабана (рис. 2, 4, 5, 7).

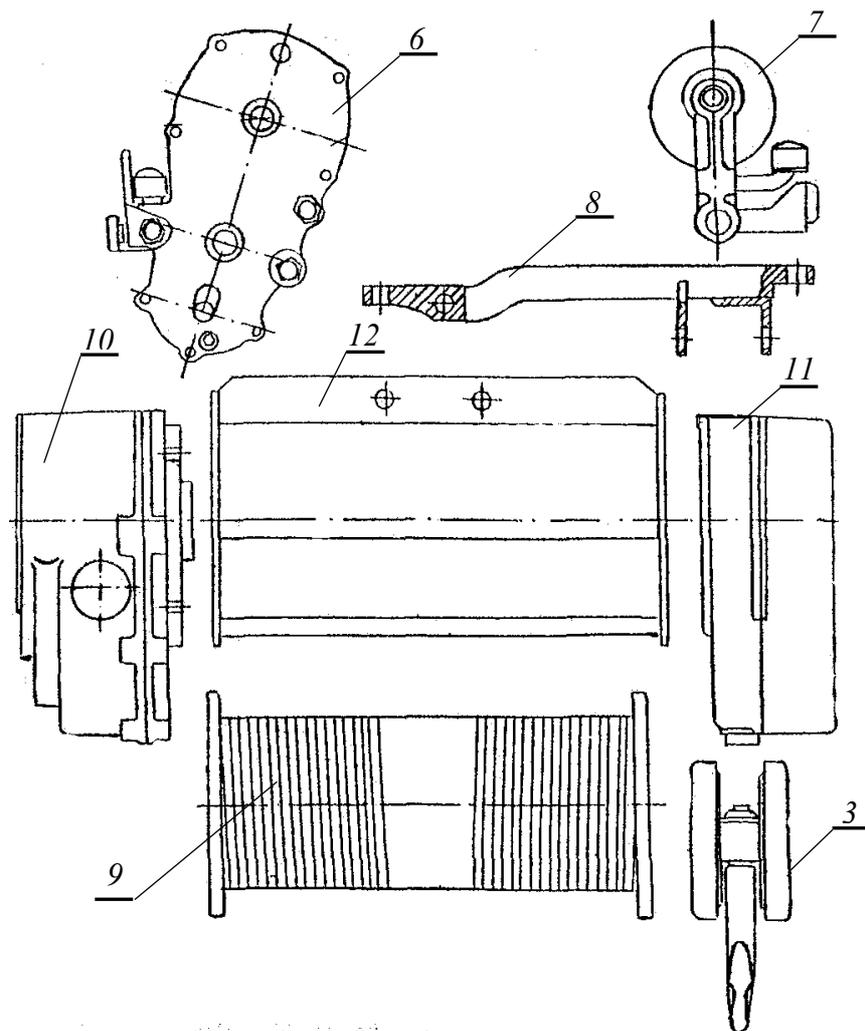
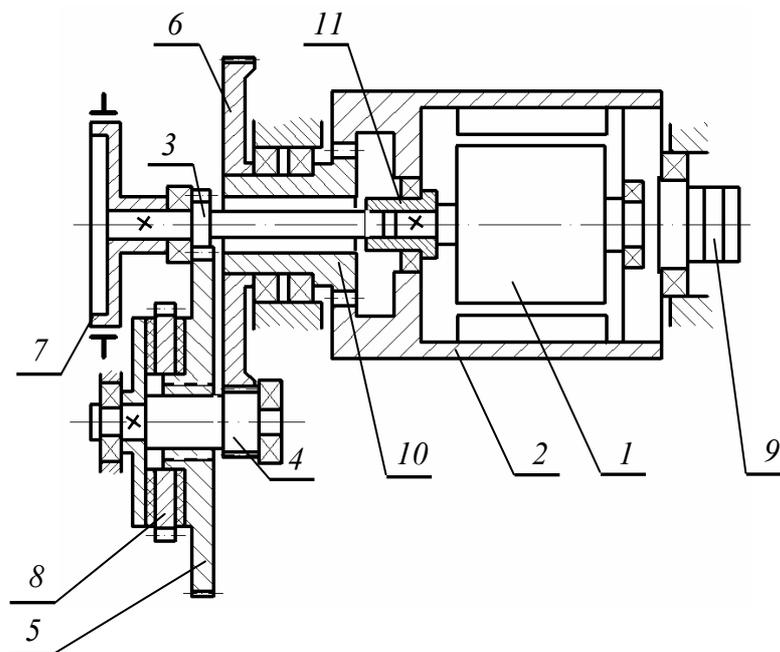


Рис. 4. Основные узлы электротали

В качестве однорельсового пути для талей с грузоподъемностью 1...10 тонн используются двутавры. Номер двутавра назначается в зависимости от грузоподъемности тали.

На рис. 4 показаны отдельно узлы электротали (номера позиций соответствуют рис. 2).

Следует учитывать, что современное производство грузоподъемных машин основывается на создании блочных и унифицированных конструкций (крюковых подвесок, муфт, тормозов и др.), позволяющих получить наиболее высокий технико-экономический эффект при изготовлении и эксплуатации этих машин. Блочной называют конструкцию, состоящую из самостоятельных узлов-блоков, соединенных между собой посредством легкоразъемных соединений. Применение блочных конструкций позволяет выпускать узлы механизмов в законченном виде, что приводит к специализации отдельных цехов и заводов. Специализация производства, в свою очередь, обеспечивает повышение качества изготавливаемых узлов. Применение блочных конструкций позволяет легко отделить от машины узел, требующий ремонта, без разборки смежных узлов. При наличии запасных узлов замену неисправного узла можно производить в короткое время. Кроме того, применение блочных конструкций дает возможность максимально унифицировать отдельные узлы и детали.



**Рис. 5. Схема механизма подъема с двухступенчатым цилиндрическим соосным редуктором**

Позиция 3 на рис. 4 – подвеска крюковая. В состав подвески входят два блока, что соответствует конструкции барабана и типу выбранного полиспаста (сдвоенный полиспаст с кратностью – два) [1–4]. Полиспаст дает возможность уменьшить усилие в канате и величину грузового момента на барабане.

Позиции 6 и 7 – тележки приводная и холостая. Направление колес тележек по моно-рельсу, кроме их реборд, производится горизонтальными направляющими роликами.

В грузовой барабан 9 встроена активная часть (статор и ротор) электродвигателя.

Редуктор 10 – соосный и имеет две пары прямозубых цилиндрических колес. Внутри корпуса редуктора размещают грузоупорный тормоз.

Шкаф 11 подвешивается к корпусу тали 12 с противоположной стороны от редуктора 10. В шкафу размещаются пусковая аппаратура, кольцевой токосъемник и силовые кабели.

Далее в методическом пособии даются описания устройств, принципов действия и расчетов механизмов подъема и передвижения.

## **2. МЕХАНИЗМЫ ПОДЪЕМА ТАЛЕЙ**

### **2.1. УСТРОЙСТВО МЕХАНИЗМА ПОДЪЕМА**

Механизмы подъема имеют разнообразные конструкции, зависящие от параметров талей, технологических возможностей производства и других факторов. В зависимости от компоновочной схемы и передаточного отношения в механизмах подъема талей используют редукторы: зубчатые цилиндрические, червячные, планетарные (рис. 5–10).

На рис. 5 представлена схема механизма подъема электротали с двухступенчатым цилиндрическим соосным редуктором. Электродвигатель 1 во встраиваемом исполнении рас-

положен внутри канатного барабана 2. Вал двигателя соединен посредством муфты 11 с быстроходным валом редуктора, состоящего из шестерен 3, 4 и колес 5, 6, валов – 3, 4, 10, а также снабженного электромагнитным колодочным 7 и грузоупорным винтовым 8 тормозами. В случае, когда колодочный тормоз расположен внутри корпуса редуктора, на противоположном конце механизма подъема закрепляют, как противовес, шкаф электроаппаратуры 9. Имеется шлицевозубчатая муфта 10.

Механизмы подъема, представленные на рис. 6 и 7, имеют некоторые конструктивные особенности.

На рис. 6 – редуктор цилиндрический соосный прямозубый. Ступица колеса 7 выполнена в виде удлиненной втулки 8, внутри которой помещен быстроходный вал редуктора 2, а на внешней ее поверхности закреплен литой чугунный барабан 1 с нарезкой, канатом и планкой 12 с винтом 27. Шпонка 20 обеспечивает передачу движения от колеса 7 на барабан 1. Корпус 11 тали выполнен также литым с двумя фланцами, к которым винтами 30 и 31 крепятся слева фланец электродвигателя, а справа – корпус 10 редуктора. Опорами втулки 8 являются подшипники 21, вала 3 – подшипники 23 и 24 и вала 5 – подшипники 13 и 22. Подшипник 22 – роликовый с короткими цилиндрическими роликами и тремя буртами серии 423000 позволяет валу 5 самоустанавливаться, т.е. перемещаться вправо в небольших пределах. Подшипники 13, 21, 23 и 24 могут быть шариковыми радиальными, например, серии 200, 300, 400. Крышка 28 должна позволять подшипнику 13 перемещаться вправо, т.е. должен быть зазор 0,5...1 мм между подшипником и крышкой. Величина этого зазора регулируется прокладками 29. Винты 19 и 25 крепят колесо 7 к втулке 8 и крышку 28 к корпусной детали 26.

Необходимо обратить внимание еще и на тот факт, что все детали, размещенные на валах редуктора и тали, не имеют осевых перемещений, что обеспечивается замковыми 32, 38, 39, дистанционными кольцами 33, 34, 35 и крышками 37.

Выходные концы вала 3 уплотнены манжетами 18. Пробка-отдушина 17 с прокладкой 40 размещена в самой верхней части корпуса редуктора, а спускная пробка 16 с прокладкой 41 – в самой нижней части. Между фланцами корпусов тали и редуктора возможна установка прокладок различной формы (плоских и круглых). Недостатком конструкции, представленной на рис. 6, являются ее большие габариты и наличие длинного быстроходного (а, следовательно, малого диаметра) вала. На рис. 6 тормозные устройства тали не показаны.

На рис. 7 показана таль со встроенным в барабан электродвигателем 19 и дисковым тормозом 15.

Редуктор двухступенчатый, быстроходная ступень с внешним, а тихоходная с внутренним зацеплениями. Ступени образуются парами колес 3, 4, 6 и 7, соответственно, находящимися в зацеплении. Имеются: 3 – быстроходный вал-шестерня и 5 – промежуточная ось редуктора, опорами которых служат подшипники 13 и 25; подшипники 25 – игольчатого типа (для уменьшения габаритов ступицы колеса 4). Подшипники 13 являются одновременно опорами барабана 1, подшипники 9 – опоры корпуса тали. Корпус редуктора 10 закрыт крышкой 14. Дисковый тормоз прикреплен к корпусу 11 тали винтами (на рис. 7 не обозначены). В корпусе редуктора имеются сливная пробка 16 и пробка-отдушина 17. Быстроходный вал уплотнен манжетами 18 и 24. Корпус редуктора уплотнен манжетой 20. Положения 2 – шпонка, 21 – дистанционное кольцо, 22, 23 – мазеудерживающие кольца.

На барабане 1 расположены две планки 12, т.е. таль снабжена сдвоенным полиспастом. Применение мотор-барабанов (рис. 7) позволяет уменьшить осевые габариты механизмов подъема, но ухудшает ремонтоспособность тали. На рис. 7 статор двигателя 19 закреплен в неподвижном корпусе внутри барабана, что исключает из конструкции токосъемник и повышает надежность работы механизма, однако при этом необходимо применить для барабана подшипники 9 большого диаметра.

