



СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
SIBERIAN FEDERAL UNIVERSITY

А. В. Гилев, В. Т. Чесноков, А. О. Шигин

МОНТАЖ ГОРНЫХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

Учебное
пособие

УМО

ИНСТИТУТ ГОРНОГО ДЕЛА И ГЕОТЕХНОЛОГИЙ

ГОРНЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ



Министерство образования и науки Российской Федерации

Сибирский федеральный университет

А. В. Гилёв, В. Т. Чесноков, А. О. Шигин

МОНТАЖ ГОРНЫХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

Допущено Учебно-методическим объединением вузов Российской Федерации по образованию в области горного дела в качестве учебного пособия для студентов вузов, обучающихся по специальности «Горные машины и оборудование» направления подготовки дипломированных специалистов «Технологические машины и оборудование», 19.02.10

Красноярск
СФУ
2012

УДК, 622.232.7(07)
ББК 33-5я73
Г47

Рецензенты: Н. Г. Кю, доктор технических наук, профессор ведущий научный сотрудник Института горного дела СО РАН;

Т. Т. Ереско, доктор технических наук, профессор Сибирского государственного аэрокосмического университета им. акад. М. Ф. Решетнёва

Гилёв, А. В.

Г47 **Монтаж горных машин и оборудования : учеб. пособие / А. В. Гилёв, В. Т. Чесноков, А. О. Шигин. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2012. – 256 с.**
ISBN 978–5–7638–2213–7

Рассмотрены теоретические и практические основы сборки узлов и монтажа горных машин и оборудования. Даны сведения об устройстве и оборудовании монтажной площадки, показано размещение на ней деталей, узлов и механизмов экскаваторов-мехлопат, экскаваторов-драглайнов, роторной и отвальной техники, драг и конвейерных линий, приведены укрупненные сетевые графики их монтажа и состав работ. Представлены сведения об устройстве и расчете основных параметров фундаментов, показаны особенности установки на них машин и оборудования. В практической части даны сведения о сборке зубчатых передач и подшипниковых узлов, балансировке вращающихся изделий, а также о такелажных работах и правилах безопасности при их выполнении.

Предназначено для студентов специальности по направлению 130400 «Горное дело» (профиль подготовки 130400.65 «Горные машины и оборудование») и бакалавров по направлению подготовки 151000 «Технологические машины и оборудование» (профиль подготовки 151000.62.06 «Металлургические машины и оборудование»), а также для горных инженеров, занимающихся эксплуатацией горной техники.

УДК 622.232.7(07)
ББК 33-5я73

ISBN 978–5–7638–2213–7

© Сибирский федеральный университет, 2012

ВВЕДЕНИЕ

Увеличение добычи полезных ископаемых обеспечивается за счет эффективной эксплуатации и увеличения производственных мощностей действующих шахт и карьеров, а также строительства новых горных предприятий в районах, где находятся большие запасы полезных ископаемых.

В настоящее время на горно-металлургических предприятиях используют различные виды горного, транспортного, металлургического и обогатительного оборудования отечественного и зарубежного производства. Наряду с оборудованием малой мощности на горных предприятиях применяют оборудование большой мощности и сверхмощное.

Количественный рост парка оборудования сопровождается качественным его изменением: увеличением мощности, грузоподъемности транспортных средств, созданием более безопасного, надежного и ремонтпригодного оборудования, обладающего удобством в управлении и комфортностью.

Одним из важных этапов технической эксплуатации горной техники является ее монтаж, который в стоимостном выражении может составлять до 50 % от стоимости оборудования, а по времени может происходить от нескольких недель до нескольких лет.

Монтаж горных машин и оборудования усложняется тем, что этот вид техники является в основном крупногабаритным и металлоемким. Это обстоятельство создает значительные проблемы при поставке машин, их транспортировке, монтаже и испытаниях.

Большое значение имеет монтаж машин и оборудование на фундаменты. С одной стороны, фундаменты должны быть прочными, надежными и удовлетворять требованиям нормативно-технической документации, предусмотренной при устройстве этих фундаментов. С другой стороны, они должны защищать устанавливаемые на них машины и оборудование от воздействия внешних факторов, таких как вибрация, сдвиг, деформация и т. д.

Одним из важных этапов монтажа является сборка машин и оборудования, в процессе которой осуществляются операции горизонтирования, соосности, центровки, а также пуско-наладочные работы.

Технологический процесс монтажа требует современного подъемно-транспортного оборудования большой грузоподъемности, скоростных методов сборки узлов и машин, существенных материальных и людских ресурсов, высокой квалификации работающего в этой сфере персонала и строгого соблюдения правил техники безопасности при выполнении стропальных, такелажных и монтажных работ.

Учебное пособие предназначено для подготовки специалистов по направлениям 130400 «Горное дело» и 150000 «Технологические машины и оборудование».

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СБОРКИ И МОНТАЖА ГОРНЫХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

1.1. Виды эксплуатации технологического оборудования

Сборка и монтаж как самостоятельные технологические процессы, обеспечивающие подготовку техники к работе, являются составной частью системы эксплуатации технологических машин и оборудования. Эти процессы происходят на протяжении всего периода эксплуатации техники – от её испытаний, приемки, доставки, монтажа и до ремонта и списания, – сочетая не только сборку и монтаж, но и разборку и демонтаж.

Эксплуатация технологического оборудования – процесс организации производственных и технических мероприятий, направленных на рациональное использование средств комплексной механизации работ при достижении их максимальной производительности и минимальной себестоимости единицы продукции.

На предприятии должна быть единая система эксплуатации технологического оборудования, включающая производственные и технические мероприятия, улучшающие организацию использования машины, их планово-предупредительные ремонты, диагностику, повышение безопасности работы, подготовку кадров, модернизацию, хранение и консервацию оборудования (рис. 1). Эксплуатацию технологического оборудования можно разделить на производственную и техническую.

Комплекс мероприятий, входящий в производственную эксплуатацию, должен быть направлен на рациональную и бесперебойную работу оборудования за счет качественной подготовки кадров, правильного выбора горных машин, высокой организации их работы и рационального использования.

Подготовка кадров включает в себя обучение обслуживающего персонала и инженерно-технических работников.

Все рабочие и инженерно-технический персонал, поступающие на предприятие, подлежат предварительному медицинскому освидетельствованию, а работники, задействованные на горных работах, –

периодическому переосвидетельствованию на предмет их профессиональной пригодности в соответствии с действующими нормативными документами. Лица, поступающие на горное предприятие, должны пройти предварительное обучение по технике безопасности (ТБ) с отрывом от производства и в течение трех дней сдать экзамены по утвержденной программе комиссии под председательством главного инженера предприятия или его заместителя (ранее работающие на горном предприятии или переводимые с одной работы на другую – в течение двух дней).



Рис. 1. Виды и структура эксплуатации горного оборудования

Повторный инструктаж по ТБ проводится не реже двух раз в год. После предварительного обучения по ТБ работник должен пройти обучение профессии в объеме и сроках, предусмотренных программой, и сдать экзамен.

К управлению горными и транспортными машинами допускаются лица, прошедшие специальное обучение, сдавшие экзамены и получившие удостоверение на право управления соответствующей машиной.