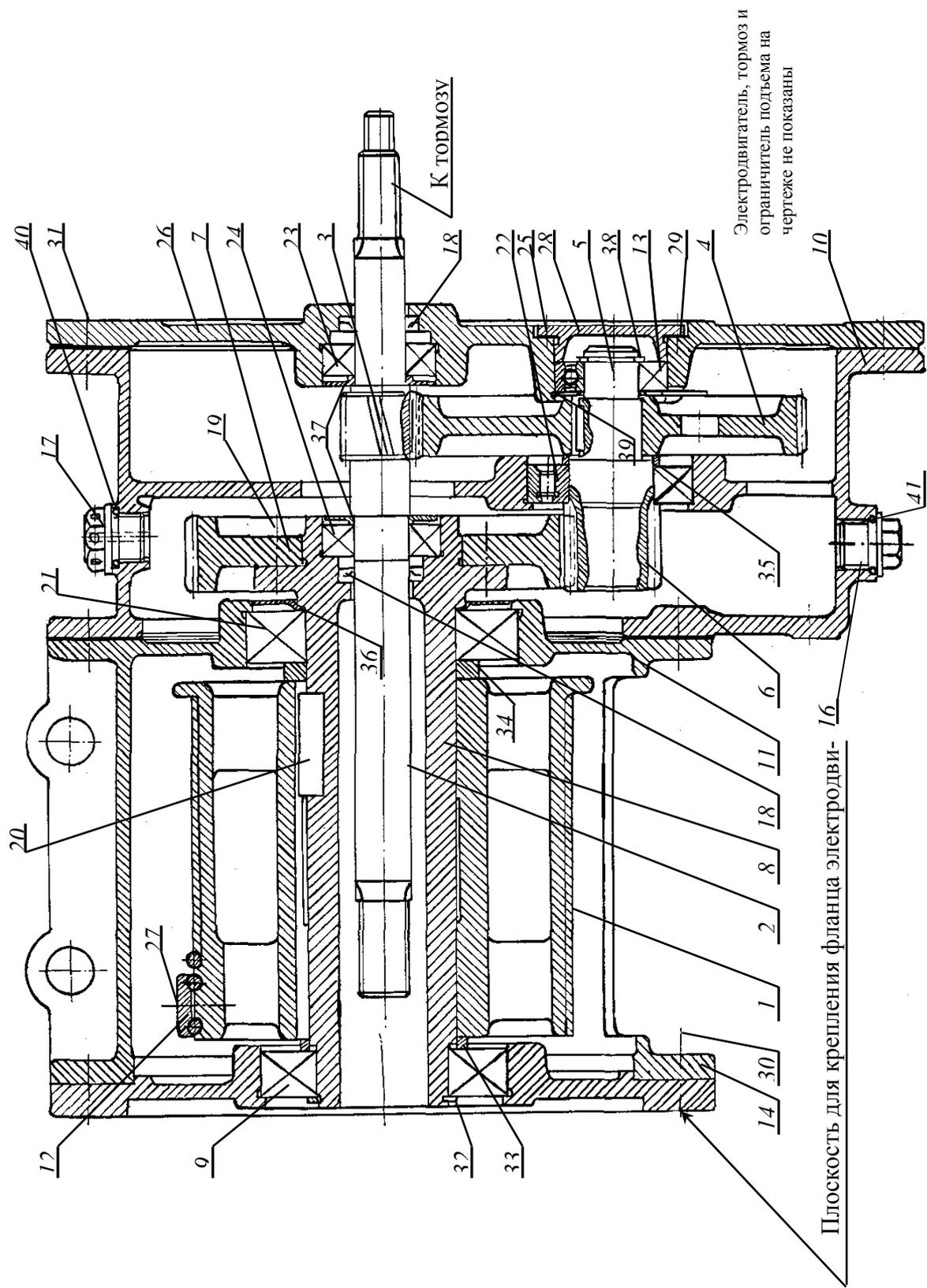


Рис. 6. Механизм подъема тали с зубчатым редуктором и фланцевым креплением электродвигателя

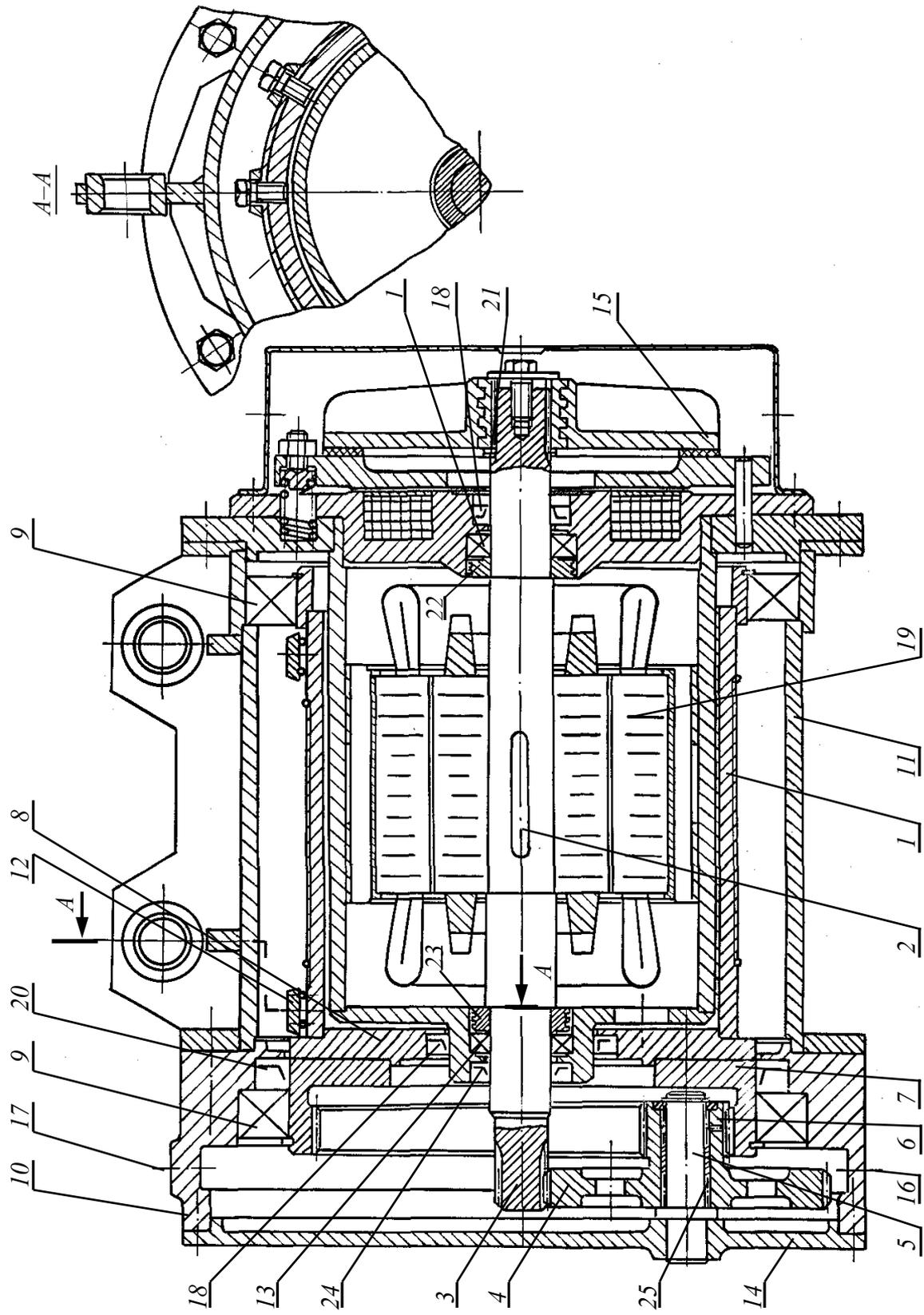


Рис. 7. Механизм подъема с электродвигателем, встроенным в барабан. Редуктор – двухступенчатый

Шарикоподшипниковые опоры механизма подъема электротали смазываются консистентной смазкой через пресс-масленки или непосредственной закладкой ее в подшипниковые узлы. Зубчатые передачи редуктора смазываются жидкой смазкой из масляной ванны. Уровень масляной ванны контролируется при помощи контрольных пробок. На рис. 6 и 7 пробки не показаны [10–12].

На рис. 8–10 представлены механизмы подъема талей с планетарными редукторами [15, 25], встроенными внутрь барабанов. Планетарные передачи обеспечивают уменьшение габаритов конструкции, особенно при больших передаточных числах. Такие многосменные зубчатые механизмы обязательно имеют колеса с движущимися геометрическими осями, которые называются планетарными или сателлитами. Подвижное звено, в котором помещены оси сателлитов, называется водилом. Вращающееся вокруг неподвижной оси колесо, по которому обкатываются сателлиты, называется центральным. Неподвижное центральное колесо называется опорным. Как правило, планетарные механизмы изготавливаются соосными. В отличие от механизмов с неподвижными осями передаточное отношение планетарного редуктора зависит не только от числа зубьев и знака их отношения, но и числа ступеней между центральными колесами (при остановленном водиле). Поэтому каждая конкретная схема планетарного редуктора имеет свое, вполне определенное, выражение для подсчета значения передаточного отношения, записанное через числа зубьев (или радиусы колес). Подробнее данный вопрос изложен в работах [21, 25, 26]. Схемы должны выбираться как с учетом качества простых планетарных передач, из которых komponуется зубчатый редуктор, так и назначения механизма, условий и режима его работы, места установки, а также учета типа передачи и вида зацепления, распределения общего передаточного числа по ступеням и выбора числа ступеней, оценки потерь на трение, вибрации и упругости звеньев и пр. Поэтому в общем случае выбор схемы с учетом множества факторов может быть выполнен только методами оптимизации с применением ЭВМ [24].

На рис. 8 представлена схема планетарного редуктора с тремя центральными колесами. Водило здесь свободно вращается в опорах, не передавая движения. При кинематическом исследовании этот механизм расчленяется на два простых: первый включает центральные колеса 1, 5, сателлит 2 и водило б; второй – состоит из центрального колеса 4, сателлита 3 и водила б. При неподвижном колесе 5 число степеней свободы  $W = 1$  и общее передаточное число редуктора [26]:

$$u_{14}^{(5)} = \frac{\omega_1}{\omega_4} = \frac{\omega_1}{\omega_n} \frac{\omega_n}{\omega_4} = u_{1n}^{(5)} u_{n4}^{(5)} = (1 - \omega_{14}^{(n)}) \frac{1}{1 - u_{45}^{(n)}}; \quad u_{14}^{(5)} = \left(1 + \frac{z_5}{z_1}\right) \frac{1}{1 - \frac{z_3 z_5}{z_4 z_2}} = \frac{z_2 z_4 (z_1 + z_5)}{z_1 (z_4 z_2 - z_3 z_5)}.$$

Данная схема позволяет за счет подбора соответствующих чисел зубьев получать большие передаточные отношения ( $> 100$ ) при высоком КПД и большой компактности [26].

Электродвигатели механизмов подъема, представленных на рис. 8–10, с фланцевыми креплениями к корпусу. При проектировании планетарных редукторов особое внимание следует обращать на точность изготовления сборочных единиц, выполнение сборки и на КПД передачи. Размещение редуктора в барабане тали предъявляет повышенные требования к выполнению уплотнений. На рис. 8 водило б имеет разборную конструкцию. Солнечная плавающая шестерня на рис. 9 способствует выравниванию нагрузки между сателлитами. Сателлиты на рис. 9 установлены на подшипниках скольжения. Для залива и слива жидкой смазки в барабанах (рис. 8 – 10) предусматривают отверстия.

Конструкции отдельных узлов, например редукторов – соосных трехступенчатых планетарных [8, с. 18], и другие особенности таких талей детально представлены в работах [8, с. 219–235].

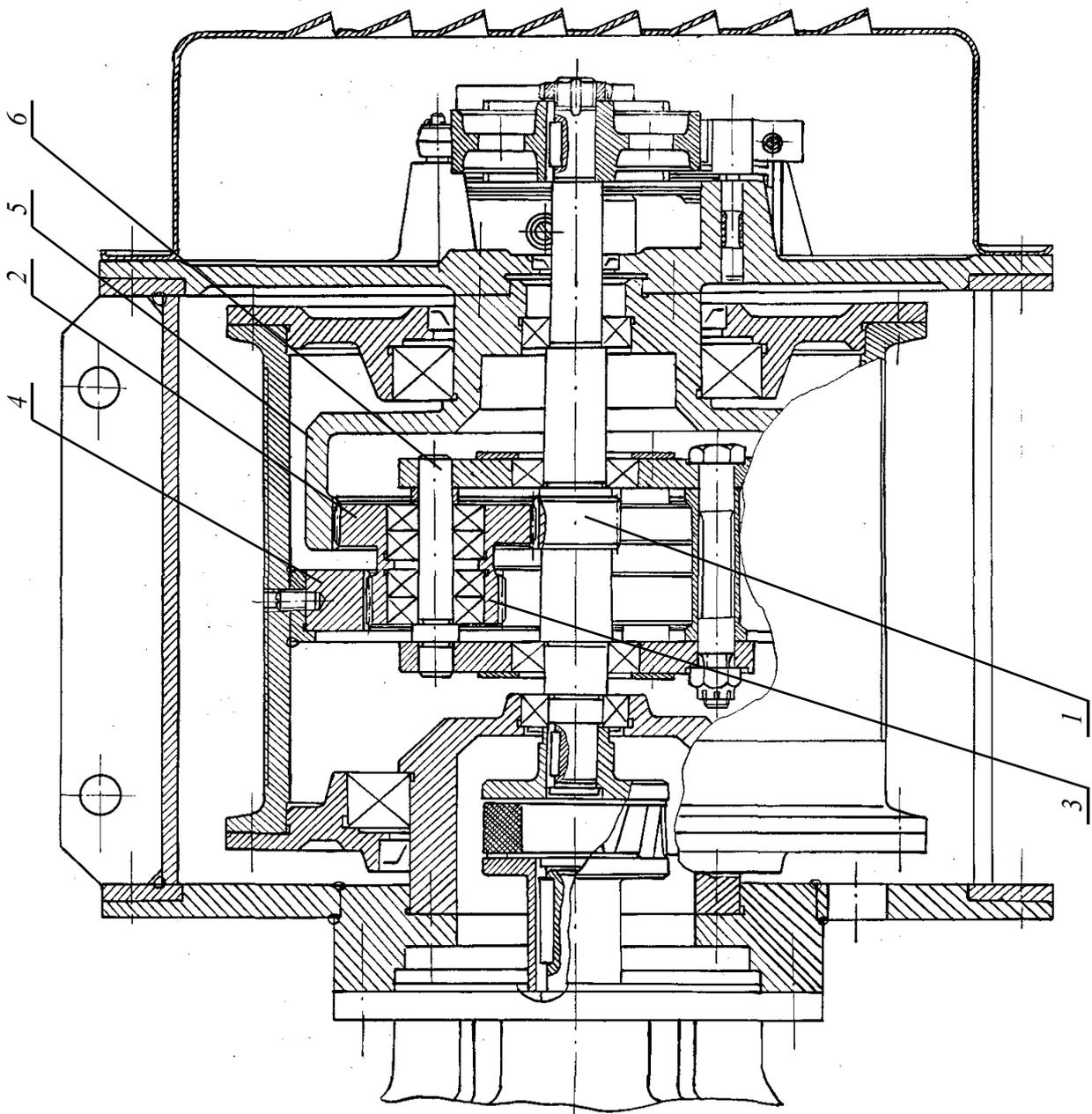


Рис. 8. Механизм подъема с электродвигателем, фланец которого закреплен на корпусе тали. Редуктор – планетарный [12]

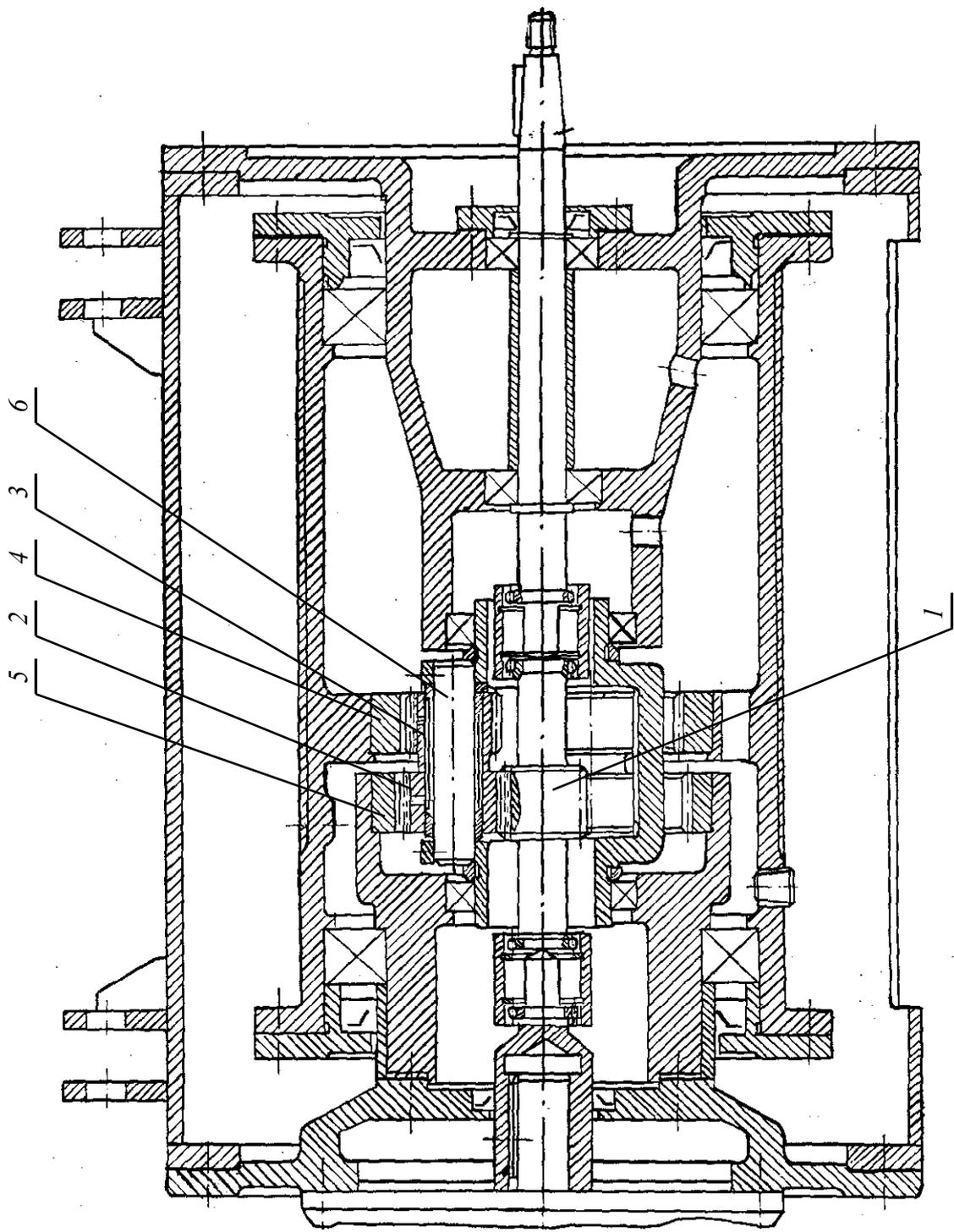


Рис. 9. Планетарный редуктор встроен в барабан механизма подъема [12]

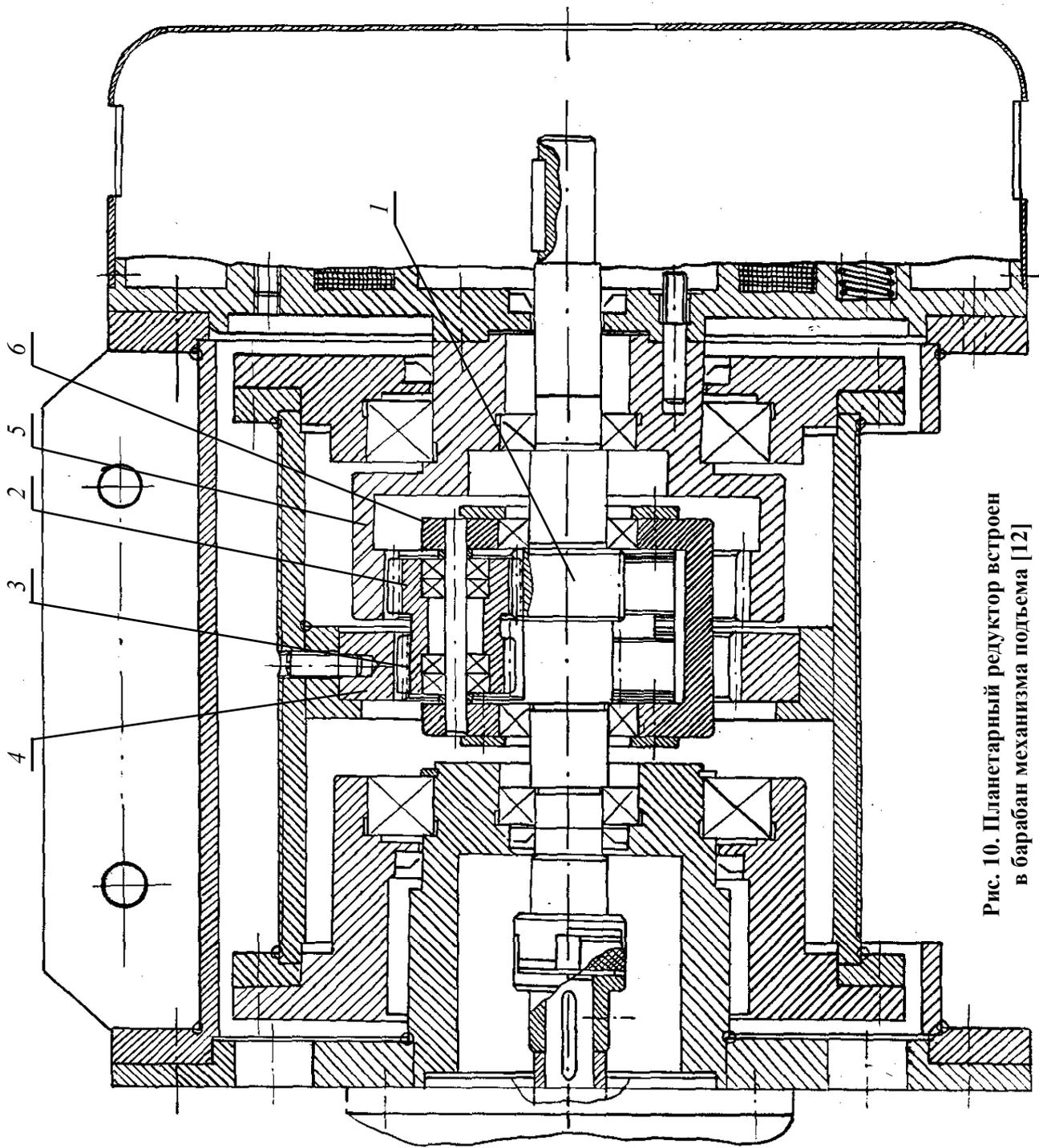


Рис. 10. Планетарный редуктор встроен  
в барабан механизма подъема [12]

## 2.2. РАСЧЕТ МЕХАНИЗМА ПОДЪЕМА ЭЛЕКТРОТАЛИ

Для выполнения расчета студент из соответствующего задания (приложение Б), выданного ему преподавателем, должен выбрать следующие исходные величины:  $G$  – грузоподъемность, кН;  $H$  – высота подъема, м;  $V_1$  – скорость подъема груза,  $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$ ;  $V_2$  – скорость передвижения электротали,  $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$ ; показатель ПВ, характеризующий режим работы, %.

Далее студент должен произвести расчет в следующей последовательности.

### Энергетический и кинематический расчеты

Определить потребную мощность электродвигателя механизма подъема

$$N = G V_1 / \eta_0,$$

где  $N$  – мощность, Вт;  $G$  – грузоподъемность, Н;  $V_1$  – скорость подъема груза,  $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$ ;  $\eta_0$  – коэффициент полезного действия (КПД) механизма подъема ( $\eta_0 = 0,88$ ).

Выбрать электродвигатель по табл. А1 – А3 приложения А или по рекомендациям [23] с параметрами:  $N_{\text{дв}}$  – мощность двигателя, кВт;  $n_{\text{дв}}$  – частота вращения вала двигателя,  $\text{мин}^{-1}$ .

Назначить тип и кратность полиспаста по табл. 1 настоящего пособия или по рекомендациям [3].

#### 1. Тип и кратность полиспаста

Грузоподъемность тали, $G$ , т	Тип полиспаста и его кратность, $m$
до 1	Простой полиспаст, $m = 1$
1...2	Простой полиспаст, $m = 2$
2...6	Сдвоенный полиспаст, $m = 2$
5...10	Сдвоенный полиспаст, $m = 2; 3$

Определить максимальное натяжение в ветви каната, набегающей на барабан,

$$S_{\text{max}} = G/a_{\text{п}}(1 - \eta_{\text{бл}})/(1 - \eta_{\text{бл}}^m), \text{ Н},$$

где  $a_{\text{п}}$  – число полиспастов;  $\eta_{\text{бл}} = 0,98$  – КПД блока [1];  $m$  – кратность полиспаста.