Машинисты и помощники машинистов горных и транспортных машин, управление которых связано с оперативным включением и отключением электроустановок, должны иметь квалификационную группу по ТБ в соответствии с Правилами технической эксплуатации

электроустановок потребителей и Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей в зависимости от напряжения (табл. 1).

Таблица 1

Квалификационные группы машинистов и помощников машинистов горных и транспортных машин

Напряжение, В	Профессия	Квалификационная группа
До 1 000	Машинист	Не ниже III
	Помощник машиниста	Не ниже II
Выше 1 000	Машинист	Не ниже IV
	Помощник машиниста	Не ниже III

Наличие указанных квалификационных групп по ТБ дает право машинистам (помощникам машиниста) производить оперативное переключение и техническое обслуживание только в пределах закрепленной за ними горной (транспортной) машины и её переключательного пункта.

Проверка знаний безопасных методов работы машинистами (помощниками машинистов) горных (транспортных) машин должна проводиться ежегодно.

К техническому руководству горными работами допускаются лица, имеющие законченное высшее или среднее горнотехническое образование или право ответственного ведения горных работ.

Руководящие и инженерно-технические работники (ИТР) горных предприятий, а также организаций, разрабатывающих для этих предприятий проекты и оборудование, обязаны не реже одного раза в три года проходить проверку знаний правил безопасности и инструкций в вышестоящей организации или органах Ростехнадзора. При этом ИТР сдают экзамены по Единым правилам безопасности при разработке месторождений открытым (или подземным) способом.

Выбор и рациональное использование горного оборудования должны осуществляться в соответствии с горно-геологическими и климатическими условиями предприятия, а также физико-механическими свойствами горных пород.

Техническая эксплуатация горных машин и оборудования содержит следующие мероприятия: подготовку техники к эксплуатации, соблюдение требований нормативно-технической документации в

процессе её работы, техническое обслуживание и ремонт, диагностику, модернизацию, хранение и консервацию (рис. 1).

Подготовка техники к эксплуатации включает в себя приемку и доставку деталей и узлов к месту монтажа, оборудование монтажной площадки, проведение монтажных работ и сдачу машины в эксплуатацию.

При подготовке техники к эксплуатации большое значение имеет комплекс монтажных работ, содержащий составление организационно-распорядительной, технико-экономической и технологической документации, обоснование людских и технических ресурсов, обеспечение ими технологического процесса монтажа и т. д.

1.2. Основные этапы монтажных работ

1.2.1. Термины и определения, применяемые при монтаже [1, 2]

Монтаж – это комплекс работ по сборке, установке и выверке машины на фундаменте, рабочем месте или монтажной площадке с последующей регулировкой, наладкой, испытанием и сдачей машины в эксплуатацию.

Демонтаж – процесс разборки машины в минимально необходимом объеме для транспортирования, ремонта или передачи в металлолом.

Сборка машины – совокупность сборочных операций по соединению, координированию и закреплению в определенной последовательности окончательно обработанных деталей и узлов с целью получения машины, соответствующей сборочному чертежу и установленным для неё технологическим требованиям.

Разборка машины (частичная или полная) – последовательный процесс разделения машины на узлы и детали для их осмотра, замены и ремонта.

Сборочная операция – часть процесса сборки, выполняемая над одним узлом или изделием, входящим в состав готовой машины.

Узел – разъёмное или неразъёмное соединение нескольких деталей. Узел может состоять из продуктов первого порядка, второго порядка и т. д.

Деталь – часть машины, выполняемая без применения сборочных операций.

Монтажный узел – часть или группа монтируемого оборудования, которую целесообразно и возможно поднять и установить в проектное положение имеющимися грузоподъемными средствами.

Базовая деталь (базовый узел) – деталь (узел), к которой (которому) последовательно монтируются другие детали (узлы).

Технологическая схема монтажа – утвержденный заводом-изготовителем или монтажной организацией документ, указывающий порядок сборки деталей и узлов в готовую машину, массу узлов, описание работ на этапе и подъемные средства.

Сборочный чертеж – утвержденный заводом-изготовителем или монтажной организацией документ, по которому выполняют сборочные работы.

График монтажа – документ, утвержденный монтажной организацией и согласованный с потребителем, в котором указаны перечень и последовательность сборочных работ, а также их продолжительность на определенном этапе. График может быть сетевой или линейный.

Такелажные работы – операции по подъему и перемещению узлов, деталей в процессе монтажа и демонтажа, а также при удержании их на весу при закреплении или снятии.

Такелажное оборудование – специальное грузоподъемное устройство, предназначенное для выполнения такелажных работ. Оно имеет очень широкую номенклатуру, грузоподъемность – от нескольких сотен килограмм до нескольких тысяч тонн.

Монтажная площадка – специальная территория (участок), на которой осуществляется монтаж или демонтаж машины.

1.2.2. Общий состав монтажных работ

Монтажные работы подразделяются на подготовительные, производственные и заключительные [3].

Монтаж горных машин обычно ведет предприятие, которое в дальнейшем будет эксплуатировать машины. Однако его может осуществлять специальная монтажная организация. Для руководства подготовкой к монтажу, ходом его выполнения, соблюдением сроков и контроля установленной стоимости работ назначается начальник монтажа.

Техническое руководство монтажными работами, регулировку и наладку механизмов и электрооборудования осуществляет шеф-инженер, приглашаемый от завода-изготовителя машины.

Подготовительные работы. Подготовительные работы по времени занимают до 50 % от продолжительности всех монтажных работ.

Состав подготовительных работ предусматривает следующие мероприятия:

1. Подготовку документации (чертежей, схем, планов-графиков, актов и др.).
2. Разработку технологического процесса монтажа.
3. Разработку графиков использования рабочей силы и оборудования.
4. Устройство монтажной площадки.
5. Доставку и размещение деталей, узлов и оборудования на монтажной площадке.
6. Проверку комплектности и приемку деталей и узлов машины.
7. Расконсервацию деталей и узлов.
8. Комплектование сборочных узлов.
9. Устройство и приемку дорог и подъездных путей к монтажной площадке.

Производственные работы. Состав производственных работ предусматривает следующие мероприятия:

1. Установку на монтажной площадке такелажного оборудования и средств.
2. Проведение такелажных работ, связанных с перемещением, подъемом и установкой отдельных сборочных единиц и узлов.
3. Общую сборку машины.
4. Регулировку и наладку узлов, гидравлической, пневматической и электрической частей машины.
5. Опробование узлов и машины в целом в работе на холостом ходу, без нагрузок.

Производственные работы ведут последовательным, параллельным или совмещенным методами.

Заключительные работы. Состав заключительных работ предусматривает следующие мероприятия:

1. Наладку машины после выполнения монтажных работ.
2. Испытание машины, включающее три этапа: испытание на холостом ходу, на 50 % мощности основных приводов и под нагрузкой.

3. Утверждение акта об окончании монтажа и передаче машины потребителю.

4. Доставку машины к месту работы и ввод в эксплуатацию.

Стоимость монтажа горной машины определяют по формуле

$$C_M = \left[C_{3.0} + C_{M.л} + C_{Тр} + C_{эл.} + C_{в1} + C_1 + \left(1 + \frac{H_p}{100}\right) \cdot T_M \cdot C_T \right] \cdot \left(1 + \frac{H_{п}}{100}\right), \text{ руб.},$$

где $C_{3.0}$ – стоимость затрат на эксплуатацию подъемно-транспортного и такелажного оборудования при монтаже, руб.; $C_{M.л}$ – стоимость устройства монтажной площадки, руб.; $C_{Тр}$ – стоимость транспортирования деталей и узлов к монтажной площадке, руб.; $C_{эл.}$ – стоимость электроэнергии, затрачиваемой в период проведения монтажных работ, руб.; $C_{в1}$ – стоимость вспомогательных работ при монтаже машины, руб.; C_1 – стоимость материалов, руб.; H_p – накладные расходы к заработной плате рабочих, руб.; T_M – трудоемкость монтажных работ, чел.-ч; C_T – тарифная часовая ставка рабочего, руб./чел.-ч; $H_{п}$ – плановые накопления к себестоимости монтажных работ, %.

1.3. Поставка, хранение и подготовка машины и оборудования к монтажу

1.3.1. Поставка машины и оборудования

Габаритное оборудование поставляют в собранном виде, а негабаритное – укрупненными блоками. В первую очередь поставляют подъемно-транспортное оборудование для производства монтажных работ.

В комплект поставки машины входит следующая техническая документация:

- паспорт;
- техническая инструкция (руководство) по эксплуатации;
- формуляры с результатами контрольной сборки и испытаний;
- маркировочные ведомости, определяющие порядок сборки;
- сопроводительно-транспортные документы с указанием наименования и количества отгруженного оборудования.

При поступлении машины проверяют:

- техническую документацию;
- комплектность;
- исправность деталей и узлов;
- наличие заводских пломб, пробок и заглушек.

При обнаружении недостатков заказчик составляет коммерческий акт для предъявления рекламации заводу-изготовителю.

1.3.2. Хранение оборудования

Поставляемое оборудование (детали, узлы и механизмы) перед монтажом размещают непосредственно на монтажной площадке либо вне её, в специально отведенных местах и помещениях. В любом случае для хранения оборудования обеспечивают необходимые условия, соответствующие требованиям завода-изготовителя и монтажной организации.

По способу хранения оборудование делят на 4 группы.

Первая группа. Оборудование, не чувствительное к атмосферным осадкам и температурным колебаниям. Его хранят на открытых площадках. К этой группе относят металлоконструкции, трубопроводы, необработанные детали.

Вторая группа. Оборудование, чувствительное к атмосферным осадкам и нечувствительное к температурным колебаниям. Его хранят в полужакрытых складах. Это базовые детали, узлы с подшипниками скольжения, машины и механизмы, не имеющие встроенного электрооборудования.

Третья группа. Оборудование, чувствительное к резким температурным колебаниям (канаты, пневмогидроцилиндры, детали с обработанными поверхностями). Оборудование хранят в плотно закрытых помещениях.

Четвертая группа. Оборудование, чувствительное к осадкам и перепадам температуры (подшипники качения и жидкостного трения, конвейерные резинотканевые ленты, тормозные системы, механизмы со встроенным электрооборудованием). Его хранят в закрытых утепленных складах.

Оборудование хранят в заводской упаковке, обеспечивая доступ к нему для периодического осмотра и контроля.

1.3.3. Подготовка оборудования к монтажу

В процессе подготовки оборудование подвергается предмонтажной ревизии и укрупненной сборке. Во время ревизии производят расконсервацию оборудования, продувку деталей и отверстий сжатым воздухом. Устраняют выявленные дефекты.

Расконсервацию выполняют продувкой паром либо сухим горячим воздухом с последующей промывкой горячим маслом при температуре 70–80 °С. Часто используют погружение в промышленное масло, нагретое до 150 °С. Поврежденные места очищают, смазывают и при необходимости окрашивают.

Передача оборудования производится в соответствии с графиком и заявками монтажной организации. Вместе с оборудованием передается также и техническая документация на монтаж.

При передаче оборудования в монтаж проверяют следующее:

- соответствие оборудования проекту;
- выполнение заводом-изготовителем контрольной сборки, обкатки, стендовых и других испытаний;
- комплектность оборудования;
- отсутствие повреждений и дефектов, сохранность защитных покрытий;
- комплектность технической документации заводов-изготовителей, необходимой для производства монтажных работ.

Передачу и приемку оборудования оформляют актом, после подписания которого ответственность за сохранность оборудования возлагается на монтажную организацию до сдачи его в эксплуатацию.

1.4. Устройство и оборудование монтажной площадки

В подготовительный период входят работы по устройству и оборудованию монтажной площадки. Место для монтажной площадки выбирают в непосредственной близости от будущего забоя и как можно ближе к ремонтно-механической базе предприятия, где при необходимости могут быть изготовлены монтажные приспособления, детали и инструменты [3].

Кроме того, следует учитывать транспортные коммуникации (железнодорожные, автомобильные и речные) и линии электропередачи, т. к. они должны быть наименьшей протяженности для обслуживания работ на монтажной площадке.

Горные машины массой до 400 т обычно монтируют на площадке с песчано-гравийным покрытием. Оборудование, масса которого превышает 400 т, монтируют на площадке с бетонным покрытием.

Размеры площадок должны обеспечивать свободное и удобное для монтажа размещение узлов машины и монтажного оборудования (табл. 2).

Таблица 2

Минимальные размеры монтажной площадки для горных машин

Тип горного оборудования	Масса, т	Длина, м	Ширина, м	Покрытие
ЭКГ-5А (Б)	197	40–50	20–30	ПГ
ЭКГ-8И, ЭКГ-10	370/390	60–75	30–45	ПГ
ЭКГ-12,5 ЭКГ-15	660/700	75–80	40–50	Б
ЭШ-10/70, ЭШ-15/90	688/725	75–80	25–30	Б
ЭР-1250, ЭРП-1250	675/1360	150–180	60–80	Б
ЭРШРД-5250, ЭРШРД-5000	4100/4900	200–220	90–110	Б
Драга 250 ДС*	1950	70–75	60–65	К
Драга ОМ-431*	3252	105–110	85–90	К
Драга 600 Д*	10331	110–115	100–105	К

Примечание. * – обозначены размеры по поверхности котлована; ПГ – песчано-гравийное покрытие; Б – бетонное покрытие; К – котлован.

Площадке не должны угрожать обвалы, оползни и грунтовые воды. Она должна находиться в непосредственной близости от буровзрывных работ.

Монтажная площадка должна быть оборудована тупиковой железнодорожной сетью, системой снабжения электроэнергией напряжением 380 В для питания подъемно-транспортного и технологического оборудования и 6 000–10 000 В для испытания и наладки электрооборудования машины, временными складскими помещениями для хранения узлов, инструментов и приспособлений, складами для горюче-смазочных и строительных материалов, бытовыми помещениями и осветительными установками (рис. 2).

На монтажной площадке находятся служебные помещения, предназначенные для руководства монтажной организации, предприятия-заказчика и представителей фирм-поставщиков горной техники (шеф-инженер и др.).