Выбрать канат [1, с. 451; 2, с. 397], имеющий разрывное усилие  $P_{\text{к}}$ .

Определить  $K_{\text{к}}$  – фактический запас прочности каната и сравнить его с допустимым значением [ $K_{\text{к}}$ ] в табл. 2.

Принять конструктивно, по условию размещения двигателя, диаметры барабана и блока с учетом зависимости

$$D_{\text{б1}} \geq (e d_{\text{к}}),$$

где  $D_{\text{б1}}$  – диаметр барабана по центру каната, мм;  $e$  – коэффициент, зависящий от режима работы тали (табл. 2);  $d_{\text{к}}$  – диаметр каната, мм.

## 2. Значения коэффициентов $[K_k]$ и $e$ для тали

Привод механизма	Режим работы механизма	$K_k$	$e$
Ручной	–	4,0	18
Машинный	Л (легкий) ПВ = 15 %	5,0	20
	С (средний) ПВ = 25 %	5,5	25
	Т (тяжелый) ПВ = 40 %	6,0	30
	(весьма тяжелый) ПВ = 60 %	6,0	35

Определить наименьший диаметр барабана по дну канавок:

$$D_6 = d_k (e - 1), \text{ мм.}$$

Рассчитать фактическое значение коэффициента  $e$  и количество рабочих витков каната на барабане:

$$e = (D_6 + d_k)/d_k;$$

$$z_p = Hm/\pi (D_6 + d_k),$$

где  $H$  – высота подъема груза, м;  $m$  – кратность полиспаста.

Назначить общее количество витков на барабане

$$z = z_p + z_d,$$

где  $z_d = 2$  – дополнительное количество запасных витков, которое остается на барабане при спуске груза на полную высоту.

Вычислить длину  $L$  нарезной части барабана:

а) для одинарного (простого) полиспаста  $L = zt$ , где  $t$  – шаг винтовой нарезки канавок на барабане, мм [3, табл. 22];

б) для сдвоенного полиспаста полная длина барабана

$$L_{\Pi} = m z t + L_0,$$

где  $L_0 = 0,8 D_6$  при  $m = 2$ .

Определить число оборотов барабана:

$$n_6 = 60 m V_1 / \pi (D_6 + d_k), \text{ мин}^{-1},$$

где  $V_1$  – скорость подъема, м · с<sup>-1</sup>;  $D_6$  – диаметр барабана, м;  $d_k$  – диаметр каната, м.

Рассчитать передаточное число редуктора и распределить его по ступеням [2, 5, 19–21]:

$$u_p = n_{дв}/n_6 = u_1 u_2 \dots u_i,$$

где  $u_1, u_2, \dots, u_{i-1}, u_i$  – передаточные числа ступеней от 1 до  $i$ .

Рассчитать величины чисел оборотов  $n_1, n_2, \dots, n_i$  и крутящих моментов  $T_1, T_2, \dots, T_i$  на валах (нумерацию валов произвести от вала электродвигателя):

$$n_1 = n_{\text{дв}}; \quad n_2 = n_1/u_1; \quad n_i = n_{i-1}/u_{i-1};$$

$$T_1 = 9550 N_{\text{дв}}/n_1; \quad T_2 = T_1 u_1 \eta_1; \quad T_i = T_{i-1} u_{i-1} \eta_{i-1},$$

где  $n_1, n_2, \dots, n_{i-1}, n_i$  – частота вращения 1, 2, 3, ...,  $i-1$ ,  $i$ -го вала, об·мин<sup>-1</sup>;  $T_1, T_2, \dots, T_{i-1}, T_i$  – моменты крутящие на 1, 2, 3, ...,  $i$ -ом валу.

Произвести прочностной расчет ступеней редуктора в соответствии с заданным типом и схемой редуктора механизма подъема.

### 2.3. КОНСТРУКЦИЯ ГРУЗОУПОРНОГО ТОРМОЗА

В состав механизма подъема тали входит грузопорный тормоз (рис. 11), который обеспечивает плавный спуск груза со скоростью, близкой к скорости подъема, а также надежность и безопасность работы механизма [1–8]. Грузопорный тормоз позволяет уменьшить размеры электромагнитного колодочного тормоза, снижает динамические нагрузки при остановке тали, уменьшает выделение тепла в электродвигателе при спуске груза.

Тормоз устанавливается обычно на промежуточный вал 4 (рис. 5) редуктора, имеющий винтовую нарезку, на который навинчивается зубчатое колесо 5 и устанавливается упорный диск 8.

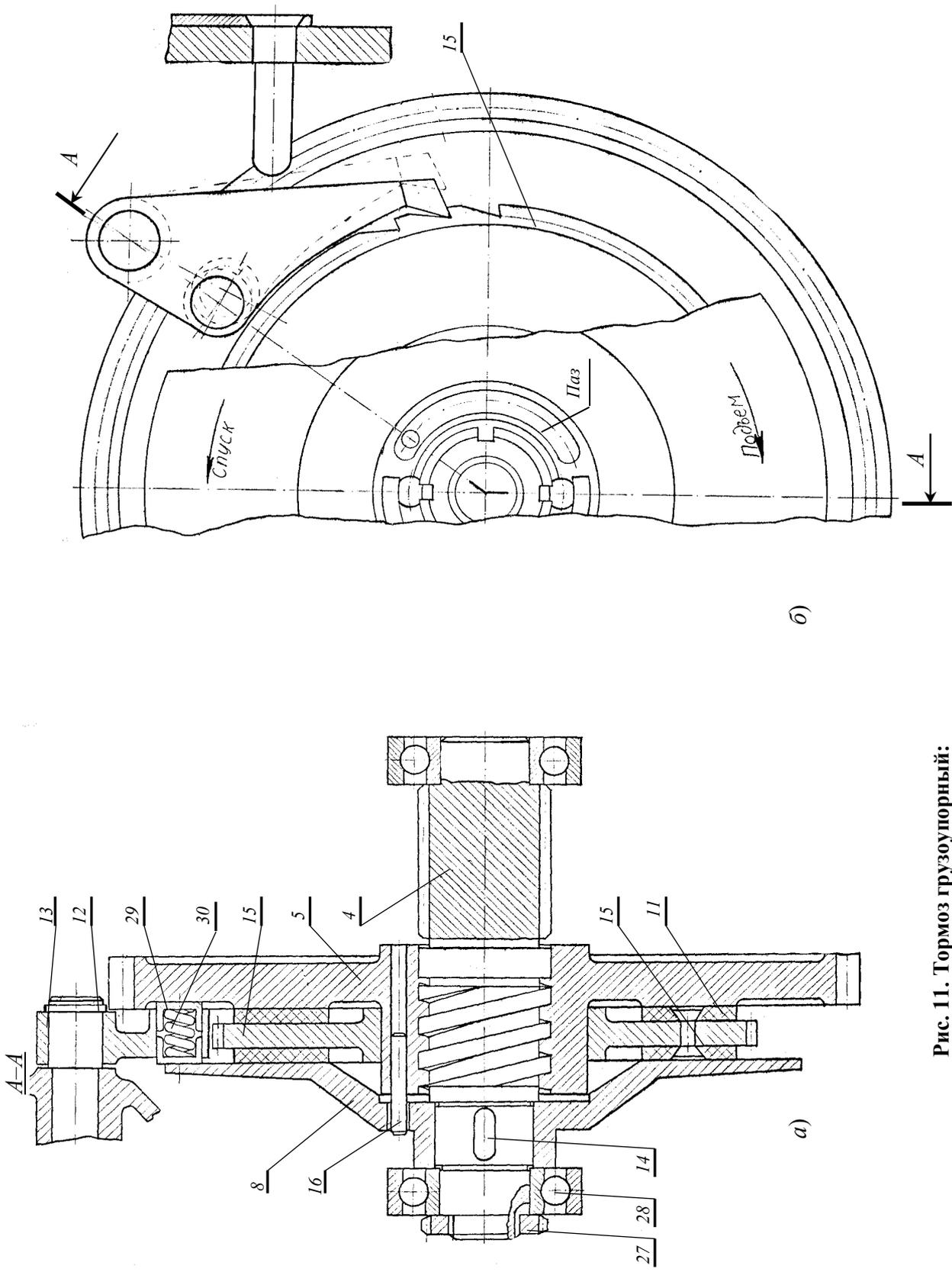
Между опорными поверхностями зубчатого колеса и упорного диска помещается свободно сидящее колесо 15 с двумя тормозными дисками 11. Палец 12, укрепленный в корпусе редуктора, несет на себе свободно поворачивающуюся собачку 13 (сечение  $A-A$ , рис. 11).

Работа грузопорного тормоза при подъеме груза осуществляется следующим образом. Привод в движение промежуточного вала осуществляется от электродвигателя 1 (рис. 5) через шестерню 3, зубчатое колесо 5, прижатые диски 8, 11 грузопорного тормоза и шпонку 14 (рис. 11). Далее привод барабана производится от шестерни 4, колеса 6 и муфты 10 (рис. 5).

Колодочный тормоз размыкает колодки и освобождает быстроходный вал, который при этом получает возможность осуществлять вращение от вала электродвигателя. После выключения электродвигателя колодочный тормоз замыкает колодки, удерживая быстроходный вал от проворачивания. Груз при этом не падает, а остается висеть в поднятом состоянии, так как обратному вращению промежуточного вала препятствует собачка 13, входящая в зубья храпового колеса 15.

При опускании груза промежуточный вал вращается под весом груза в противоположную сторону и, так как этот вал не имеет осевого перемещения, зубчатое колесо 5 вместе с дисками и храповым колесом 15 отодвигается от диска 8 до тех пор, пока боковое давление на храповое колесо не уменьшится настолько, что момент трения между дисками и храповым колесом окажется меньше, чем грузовой момент. При этом груз начинает опускаться до тех пор, пока угловая скорость зубчатого колеса 5 не превысит угловую скорость промежуточного вала-шестерни 4. Как только это произойдет, колесо 5 переместится по резьбе (в нашем примере влево, рис. 11) и замкнет дисковый тормоз. Опускание груза прекратится, пока снова не превысится угловая скорость зубчатого колеса 5, после чего дисковый тормоз разомкнется [18].

При правильной конструкции и регулировке тормоза взаимные смещения через некоторое время переходят в непрерывное скольжение диска 8 и поверхности колеса 5 по храповому колесу 15. Наступает состояние равновесия, при котором груз опускается со скоростью, не превышающей скорость вращения промежуточного вала.



**Рис. 11. Тормоз грузоупорный:**

*a* – сечение по тормозным дискам (сечение *A-A*);

*б* – вид на храповое колесо

При использовании механического привода грузоупорный тормоз устанавливается на одном из промежуточных валов, вращающемся с частотой 100...200 об/мин, что обеспечивает наилучшие условия его работы. Если тормозной момент, создаваемый одной парой дисков, недостаточен, можно применять многодисковые тормоза. Вместо дисков можно также использовать конусы (особенно для червячных талей).

*Примечание: палец 16 (рис. 11) ограничивает осевое перемещение колеса 5, дисков 11 и храпового колеса 15 вдоль оси промежуточного вала. Величина перемещения зависит от длины паза (рис. 11, б), выполненного в диске 8. На рис. 11 поз. 27 – гайка, регулирующая осевое натяжение подшипников 28. Пружина 30 и две втулки 29 удерживают собачку 13 в одном положении, снижая шум при работе тали.*

В некоторых конструкциях (например, талях ТЭ-5) вместо винтового замыкания тормоза применяются торцовые кулачки на зубчатом колесе 5, которые входят в зацепление с торцовыми кулачками на втулке [8, с. 203], установленной на шпонке промежуточного вала 4 механизма подъема тали. Этот тип узла замыкания более сложен технологически, но обеспечивает хорошее центрирование деталей, и его применение оправдано для талей большой грузоподъемности [8, с. 207].

В механизмах с ручным приводом (при наличии в механизме несамотормозящейся червячной передачи) применяют конические тормоза, замыкаемые весом груза, с постоянным усилием прижатия тормозных дисков [8, с. 207–208].