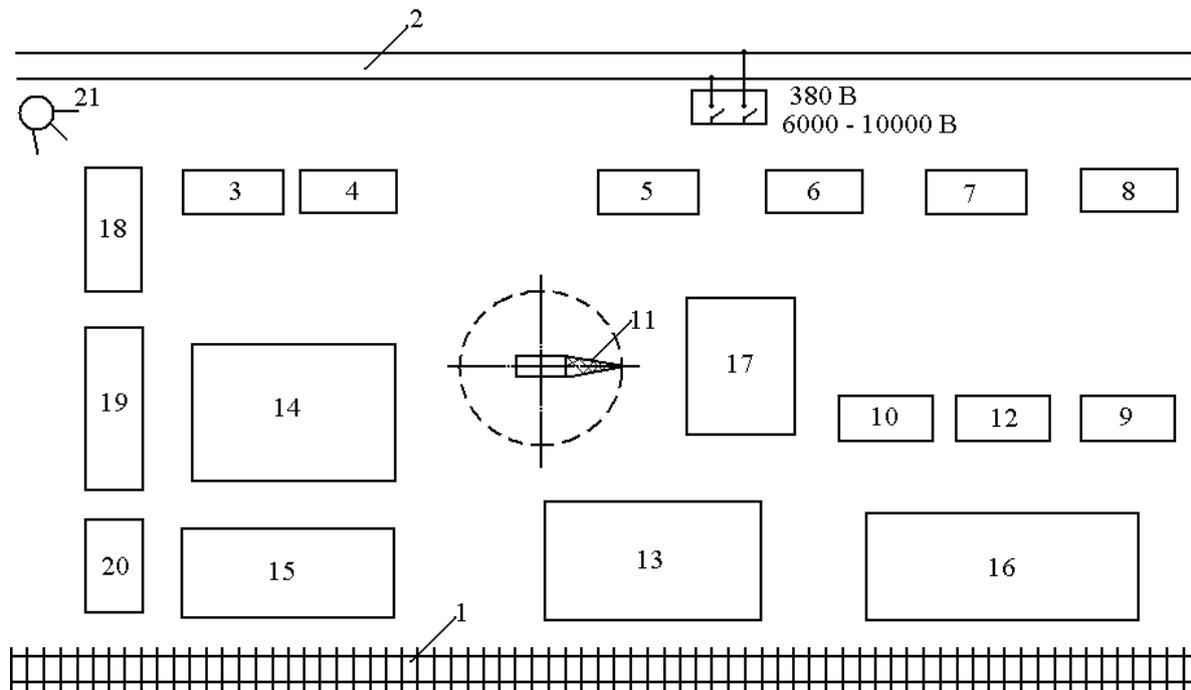


Рис. 2. Оборудование монтажной площадки для экскаваторов-мехлопат: 1 – железнодорожный путь; 2 – электросеть; 3 – управление монтажной организации; 4 – управление заказчика; 5 – ремонтно-механические мастерские; 6 – инструментально-складские помещения; 7 – гардеробная и душевая; 8 – столовая; 9 – склад лесоматериалов; 10 – пожарный водоем; 11 – грузоподъемное оборудование; 12 – бытовые помещения; 13 – площадка для сборки; 14 – площадка для хранения электро-, пневмо- и гидрооборудования; 15–17 – площадки для размещения узлов и механизмов; 18 – сварочный пост; 19 – компрессорная станция; 20 – склад для вспомогательных грузоподъемных средств; 21 – средства освещения

Монтажная площадка должна быть оборудована охранной сигнализацией и противопожарными средствами, обеспечивающими круглогодичную гарантированную защиту работников, техники, помещений, оборудования и средств от возникновения пожаров. При этом особое внимание должно быть уделено сварочным постам, складам с лесоматериалами, топливом и горюче-смазочными веществами. К площадке прокладывают железнодорожный путь и грунтовую дорогу для подъема автомашин с материалами, подъемных кранов и другого оборудования, а также трассу для перегонки машин к забою.

Выбор грузоподъемного оборудования монтажной площадки зависит от массы сборочных цехов.

В качестве грузоподъемного оборудования в отдельных случаях рассматриваются одноковшовые экскаваторы. При этом должны соблюдаться следующие условия:

а) работы осуществляют с разрешения главного механика карьера (разреза);

б) исключают вероятность опрокидывания стрелы при её подъеме или внезапном снятии нагрузки на стреле;

в) грузоподъемность экскаватора устанавливают не более 60 % от максимального усилия подъема экскаватора;

г) рабочее оборудование (рукоять, ковш) экскаватора снимают;

д) стропы, применяемые для подъема грузов, выполняют в соответствии с Правилами устройства и безопасности эксплуатации грузоподъемных кранов;

е) работы выполняют под наблюдением представителя Ростехнадзора.

1.5. Организация и технология монтажа

1.5.1. Подготовка и организация монтажных работ

В монтаже крупногабаритной и металлоемкой техники могут участвовать несколько проектных и научно-исследовательских институтов, а в поставке оборудования и материалов – до 100 компаний и обществ.

В разгар строительства горно-металлургических предприятий и монтажа техники работают крупные коллективы: до 15 тыс. человек с мощной техникой (до 200 монтажных кранов). Месячный грузопоток оборудования может достигать 6 000–10 000 т. Такая деятельность невозможна без четкой и надежной организации и без управления с помощью современных технологий.

Различают три способа ведения монтажа: подрядный, хозяйственный и совмещенный. По первому способу предприятие-заказчик в плановом порядке привлекает подрядные строительно-монтажные организации, по второму способу – выполняет работы своими ремонтно-

монтажными силами, по третьему способу монтаж техники ведут специализированные монтажные организации совместно с предприятием-заказчиком. Новое крупное строительство с монтажом технологических линий осуществляют главным образом подрядным способом.

Основой современной подготовки и организации монтажа являются:

- применение скоростных индустриальных методов;
- концентрация материальных, трудовых и финансовых ресурсов;
- разделение грузопотоков массовых строительных и монтажных работ.

Различают закрытый и открытый способы монтажа оборудования.

При закрытом способе монтаж начинают после окончания строительных работ и закрытия производственного здания. При открытом способе монтаж начинают после окончания нулевого цикла.

Монтажные организации часто участвуют в проектировании предприятия с начального периода (определяя необходимые финансовые, людские ресурсы и монтажные подъемно-транспортные средства), а далее – до пуска предприятия.

Сфера деятельности монтажных организаций разнообразна и зависит от объема работ, квалификации работников, климатических условий, наличия грузоподъемной техники и т. д.

В общем виде деятельность монтажной организации можно представить следующей схемой (рис. 3).

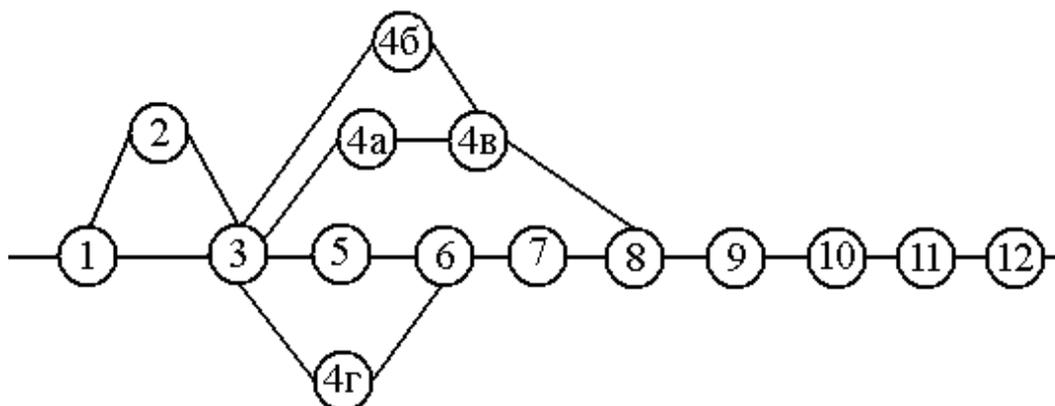


Рис. 3. Обобщенная схема деятельности монтажной организации

В схеме выделены следующие этапы (табл. 3).

Этапы деятельности монтажной организации

№ этапа	Наименование этапа
1	Участие монтажной организации в заключении договоров между заказчиками и поставщиками оборудования на его поставку
2	Разработка дополнительных технических требований на поставку оборудования
3	Комплектование и обработка проектно-сметной документации, выполняемые группами подготовки производства и производственными отделами монтажных организаций
4	Разработка проектно-технологической документации, включая:
4а	геодезическое обоснование монтажа,
4б	проект производства работ,
4в	монтажно-установочные формуляры,
4г	проект механизации монтажных работ
5	Устройство монтажной площадки и (или) монтаж фундаментов и фундаментных болтов
6	Приемка монтажной площадки и (или) фундаментов
7	Приемка оборудования в монтаж на основании технических условий на изготовление и технических требований, а также соответствующих отраслевых стандартов
8	Предмонтажная ревизия и укрупненная сборка оборудования
9	Установка и выверка оборудования на фундаментах
10	Подливка фундаментов оборудования
11	Окончательная сборка оборудования с закрытием редукторов, соединительных муфт, кожухов и ограждений
12	Опробование, наладка и сдача оборудования в эксплуатацию

Различают три метода организации монтажа: последовательный, параллельный и поточный (рис. 4).

При последовательном методе монтаж следующей машины начинают после окончания монтажа предыдущей. Недостаток этого метода – удлинение срока T монтажа оборудования всего объекта:

$$T = T_{\text{ц}} \cdot m, \quad (1)$$

где $T_{\text{ц}}$ – средняя длительность цикла монтажа одной машины; m – число машин.

Кроме того, возникают вынужденные перерывы в работе специализированных бригад.

Интенсивность потребления ресурсов в единицу времени равна

$$r = \frac{R}{T}, \quad (2)$$

где R – общие затраты ресурсов на монтаж агрегатов.

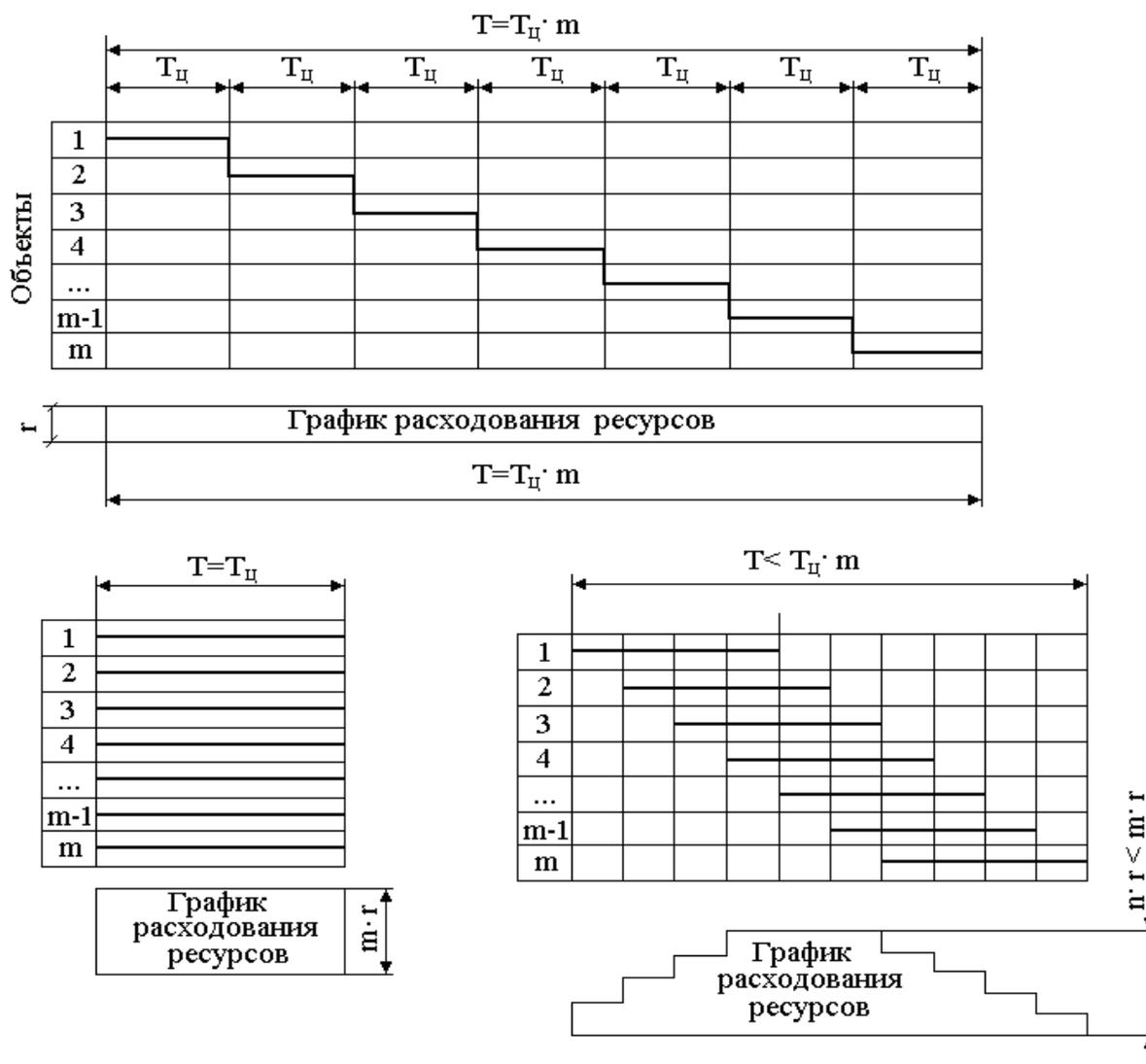


Рис. 4. Методы производства монтажа: последовательный (вверху), параллельный (слева), поточный (справа)

Подставив формулу (2) в формулу (1), получим выражение, определяющее общие затраты ресурсов на монтаже агрегатов:

$$R = T_{ц} \cdot m \cdot r, \quad (3)$$

При параллельном методе монтажа все машины монтируют одновременно, при этом срок монтажа оборудования всего объекта равен времени монтажа оборудования одного агрегата:

$$T = T_{ц}. \quad (4)$$

Для обеспечения этого метода требуется максимальное количество материально-технических ресурсов.

Поточный метод совмещает в себе последовательный и параллельный. Для монтажа каждой из составляющих машин назначают одинаковые сроки и обеспечивают выполнение этих сроков на разных агрегатах, последовательно осуществляя однородные работы на разных агрегатах и параллельно-разнородные.