## 2.4. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ГРУЗОУПОРНОГО ТОРМОЗА

Для расчета параметров тормоза студент должен правильно выбрать исходные величины [1, 2]. Наклон винтовой линии резьбы вала (рис. 11, а) для плавной работы тормоза задать в пределах 12...25°. Выбрать диаметр винта (он должен быть минимальным) с учетом диаметра вала 9. Момент  $M_{тр}$ , создаваемый тормозом на валу, принять равным сумме моментов трения между дисками  $M'_{тр}$  и в винтовой нарезке  $M''_{тр}$ , т.е.

$$M_{тр} = M'_{тр} + M''_{тр} \quad \text{и} \quad M_{тр} = \beta M_{кр},$$

где  $M_{кр}$  – крутящий момент на валу, где установлен тормоз;  $\beta$  – коэффициент запаса торможения,  $\beta = 1,2$  [8, с. 205].

Момент трения дисков

$$M''_{тр} = \mu k N D_{ср} / 2,$$

где  $\mu$  – коэффициент трения между трущимися поверхностями (табл. 3);  $k$  – число поверхностей трения;  $N$  – осевое усилие в винтовой паре;  $D_{ср}$  – средний диаметр трущихся поверхностей:

$$D_{ср} = \frac{D_{н} + D_{вн}}{2},$$

где  $D_{н}$ ,  $D_{вн}$  – наружный и внутренний диаметры трущихся поверхностей тормозных дисков.

### МОМЕНТ ТРЕНИЯ В РЕЗЬБЕ

$$M''_{тр} = N r_0 \operatorname{tg} \rho,$$

где  $r_0$  – средний радиус резьбы;  $\rho$  – угол трения винтовой пары.

Следовательно,

$$M_{\text{тр}} = \beta M_{\text{кр}} = (0,5 k_{\mu} D_{\text{ср}} + r_0 \operatorname{tg} \rho) N .$$

По известной зависимости между крутящим моментом и осевым усилием в винтовой паре имеем:

$$N = M_{\text{кр}} / r_0 \operatorname{tg} (\alpha + \rho) ,$$

где  $\alpha$  – угол подъема винтовой линии.

Тогда

$$D_{\text{ср}} = \frac{2r_0}{k_{\mu}} [\operatorname{tg} \rho - \beta \operatorname{tg} (\alpha + \rho)] .$$

Значения  $D_{\text{н}}$  и  $D_{\text{вн}}$  следует выбирать, исходя из допустимого удельного давления  $[g]$  по табл. 3.

## Удельное давление на дисках

$$g = N / [0,25 (D_{\text{н}}^2 - D_{\text{вн}}^2) \pi] \leq [g] .$$

### 3. Характеристики материалов

Материал пары		Коэффициент трения при удельном давлении $g < 1,5$ МПа на поверхностях, работающих в масляной ванне	Допустимое удельное давление для спускных тормозов $[g]$ , МПа	Допустимая температура нагрева на поверхностях трения, °С
Тканная лента	чугун	0,12	0,5	200
	сталь		0,5	
Вальцованная лента	чугун	0,16	0,4	200
	сталь		0,5	
Металл	чугун	0,06	–	150
	сталь			

### 2.5. КОНСТРУКЦИЯ КОЛОДОЧНОГО ТОРМОЗА

Для обеспечения условия удержания груза на весу, при аварийном отключении электроэнергии в механизме подъема предусматриваются колодочные или дисковые тормоза (рис. 12). Между лопаткой растормаживающего пальца и регулировочными винтами предусмотрен зазор  $\Delta = 0,5 \dots 0,6$  мм для нормальной работы тормоза.

В полости тормозного шкива обычно размещаются крыльчатки центробежного вентилятора, создающие циркуляцию воздуха, необходимую для отвода тепла, выделяемого гру-



$$P_T = T_T / (\mu D),$$

где  $\mu$  – коэффициент трения (табл. 3);  $D$  – диаметр тормозного шкива, м.

Определить усилия замыкания  $P_{\text{зам}}$  и размыкания  $P$  тормозных колодок:

$$P_{\text{зам}} = \frac{P_T c}{c + d + e};$$

$$P = \frac{P_T c}{c + d} \frac{b}{a\eta}.$$

Размеры  $a, b, c, d, e$  (рис. 12) задать конструктивно, по аналогичным конструкциям [1, 2].

С учетом допускаемого износа колодок ( $\delta = 0,5$  мм) и величины отхода колодок от тормозного шкива ( $\xi = 0,1$  мм) рассчитать требуемый ход якоря электромагнита  $h$ , мм:

$$h = (\xi + \delta) \frac{d + c}{c} \frac{a}{b}.$$

Подобрать электромагнит с учетом условий,  $P'_M > P$  и  $h' > h$ . И, наконец, необходимо проверить допустимую величину удельного давления на колодках тормоза

$$g = P_T / (lB) \leq [g].$$

Принять  $[g] = 0,6$  Н/мм<sup>2</sup>. Длину  $l$  и  $B$  – ширину колодки тормоза задать конструктивно.

## 2.7. БАРАБАН МЕХАНИЗМА ПОДЪЕМА ТАЛИ

Обычно барабан выполняется из чугуна или стали (рис. 5) и имеет форму цилиндра с двумя ступицами, внутри которых располагаются подшипники вала электродвигателя. Внутренний диаметр  $D$  барабана равен посадочному диаметру ранее подобранного встраиваемого электродвигателя. Толщина стенки назначается из условия прочности ее на смятие по рекомендациям [2, с. 124], но не более 14 мм. Длина барабана зависит от высоты подъема груза и типа используемого полиспаста. Наружная поверхность барабана имеет нарезку в одну сторону, если полиспаст одинарный, и в обе стороны, если он сдвоенный.

Нарезная ребристая поверхность барабана, помимо нормальной укладки каната, отводит тепло, выделяемое при работе электродвигателя. Канат на барабане, кроме планки 12 (рис. 6 и 7), может удерживаться закладной втулкой, в которую впаян конец каната. Втулка вместе с впаянным в нее канатом вкладывается в паз барабана и удерживается от выпадения планкой [2, с. 125]. У электроталей грузоподъемностью до пяти тонн канат удерживается с помощью трех прижимных болтов, расположенных по окружности барабана. Заменяется канат без разборки электротали. Увеличение или уменьшение высоты подъема груза для различных исполнений электроталей достигается увеличением или уменьшением длины барабана. Расчет планки и болтов на прочность выполняется по рекомендациям [2, с. 126]. Канат в месте крепления не должен подвергаться резкому изгибу.

Подъем груза осуществляется при наматывании каната на барабан с помощью полиспаста, дающего возможность уменьшить усилия в канате и величину грузового момента на барабане, груз при этом закрепляется на крюковой подвеске. Конструкция подвески зависит от типа и кратности полиспаста [2, с. 62–65]. Следует помнить, что расстановку и крепление блоков, по которым проходят канаты, следует подчинять задаче обеспечения наибольшей долговечности каната. Поэтому желательно, чтобы диаметр блоков был большой, а перегиб

каната происходил в одной плоскости. Для этого же рекомендуется применять однослойную навивку каната на барабан. Барабаны с нарезкой обеспечивают снижение удельного давления каната на поверхность барабана за счет увеличения поверхности контакта.

При выполнении графической части курсового проекта конструирование колес, шестерен, валов, элементов канатного барабана, а также подшипниковых гнезд можно производить на основании рекомендаций [16, 19–25].

### **3. МЕХАНИЗМ ПЕРЕДВИЖЕНИЯ ТАЛИ**

#### **3.1. УСТРОЙСТВО МЕХАНИЗМА ПЕРЕДВИЖЕНИЯ**

На рис. 13 представлена приводная тележка электротали, которая включает в себя [2, с. 384] электродвигатель 1, редуктор 2, вал 3, редуктор 4. Тихоходные валы редукторов 2 и 4 соединены заклепками 22 с катками 5, которые перемещаются по нижней полке двутавра. Вал 3 чаще выполняется шестигранным или шлицевым и служит для передачи движения на шестерню 6 редуктора 4. Опорами вала 3 служат подшипник скольжения 17, выполненный в виде бронзовой втулки, запрессованной в крышку 15 редуктора 4, и сферический двухрядный подшипник 18, помещенный на ступице колеса 9 редуктора 2. Колесо 6 размещено на валу 3. Колеса 6 и 9 предохраняются от осевого смещения замковыми кольцами 20, а подшипники 18 и 19 кольцами 21. Тихоходные колеса 11 установлены на двух валах 16. Опорами валов служат шариковые радиальные подшипники 24, размещенные в корпусах 14, 12 и крышках 15 и 13 правого 4 и левого 2 редукторов. Перемещение валов 16 вправо для левого редуктора и влево для правого исключается постановкой колец 25, 26. Шестерня 7 правого редуктора размещена на валу электродвигателя и закреплена от осевого смещения кольцами 27.

Промежуточный вал 8 редуктора 2 выполнен за одно целое с колесом 28 и шестерней 29, установлен на двух шариковых радиальных подшипниках 30, закрепленных от смещения вдоль оси вала 8 кольцами 37. Крышки 31 по конструкции аналогичны крышкам 33, 34. Тихоходное колесо 10 редуктора 2 установлено аналогично колесу 11 редуктора 4. Подшипники 18, 19, 24, 30 закрыты крышками, соответственно, 33, 34, 31. Колеса 10 и 11 закреплены от осевого смещения кольцами 26 и 27. Вал электродвигателя уплотнен манжетой 35. Смазка зацеплений в редукторах осуществляется разбрызгивателем масла из картера. Для смазки колес в редукторе 2 применена брызгалка 36. Уровень масла измеряется с помощью двух пробок 37, позволяющих контролировать максимальный и минимальный уровни масла в картере.

Электродвигатель с помощью фланца крепится к корпусу редуктора 2 винтами (на рис. 13 винты не показаны).

Таким образом, редукторы привода механизма передвижения – двухступенчатые цилиндрические прямозубые. Колесо 9 редуктора 2 обеспечивает единое направление окружной скорости катков 5 и соосность тихоходных ступеней редукторов (колесо 9 – паразитная шестерня).

Четыре шпильки 38 с гайками 39 и шплинтами 40 позволяют с помощью набора прокладок 41 изменять расстояние между катками в зависимости от номера двутавра, используемого в качестве рельсового пути (при обязательной замене вала 3 по длине). Вертикальные плоскости разъема редукторов уплотнены кольцами 42 (на плоскости разъема редуктора 4 кольцо 42 условно не показано). Корпуса 14, 12 и крышки 15 и 13 стягиваются винтами 43. Количество винтов зависит от габаритов корпусов. Передача движения от валов к соответствующим колесам осуществляется с помощью шпонок 44 и 45, а также с помощью граней шестигранного вала 3 (или шлицев, если вал шлицевой).

Холостая шарнирная тележка 7 (рис. 2) представляет собой двухкатковую тележку с двумя направляющими роликами 15, закрепленными на вертикальных осях кронштейнов 16, размещенных на траверсе 8 [1, 2, 5, 10–13].

Однорельсовые (монорельсовые) тележки тали перемещаются по полкам ездовой балки, выполненной из стального проката двутаврового профиля. Электрические тали большой грузоподъемности подвешивают к двум четырехкатковым тележкам. При необходимости обе тележки могут быть оборудованы специальными электрическими приводами [8, с. 245].

### 3.2. Энергетический и кинематический расчеты механизма передвижения

Исходные величины для расчета:  $G$  – вес груза, Н;  $G_1$  – вес приводной тележки, Н;  $G_2$  – вес подъемного механизма, Н;  $G_3$  – вес холостой (неприводной) тележки, Н;  $G_4$  – вес остальных элементов тали (назначают ориентировочно по рекомендациям [1, с. 150; 2, с. 384]).

Необходимо рассчитать суммарное усилие  $Q_0$ , воспринимаемое ходовыми колесами,

$$Q_0 = G + G_1 + G_2 + G_3 + G_4, \text{ Н.}$$

Давление на колеса электротали с грузом

$$A = G_1 + \frac{(G + G_4)(b + c) + G_2c}{a + b + c}.$$

Реакция  $B$

$$B = Q_0 - A.$$

Рассчитать давление на колеса электротали без груза,

$$A' = G_1 + \frac{G_4(b + c) + G_2c}{a + b + c}, \text{ Н.}$$

Реакция  $B'$

$$B' = G_0 - A'.$$

Рассчитать сопротивление передвижению тали по формуле

$$W = 0,03 (G + G_0).$$

Определить потребную мощность электродвигателя приводного механизма тележки

$$N_2 = W V_2 / \eta_0,$$

где  $N_2$  – потребная мощность, Вт;  $W$  – сопротивление передвижению тали, Н;  $V_2$  – скорость передвижения тележки, м · с<sup>-1</sup>;  $\eta_0 = 0,9$  – КПД механизма передвижения.

Выбрать электродвигатель по рекомендациям [10, 13, 23], соблюдая условия:

$$N_{2\text{дд}} \geq N_2; \quad n_1 = n_{\text{дв}}; \quad M_{\text{пуск}}/M_{\text{ном}} - \text{согласовать с графиком нагрузки.}$$

Рассчитать частоту вращения ходового колеса

$$n_{\text{хк}} = V_2 / (\pi D_{\text{хк}}), \text{ мин}^{-1},$$

где  $D_{\text{хк}}$  – диаметр ходового колеса, мм.

Вычислить передаточное отношение редуктора механизма передвижения

$$i_0 = n_{\text{дв}} / n_{\text{хк}}.$$

Произвести распределение передаточного числа редуктора механизма передвижения по ступеням в соответствии с рекомендациями [21] и выполнить расчет механизма передвижения, а

именно: расчеты зубчатых зацеплений, валов, подшипников, редукторов, назначить смазку. Произвести проверку запаса сцепления ходовых колес с монорельсом по методике [2, с. 386].

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Расчеты грузоподъемных и транспортирующих машин / Ф.К. Иванченко, В.С. Бондарев, И.П. Колесник, Б.Я. Баранов. – Киев : Вища школа, 1978. – 556 с.
2. Руденко, Н.Ф. Курсовое проектирование грузоподъемных машин / Н.Ф. Руденко, М.П. Александров, А.Г. Лысяков. – М. : Машиностроение, 1971. – 463 с.
3. Павлов, Н.Г. Примеры расчетов кранов / Н.Г. Павлов. – Л. : Машиностроение, 1976. – 319 с.
4. Казак, С.А. Курсовое проектирование грузоподъемных машин / С.А. Казак, В.Е. Дусье, Е.С. Кузнецов. – М. : Высшая школа, 1989. – 319 с.
5. Иванченко, Ф.К. Конструкция и расчет подъемно-транспортных машин / Ф.К. Иванченко. – Киев : Вища школа, 1988. – 424 с.
6. Вайнсон, А.А. Подъемно-транспортные машины / А.А. Вайнсон. – М. : Машиностроение, 1974. – 431 с.
7. Гайдамака, В.Ф. Грузоподъемные машины / В.Ф. Гайдамака. – Киев : Вища школа, 1989. – 328 с.
8. Александров, М.П. Грузоподъемные машины / М.П. Александров, Л.Н. Колобов, Н.А. Лобов. – М. : Машиностроение, 1986. – 400 с.
9. Воробьев, Ю.В. Подъемно-транспортирующие машины : учебное пособие / Ю.В. Воробьев, А.Д. Ковергин, Н.Ф. Майникова. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 1999. – 98 с.
10. Подъемно-транспортные машины: Атлас конструкций / под ред. М.П. Александрова, Д.Н. Решетова. – М. : Машиностроение, 1974. – 256 с.
11. Руденко, Н.Р. Грузоподъемные машины: Атлас конструкций / Н.Ф. Руденко, В.Н. Руденко. – М. : Машиностроение, 1969.
12. Учебное пособие по курсовому проектированию средств механизации машиностроительного производства : атлас конструкций / Б.А. Байков, А.В. Буланже, В.Л. Гадолин, Н.В. Палочкина. – М. : МВТУ им. Баумана, 1984.
13. Проектирование тали электрической : метод. указ. по выполнению курсового проекта / сост. : Н.Ф. Майникова, Л.П. Минаева, Ю.М. Радько. – Тамбов : Тамб. ин-т хим. машиностр., 1991. – 25 с.
14. Минаева, Л.П. Проектирование червячного зацепления на ЭВМ / Л.П. Минаева, Н.Ф. Майникова. – Тамбов : Тамб. ин-т хим. машиностр., 1991. – 16 с.
15. Ковергин, А.Д. Проектирование планетарных передач / А.Д. Ковергин, Л.Х. Никитина, Н.Ф. Майникова. – Тамбов : Тамб. ин-т хим. машиностр., 1993. – 36 с.
16. Майникова, Н.Ф. Подшипники качения / Н.Ф. Майникова, А.Д. Ковергин. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 1999. – 28 с.
17. Лапкин, Ю.П. Перегрузочные устройства : справочник / Ю.П. Лапкин, А.Р. Малкович. – Л. : Машиностроение, 1984. – 224 с.
18. Тормозные устройства : справочник / М.П. Александров, А.Г. Лысяков, В.Н. Федосеев, М.В. Новожилов; под ред. М.П. Александрова. – М. : Машиностроение, 1985. – 312 с.
19. Решетов, Д.Н. Детали машин / Д.Н. Решетов. – М. : Машиностроение, 1989. – 496 с.
20. Проектирование механических передач / С.А. Чернавский, Г.А. Снесарев, В.С. Козинцев и др. – М. : Машиностроение, 1984. – 560 с.
21. Иванов, М.Н. Детали машин / М.Н. Иванов. – М. : Высшая школа, 2003. – 408 с.
22. Дунаев, П.Ф. Конструирование узлов и деталей машин / П.Ф. Дунаев, О.П. Леликов. – М. : Высшая школа, 2000. – 447 с.
23. Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя / под ред. И.Н. Жестковой. – М. : Машиностроение, 1999. – Т. 1. – 912 с.
24. Решетов, Д.Н. Расчет деталей машин на ЭВМ / Д.Н. Решетов, С.А. Шувалов, В.Д. Дудко; под ред. Д.Н. Решетова и С.А. Шувалова. – М. : Высшая школа, 1985. – 368 с.
25. Кудрявцев, В.Н. Планетарные передачи / В.Н. Кудрявцев. – М.-Л. : Машинострое-

ние, 1966. – 308 с.

26 Теория механизмов и машин / К.В. Фролова [и др.]. – М. : Высшая школа, 1987. – 496 с.

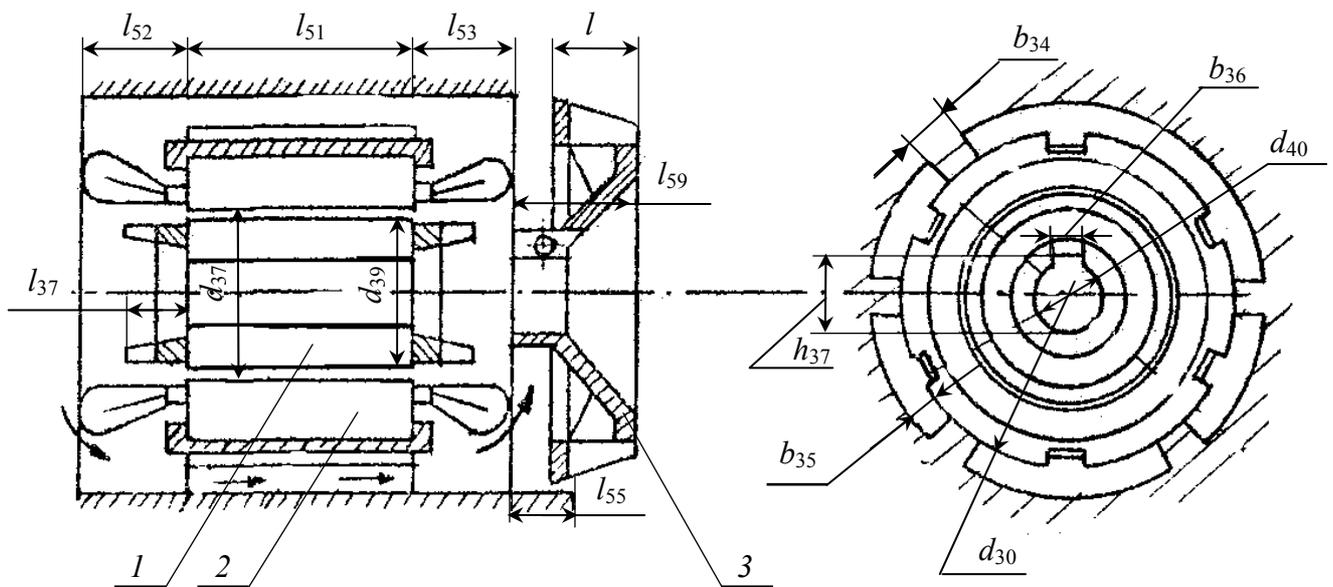
## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### ПАРАМЕТРЫ ВСТРАИВАЕМЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ СЕРИИ 4А

Основные технические характеристики асинхронных встраиваемых электродвигателей серии 4А помещены в табл. А1, а их необходимые геометрические размеры в табл. А2. Буква В в обозначении электродвигателя (табл. А2) означает, что электродвигатель серии 4А встраиваемый. Электродвигатели, помещенные в табл. А1 приложения, могут быть использованы как для механизмов подъема, так и для механизмов передвижения. Возможно также использовать для этих механизмов электродвигатели серии 4АС – с повышенным скольжением. В табл. А3 величина ПВ – продолжительность включения характеризует режим использования механизмов тали. Величину ПВ (%) студент выбирает из соответствующего задания, выданного ему преподавателем.

Если  $PВ = 15\%$ , то можно использовать для механизмов электродвигатели серии 4А или 4АВ (табл. А1), иначе – электродвигатели серии 4АС (табл. А3).

Основными составными частями электродвигателей серии 4А, 4АВ и 4АС (рис. А1) являются ротор 1, статор 2 и вентилятор 3. Необходимые геометрические параметры этих элементов помещены в табл. А3.



**Рис. А1. Габаритные и присоединительные размеры электродвигателей серии 4АВ  
(встраиваемого исполнения)**

**А1. Основные технические характеристики электродвигателей  
серии 4А общего назначения (по ГОСТ 19523–81)**

Тип двигателя	Мощность $N_{дв}$ , кВт	Частота вращения $n_{дв}$		$M_{пуск}/M_{ном}$	$M_{мин}/M_{ном}$	$M_{max}/M_{ном}$	$J$
		$n_c, \text{мин}^{-1}$	$n_{ac}, \text{мин}^{-1}$				
4А80А4УЗ	1,1	1500	1420	2,0	1,6	2,2	$0,32 \cdot 10^{-2}$
4А80В4УЗ	1,5		1415	2,0	1,6	2,2	$0,33 \cdot 10^{-2}$
4А100А4УЗ	2,2		1425	2,1	1,6	2,4	$0,56 \cdot 10^{-2}$
4А100В4УЗ	3,0		1435	2,0	1,6	2,4	$0,87 \cdot 10^{-2}$
4А112А4УЗ	4,0		1430	2,0	1,6	2,4	$1,13 \cdot 10^{-2}$
4А132А4УЗ	5,5		1445	2,0	1,6	2,2	$1,75 \cdot 10^{-2}$
4А132В4УЗ	7,5		1455	2,2	1,7	3,0	$2,75 \cdot 10^{-2}$
4А90А6УЗ	1,5	1000	935	2,0	1,7	2,2	$0,74 \cdot 10^{-2}$
4А100В6УЗ	2,2		950	2,0	1,6	2,2	$1,75 \cdot 10^{-2}$
4А112А6УЗ	3,0		955	2,0	1,8	2,5	$1,31 \cdot 10^{-2}$
4А112В6УЗ	4,0		950	2,0	1,8	2,5	$2,00 \cdot 10^{-2}$
4А132А6УЗ	5,5		965	2,0	1,8	2,5	$4,00 \cdot 10^{-2}$
4А132В6УЗ	7,5		970	2,0	1,8	2,5	$5,75 \cdot 10^{-2}$
4А100В8УЗ	1,5		750	700	1,6	1,3	1,9
4А112А8УЗ	2,2	700		1,9	1,5	2,2	$1,75 \cdot 10^{-2}$
4А112В8УЗ	3,0	700		1,9	1,5	2,2	$2,50 \cdot 10^{-2}$
4А132А8УЗ	4,0	720		1,9	1,7	2,6	$4,25 \cdot 10^{-2}$
4А132В8УЗ	5,5	720		1,9	1,7	2,6	$5,75 \cdot 10^{-2}$

Примечания:  $N_{дв}$  – номинальная мощность;  $n_c, n_{ac}$  – синхронная и асинхронная частоты вращения вала электродвигателя;  $M_{пуск}, M_{мин}, M_{ном}, M_{max}$  – соответственно, пусковой (начальный), минимальный, номинальный и максимальный моменты на валу электродвигателя;  $J$  – момент инерции ротора электродвигателя.