На монтаж m агрегатов поточным методом идет меньше времени, чем последовательным:

$$T < T_{ц} \cdot m.$$

Наибольшее количество одновременно потребляемых ресурсов будет меньше, чем при параллельном методе:

$$n \cdot r < m \cdot r,$$

где n – количество составляющих агрегатов, так как при поточном методе всегда $m > n$.

При этом сужается специализация монтажных бригад, например, одна бригада последовательно монтирует системы гидравлики на всех агрегатах.

В современных производственных и экономических условиях монтажные организации и предприятия-заказчики ведут монтажные работы в основном с применением поточного метода монтажа технологических машин и оборудования.

1.5.2. Технология монтажа

Все технологическое оборудование разделяют на группы в зависимости от сборки и установки машин на фундаменты. Предварительная сборка и максимальное укрепление узлов являются основными условиями современного скоростного и качественного монтажа оборудования. Обычно предварительная сборка осуществляется на монтажных стендах одновременно со строительством здания и сооружением фундаментов под оборудование. Сборочные стенды организуют в помещениях ремонтно-вспомогательных цехов, а по мере хода строительства они переносятся в основное здание.

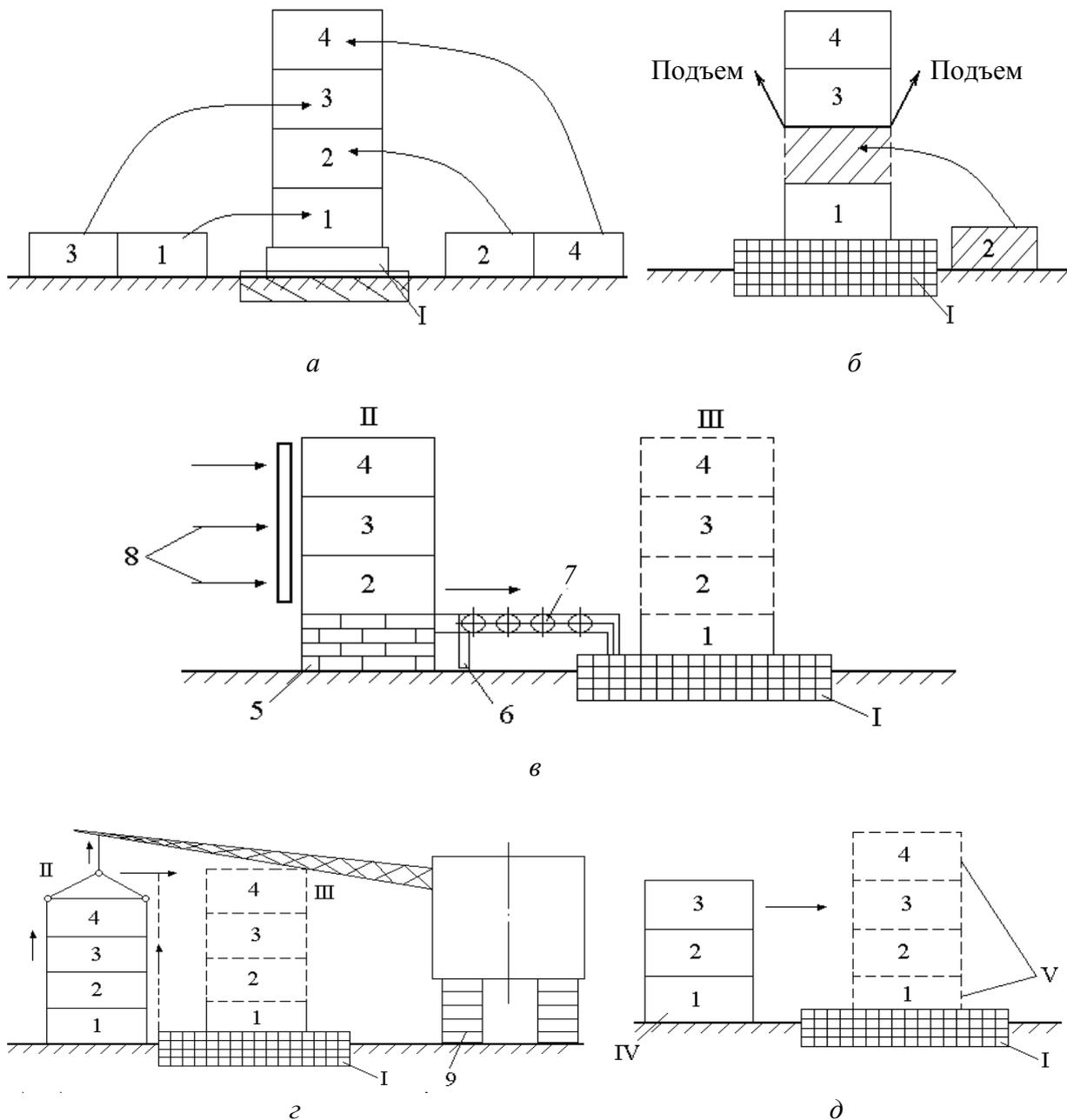


Рис. 5. Способы монтажа и сборки узлов: *а* – последовательный монтаж: I – фундамент; 1 – база; 2–4 – узлы; *б* – ступенчатый монтаж: I – фундамент; 1 – база; 2 – узел, подводимый под верхние узлы; 3, 4 – верхние узлы; *в* – монтаж надвигкой узла: I – фундамент; 1 – база; 2–4 – верхние узлы; 5 – стенд; 6 – настил; 7 – катки; 8 – устройство для передвижки; 9 – кран; II – монтаж узлов на стенде; III – проложение узлов на фундаменте; *г* – сборка машины на стенде и перенос на фундамент краном: I – фундамент; 2–4 – узлы; 9 – кран; II – монтаж узлов на стенде; III – положение узлов на фундаменте; *д* – сборка основных узлов с одновременным укрупнением: I – фундамент; IV – сборка и укрупнение узлов на стенде; V – окончательный монтаж на фундаменте

При монтаже блоков-узлов пользуются следующими способами подачи и сборки узлов на проектных отметках (рис. 5):

а) постепенным наращиванием узлов или последовательным монтажом на базовую деталь, закрепленную на фундаменте;

б) подстройкой или ступенчатым монтажом, при котором поднимают ранее смонтированные узлы и конструкции и подводят под их нижележащие узлы;

в) надвижкой собранного в стороне узла, а иногда и всей конструкции, путем перемещения по настилу на катках или другими приемами до совмещения с проектным положением;

г) сборкой всей машины на стенде с переносом её в готовом виде на место установки при помощи крана;

д) сборкой основных узлов с одновременным укрупнением на стенде и окончательным монтажом машины на фундаменте.

1.6. Монтаж экскаваторов-мехлопат

Основные узлы и механизмы экскаваторов-мехлопат на монтажной площадке располагают таким образом, чтобы они не подвергались многократному подъему, перемещению и монтировались на базе с минимальными затратами (рис. 6). Последовательность монтажных операций рассмотрена на примере ЭКГ-8И, ЭКГ-5А (рис. 7, табл. 4).