**А2. Габаритные и присоединительные размеры встраиваемых электродвигателей**

Тип двигателя	Статор								
	Размеры, мм								
	$d_{30}$	$d_{37}$	$l_{51}$	$l_{52}$	$l_{53}$	$l_{54}$	$l_{55}$	$b_{34}$	$b_{35}$
4АВ80А4УЗ	131	84	78	45	45	10	10	10	10
4АВ80В4УЗ			98						
4АВ90А6УЗ	149	100	110	45	45	12	12	12	12
4АВ100А4УЗ	168	105	100	50	50	14	14	14	14
4АВ100В4УЗ			130						
4АВ100В6УЗ		113	120	45	45				
4АВ100В8УЗ			120						
4АВ112А4УЗ			126						
4АВ112А6УЗ	132	100							
4АВ112В6УЗ		125							
4АВ112А8УЗ		100							
4АВ112В8УЗ		130							
4АВ132А4УЗ	225	145	115	65	65	20	20	18	19
4АВ132В4УЗ			160						

4AB132A6Y3	158	115						
4AB132B6Y3		160						
4AB132A8Y3		115						
4AB132B8Y3		160						

Продолжение табл. А2

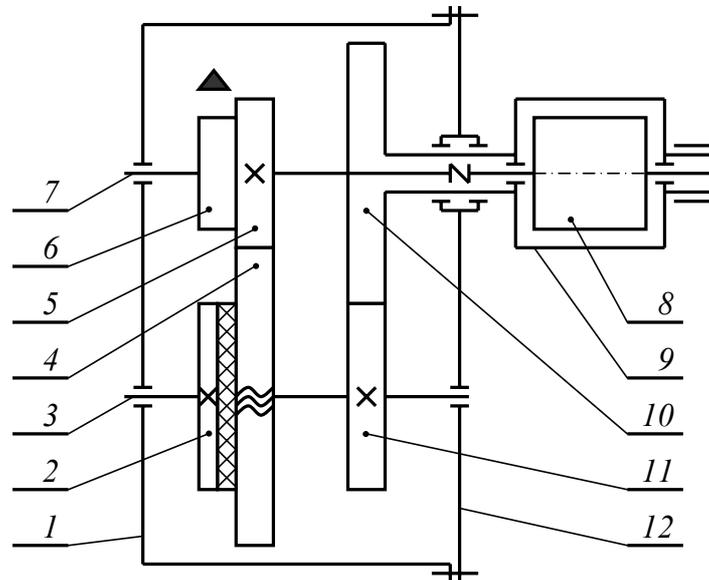
Тип	Ротор			Вентилятор			Масса, кг
	Размеры, мм						
	$d_{39}$	$d_{40}$	$l_{57}$	$h_{37}$	$l$	$l_{59}$	
4AB80A4Y3	83,5 h7	32 H7	20	34,8	32,5	49	82,00
4AB80B4Y3					38		10,10
4AB90A6Y3	99,5 h7					55	13,50
4AB100A4Y3	104,4 h7	37 H7	33	39,8	45	59	17,00
4AB100B4Y3							20,40
4AB100B6Y3	112,4 h7						18,90
4AB100B8Y3							
4AB112A4Y3	125,4 h7						25,87
4AB112A6Y3	131,3 h7	43 H7	37	46,3	45	66	20,83
4AB112B6Y3							26,47
4AB112A8Y3							20,93
4AB112B8Y3							26,22
4AB132A4Y3	144,3 h7						35,37
4AB132B4Y3	157,3 h7	54 H7	45	57,3	51	74	46,53
4AB132A6Y3							34,06
4AB132B6Y3							45,00
4AB132A8Y3							37,09
4AB132B8Y3							49,52

### А3. МОЩНОСТИ ДВИГАТЕЛЕЙ СЕРИИ 4 А ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПВ И ЧАСТОТА ИХ ВРАЩЕНИЯ

Тип двигателя	Мощность, кВт					Частота вращения под нагрузкой, мин <sup>-1</sup>
	ПВ, %					
	15	25	40	60	100	
1	2	3	4	5	6	7
Синхронная частота вращения 1500 мин <sup>-1</sup>						
4AC80A4Y3	1,6	1,3	1,30	1,1	0,95	1358
4AC80B4Y3	2,1	1,7	1,70	1,5	1,3	1335
4AC100A4Y3	4,0	3,7	3,20	2,8	2,3	1395
4AC100B4Y3	5,5	5,0	4,25	3,8	3,3	1395
4AC132A4Y3	11,8	9,5	8,50	7,5	7,1	1395
4AC132B4Y3	16,0	14,0	11,70	10,5	9,0	1410
Синхронная частота вращения 1000 мин <sup>-1</sup>						
4AC100B6Y3	3,1	2,9	2,6	2,2	1,8	920
4AC112A6Y3	4,5	3,8	3,2	2,8	2,5	910
4AC112B6Y3	5,6	5,0	4,2	3,8	3,2	910
4AC132A3Y3	8,5	7,5	6,3	6,0	4,5	940
4AC132B3Y3	11,0	10,0	8,5	7,5	6,3	940
Синхронная частота вращения 750 мин <sup>-1</sup>						

4AC100B8Y3	1,8	1,6	1,6	1,5	1,2	675
4AC112A8Y3	3,0	2,6	2,2	1,9	1,5	670
4AC112B8Y3	4,2	3,6	3,2	2,5	1,9	690
4AC132A8Y3	6,0	5,0	4,5	3,6	2,6	690
4ACB8Y3	8,5	7,1	6,0	5,0	3,6	690

**Задание Б1. Спроектировать таль электрическую со встроенным в барабан электродвигателем механизма подъема**



**Рис. Б1. Схема механизма подъема тали:**

1 – корпус редуктора; 2 – тормоз грузопорный; 3 – вал промежуточный;  
4 – колесо быстроходное; 5 – шестерня; 6 – тормоз; 7 – вал быстроходный; 8 – электродвигатель;  
9 – барабан; 10 – колесо тихоходное; 11 – шестерня; 12 – крышка редуктора

№ варианта	Величины				
	$G$	$V_1$	$H$	ПВ	$V_2$
1	2,5	0,25	10	15	20
2	2,5	0,20	12	25	20
3	3,0	0,25	10	15	20
4	3,0	0,20	12	25	20
5	5,0	0,25	10	15	20
6	5,0	0,20	12	25	15
7	7,0	0,20	10	15	15
8	7,0	0,15	12	25	15
9	7,5	0,15	10	15	15
10	7,5	0,10	12	25	15
11	10,0	0,15	10	15	12
12	10,0	0,10	12	25	12
13	12,5	0,15	10	15	12
14	12,5	0,10	12	25	12
15	15,0	0,15	10	15	12
16	15,0	0,10	12	25	12

$G$  – грузоподъемность, кН;  
 $V_1$  – скорость подъема груза, м/с;  
 $H$  – высота подъема, м;  
ПВ – продолжительность включения, %;  
 $V_2$  – скорость передвижения тали, м/мин.

Разработать:

1. Таль электрическую (общий вид).
2. Механизм подъема тали (сборочный чертеж).
3. Механизм передвижения тали (сборочный чертеж).
4. Рабочие чертежи деталей редуктора механизма подъема.

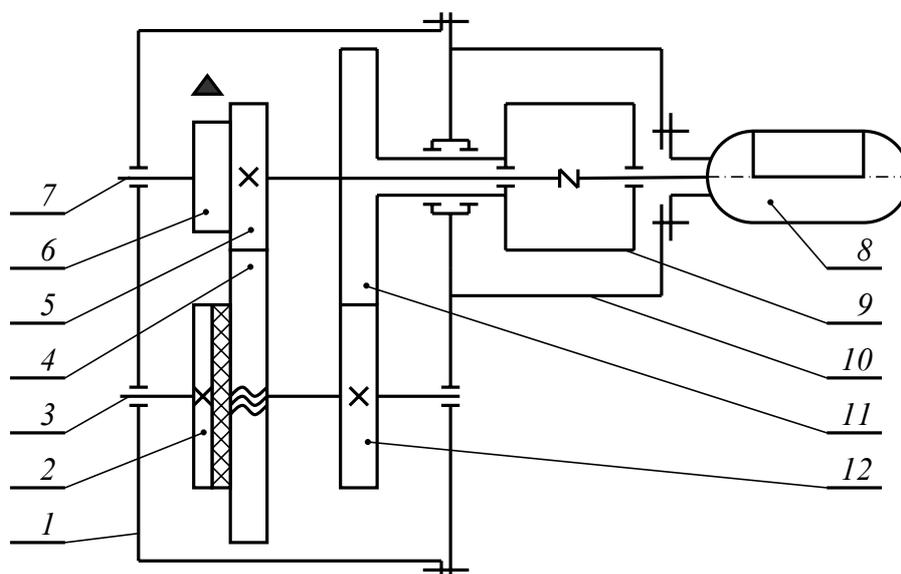
Рассчитать:

Механизм подъема тали, механизм передвижения тали, валы и опоры, тормоз колодочный, тормоз грузопорный, подвеску крюковую.

Принять:

Срок службы механизмов – 5 лет.

**Задание Б2. Спроектировать таль электрическую с фланцевым электродвигателем механизма подъема**



**Рис. Б2. Схема механизма подъема тали:**

1 – корпус редуктора; 2 – тормоз грузоупорный; 3 – вал промежуточный;  
4 – колесо быстроходное; 5 – шестерня; 6 – тормоз; 7 – вал быстроходный; 8 – электродвигатель;  
9 – барабан; 10 – корпус тали; 11 – колесо тихоходное; 12 – шестерня

№ варианта	Величины				
	$G$	$V_1$	$H$	ПВ	$V_2$
1	2,5	0,25	10	15	20
2	2,5	0,20	12	25	20
3	5,0	0,25	10	15	20
4	5,0	0,20	12	25	20
5	7,5	0,25	10	15	20
6	7,5	0,20	12	25	15
7	10,0	0,20	10	15	15
8	10,0	0,15	12	25	15
9	12,5	0,15	10	15	15
10	12,5	0,10	12	25	15
11	15,0	0,15	10	15	12
12	15,0	0,10	12	25	12
13	20,0	0,15	10	15	12
14	20,0	0,10	12	25	12
15	25,0	0,15	10	15	12
16	25,0	0,10	12	25	12

$G$  – грузоподъемность, кН;  
 $V_1$  – скорость подъема груза, м/с;  
 $H$  – высота подъема, м;  
ПВ – продолжительность включения, %;  
 $V_2$  – скорость передвижения тали, м/мин.

Разработать:

1. Таль электрическую (общий вид).
2. Механизм подъема тали (сборочный чертеж).
3. Механизм передвижения тали (сборочный чертеж).
4. Рабочие чертежи деталей редуктора механизма подъема.

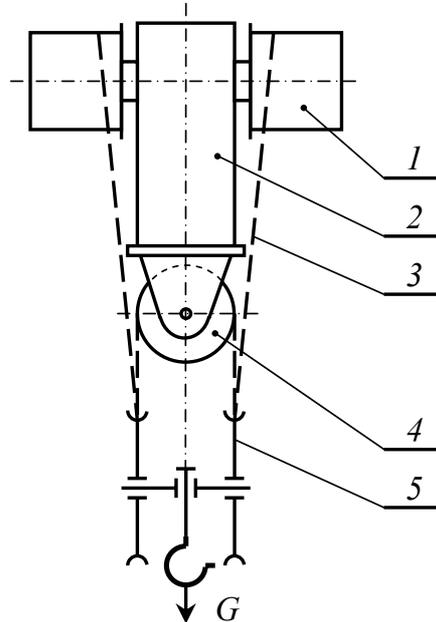
Рассчитать:

Механизм подъема тали, механизм передвижения тали, валы и опоры, тормоз колодочный, тормоз грузоупорный, подвеску крюковую.

Принять:

Срок службы механизмов – 10 лет.

**Задание Б3. Спроектировать ручную червячную таль. Механизм подъема включает в себя тяговую звездочку, закрепленную на тихоходном валу червячного редуктора. Барабаны разместить с двух сторон тихоходного вала. Уравнительный блок полиспаста разместить на корпусе редуктора**



**Рис. Б3. Кинематическая схема механизма подъема с червячным редуктором:**  
 1 – барабан; 2 – редуктор; 3 – канат; 4 – блок уравнительный; 5 – подвеска крюковая

№ варианта	Величины				
	$G$	$V_1$	$H$	ПВ	$V_2$
1	10	0,20	10	15	20
2	10	0,15	10	15	20
3	12	0,12	10	15	20
4	12	0,10	10	15	20
5	15	0,20	10	15	20
6	15	0,15	10	15	15
7	20	0,12	10	15	15
8	20	0,10	10	15	15
9	25	0,20	15	25	15
10	25	0,15	15	25	15
11	30	0,12	15	25	12
12	30	0,10	15	25	12
13	40	0,20	15	25	12
14	40	0,15	15	25	12
15	50	0,12	15	25	12
16	50	0,10	15	25	12

Разработать:

1. Таль червячную (общий вид).
2. Механизм подъема тали (сборочный чертеж).
3. Механизм передвижения тали (сборочный чертеж).
4. Рабочие чертежи деталей редуктора механизма подъема.

Рассчитать:

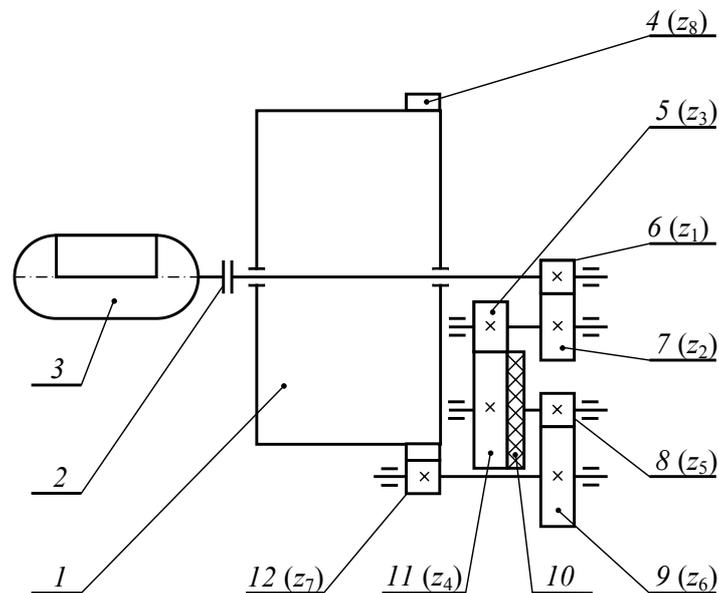
Механизм подъема тали, механизм передвижения тали, валы и опоры, подвеску крюковую.

Принять:

Срок службы механизмов – 10 лет.

$G$  – грузоподъемность, кН;  
 $V_1$  – скорость подъема груза, м/с;  
 $H$  – высота подъема, м;  
 ПВ – продолжительность включения, %;  
 $V_2$  – скорость передвижения тали, м/мин.

**Задание Б4. Спроектировать таль электрическую с фланцевым электродвигателем механизма подъема**



**Рис. Б4. Схема механизма подъема тали:**

1 – барабан; 2 – муфта; 3 – электродвигатель; 4 – колесо тихоходное ( $z_8$ );  
5 – шестерня ( $z_3$ ); 6 – шестерня ( $z_1$ ); 7 – колесо ( $z_2$ ); 8 – шестерня ( $z_5$ ); 9 – колесо ( $z_6$ );  
10 – тормоз; 11 – колесо ( $z_4$ ); 12 – шестерня ( $z_7$ )

№ варианта	Величины				
	$G$	$V_1$	$H$	ПВ	$V_2$
1	8	0,20	10	15	20
2	8	0,20	12	25	20
3	10	0,20	10	15	20
4	10	0,20	12	25	20
5	12	0,20	10	15	20
6	12	0,20	12	25	15
7	14	0,20	10	15	15
8	14	0,20	12	25	15
9	15	0,10	10	15	15
10	15	0,10	12	25	15
11	16	0,10	10	15	12
12	16	0,10	12	25	12
13	20	0,10	10	15	12
14	20	0,10	12	25	12
15	25	0,10	10	15	12
16	25	0,10	12	25	12

$G$  – грузоподъемность, кН;  
 $V_1$  – скорость подъема груза, м/с;  
 $H$  – высота подъема, м;  
ПВ – продолжительность включения, %;  
 $V_2$  – скорость передвижения тали, м/мин.

Разработать:

1. Таль электрическую (общий вид).
2. Механизм подъема тали (сборочный чертеж).
3. Механизм передвижения тали (сборочный чертеж).
4. Рабочие чертежи деталей редуктора механизма подъема.

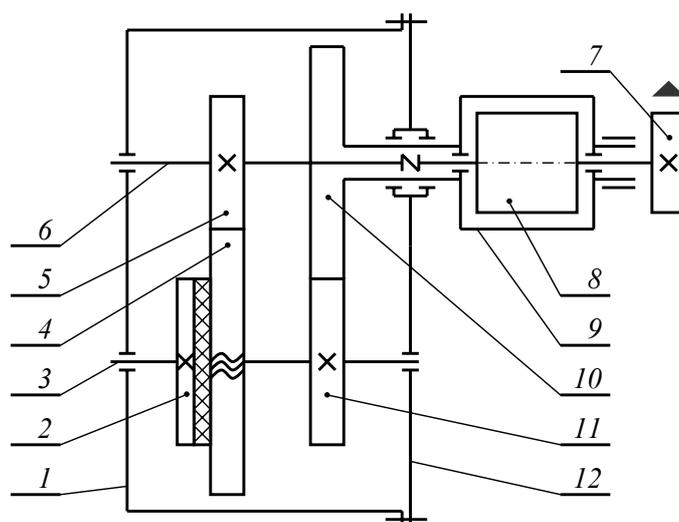
Рассчитать:

Механизм подъема тали, механизм передвижения тали, валы и опоры, тормоз колодочный, тормоз грузоупорный, подвеску крюковую.

Принять:

Срок службы механизмов – 10 лет.

**Задание Б5. Спроектировать таль электрическую  
со встроенным в барабан электродвигателем механизма подъема**



**Рис. Б5. Схема механизма подъема тали:**

1 – корпус редуктора; 2 – тормоз грузоупорный; 3 – вал промежуточный; 4 – колесо быстроходное; 5 – шестерня; 6 – вал быстроходный; 7 – тормоз; 8 – электродвигатель; 9 – барабан; 10 – колесо тихоходное; 11 – шестерня; 12 – крышка редуктора

№ варианта	Величины				
	$G$	$V_1$	$H$	ПВ	$V_2$
1	2,5	0,25	12	15	20
2	3,0	0,20	12	15	20
3	3,5	0,25	12	15	20
4	4,0	0,20	12	15	20
5	4,5	0,25	12	15	20
6	5,0	0,20	12	15	15
7	5,5	0,20	12	15	15
8	7,0	0,15	12	15	15
9	7,5	0,15	16	25	15
10	8,0	0,10	16	25	15
11	8,5	0,15	16	25	12
12	10,0	0,10	16	25	12
13	10,5	0,15	16	25	12
14	12,0	0,10	16	25	12
15	12,5	0,15	16	25	12
16	15,0	0,10	16	25	12

$G$  – грузоподъемность, кН;  
 $V_1$  – скорость подъема груза, м/с;  
 $H$  – высота подъема, м;  
ПВ – продолжительность включения, %;  
 $V_2$  – скорость передвижения тали, м/мин.

Разработать:

1. Таль электрическую (общий вид).
2. Механизм подъема тали (сборочный чертеж).
3. Механизм передвижения тали (сборочный чертеж).
4. Рабочие чертежи деталей редуктора механизма подъема.

Рассчитать:

Механизм подъема тали, механизм передвижения тали, валы и опоры, тормоз колодочный, тормоз грузоупорный, подвеску крюковую.

Принять:

Срок службы механизмов – 10 лет.

# Содержание

<b>ВВЕДЕНИЕ</b>	3
.....	
1. УСТРОЙСТВО ТАЛЕЙ	3
1.1. Ручные тали	3
1.2. Пневматические тали	5
1.3. Электрические тали	5
2. МЕХАНИЗМЫ ПОДЪЕМА ТАЛЕЙ	8
2.1. Устройство механизма подъема	8
2.2. Расчет механизма подъема электротали	16
2.3. Конструкция грузоупорного тормоза	18
2.4. Расчет параметров грузоупорного тормоза	20
2.5. Конструкция колодочного тормоза	21
2.6. Расчет параметров колодочного тормоза	22
2.7. Барабан механизма подъема тали	23
3. МЕХАНИЗМ ПЕРЕДВИЖЕНИЯ ТАЛИ	24
3.1. Устройство механизма передвижения	24
3.2. Энергетический и кинематический расчеты механизма передвижения ...	26
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	27
Приложение А	28
Приложение Б	31

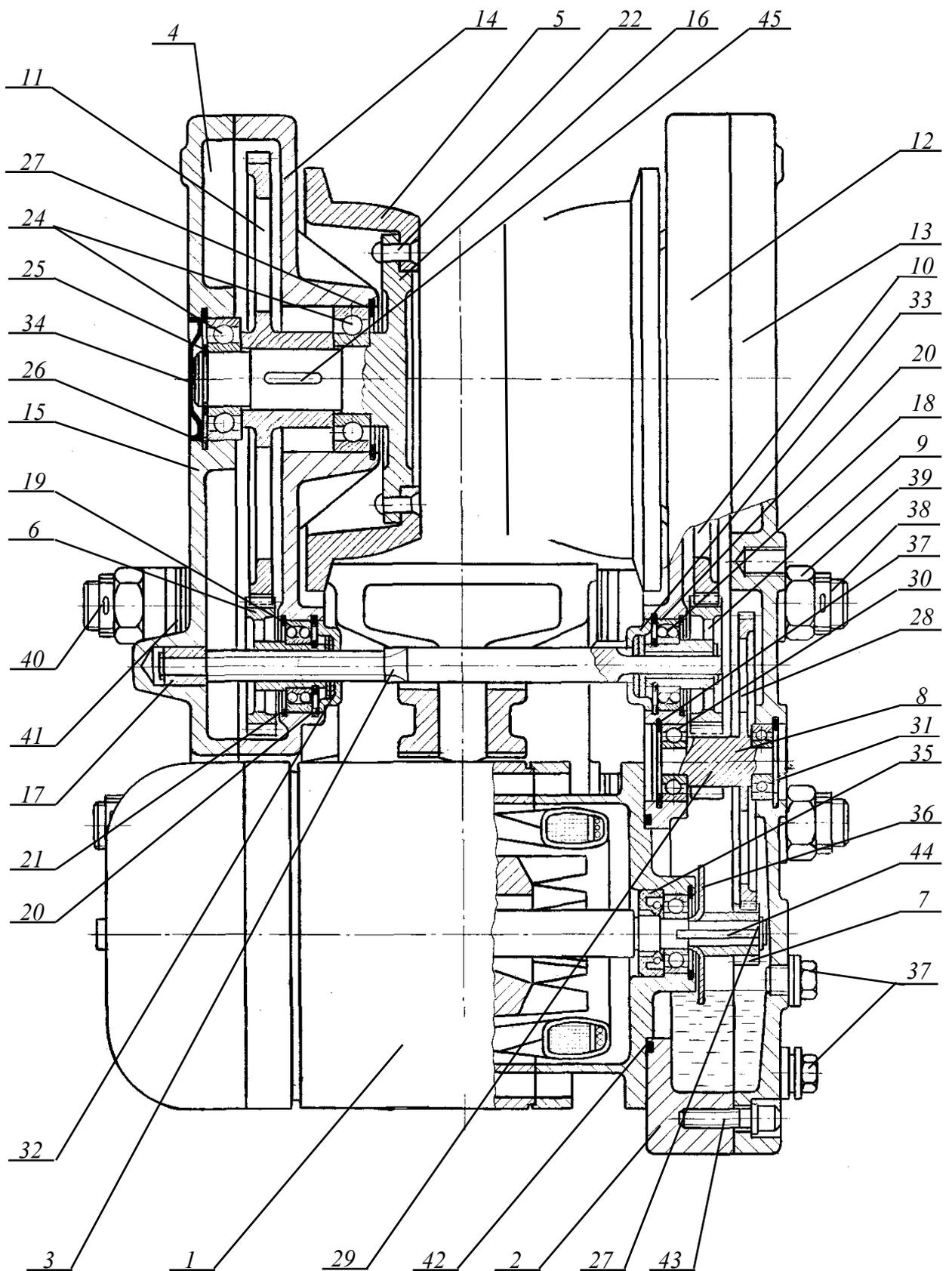


Рис. 13. Устройство механизма передвижения