1.7. Монтаж экскаваторов-драглайнов

Для монтажа экскаваторов-драглайнов требуется значительный объем материалов и большое количество грузоподъемного оборудования (табл. 5). В качестве примера рассмотрены устройство монтажной площадки Могунского разреза (рис. 8) и порядок сборки экскаватора-драглайна ЭШ-20/90 (рис. 9, табл. 6).

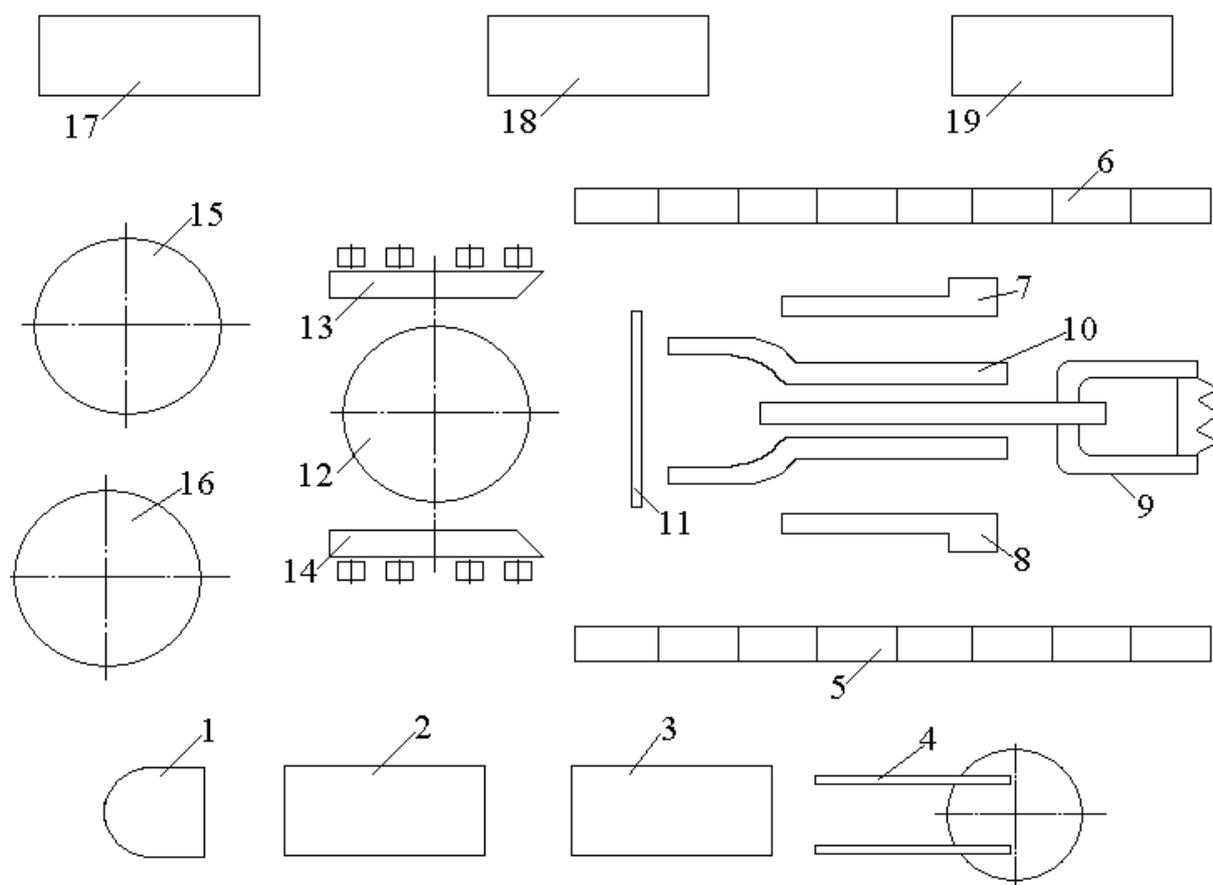


Рис. 6. Рациональная схема расположения узлов и механизмов экскаваторов-мехлопат на монтажной площадке: 1 – корпус противовеса; 2 – поворотная платформа; 3 – детали и узлы кузова; 4 – двуногая стойка; 5, 6 – гусеничные цепи; 7, 8 – площадка платформы; 9 – рукоять с ковшом; 10 – стрела; 11 – натяжная ось; 12 – нижняя рама; 13, 14 – гусеничная рама; 15, 16 – верхний и нижний поворотные круги; 17 – электрооборудование; 18 – пневматическое и гидравлическое оборудование; 19 – канатно-полиспастные приспособления

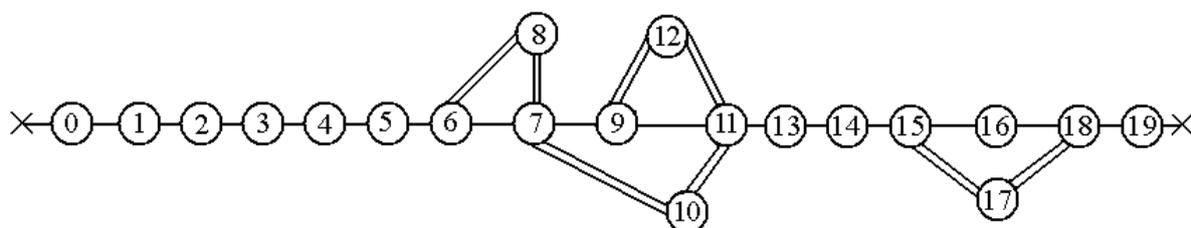


Рис. 7. Сетевой график монтажа экскаватора-мехлопаты

Порядок монтажа экскаваторов-мехлопат

№ п/п	Состав работ
0 – 1	Установка нижней рамы 12 на шпальных клетках
1–2	Монтаж к нижней раме 12 гусеничных рам 13 и 14 с ходовыми механизмами
2–3	Установка натяжной оси 11 с натяжными колесами на гусеничные рамы 13 и 14
3–4	Установка гусеничных цепей 5 и 6. Демонтаж шпальной клетки
4–5	На нижнюю раму 12 устанавливают нижний поворотный круг 15 с роликами и верхний круг 16
5–6	На роликовый круг устанавливают поворотную платформу 2. Закрепляют центральную цапфу. Устанавливают кольцевой токоприемник
6–7	Установка площадок платформы 7 и 8 на поворотную платформу 2
6–8	Под противовесной частью рамы поворотной платформы выкладывают шпальную клетку и производят загрузку противовеса 1
7–8	Проверка загруженной массы и внесение её в формуляр
7–9	Установка двуногой стойки 4
7–10	Установка на поворотной платформе преобразовательного агрегата, механизмов поворота, подъема, напора, электрооборудования, кабины машиниста
	Монтаж кузова, ограждений, лестниц, светоосвещения, вентиляции
8–11	Заливка масла в системы, смазывание узлов пластичной смазкой
10–11	Наладка электрооборудования
11–13	Запасовка канатов на барабанах напорной и подъемной лебедок
9–12	Определение механизмов подъема, напора и их тормозов
12–11	Монтаж стрелы, закрепление её к поворотной платформе
13–14	Соединение ковша с рукоятью и подвеской ковша
14–15	Монтаж механизма опрокидывания днища ковша
15–16	Запасовка подъемного, напорного и возвратного канатов
15–17	Монтаж и окончательная наладка всего электрооборудования
16–18	Натяжение гусеничных цепей
17–18	Проверка уравновешенности поворотной платформы. Регулировка всех механизмов и опробование
18–19	

Оборудование и материалы, применяемые при монтаже экскаваторов-драглайнов

Оборудование и материалы	Единица измерения	Количество
Сварочные посты СТД – 500 и ПСО – 500	шт.	8
Газопламенные и пескоструйные установки	шт.	8
Ацетилен и кислород	баллон	300
Электроды Ø 3,4,5 мм	кг	600
Шпалы деревянные	шт.	400
Доски	м ³	10
Профильный прокат	т	1,5
Песок кварцевый промытый и просеянный	т	15
Башенный кран БК – 1000 – 50/18	шт.	1
Гусеничный кран КГС – 100	шт.	2

Окончание табл. 5

Оборудование и материалы	Единица измерения	Количество
Пневмоколесный кран К – 401	шт.	1
Трубоукладчики ТЛ – 14	шт.	2
Лебедки, домкраты, блоки, стропы		Комплект
Канаты, мм:		
Ø 15	м	250
Ø 37,5	м	100
Ø 24,5	м	600
Ø 19	м	250
Ø 30	м	150

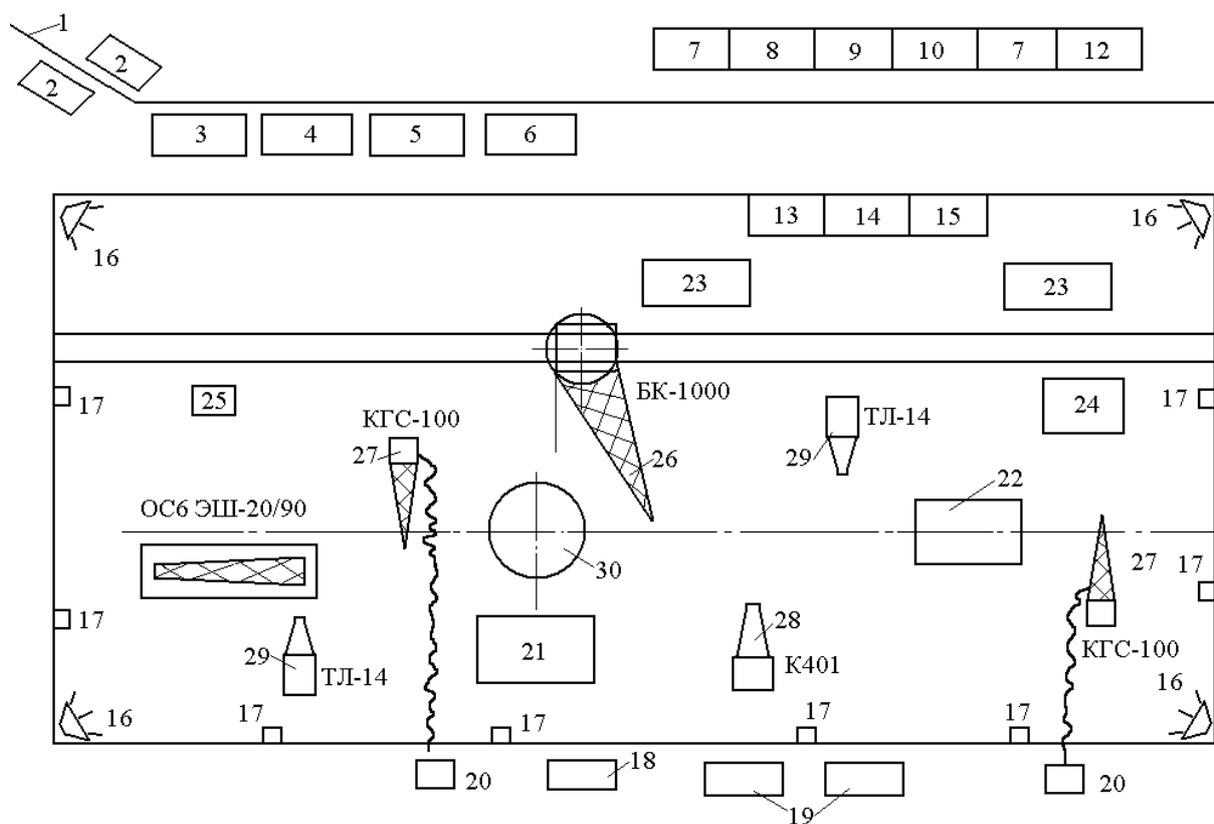


Рис. 8. Монтажная площадка Могунского разреза: 1 – ж/д путь; 2 – передвижная котельная; 3 – диспетчерская; 4 – строительное управление; 5, 6 – горные участки; 7 – гараж; 8 – РММ; 9–15 – складские помещения; 16 – осветительные мачты; 17 – сварочные посты; 18 – слесарная мастерская; 19 – складские и бытовые помещения; 20 – электрощитовая; 21, 22 – площадки монтажа хвостовой и передней части поворотной платформы; 23 – площадка для монтажа стрелы; 24 – площадка для хранения крупногабаритных деталей; 25 – пожарный водоем; 26 – кран БК-1000; 27 – кран КГС-100; 28 – кран К401; 29 – трубоукладчики ТЛ-14; 30 – площадка для монтажа базы

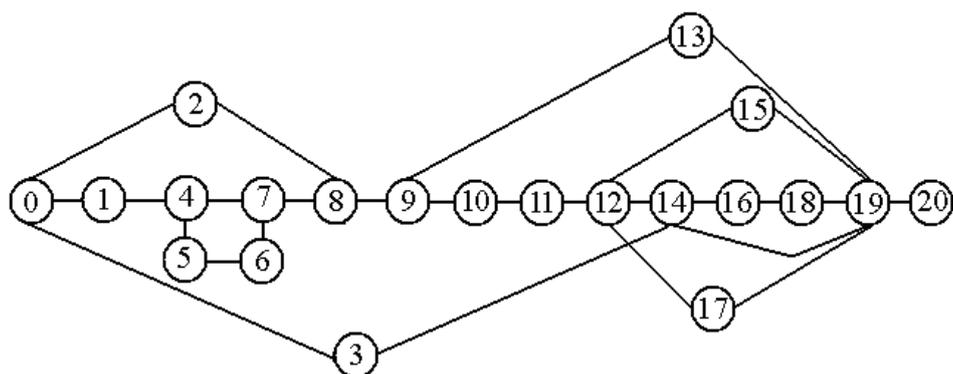


Рис. 9. Сетевой график монтажа экскаватора ЭШ-20/90

Таблица 6

Порядок сборки экскаватора драглайна ЭШ-20/90

№ п/п	Перечень работ по графику	Продолжительность, дней
0–1	Сборка базы	15
1–4	Клепка базы	23
4–7	Монтаж зубчатого венца	15
7–8	Сборка поворотной платформы	5
8–9	Клепка поворотной платформы	12
9–10	Монтаж надстройки	8
10–11	Клепка надстройки	9
11–12	Монтаж: передней части кузова,	4
12–14	передней стойки,	8
14–16	корпуса стрелы,	11
16–18	навеска вант,	12
18–19	регулировка вант	11
19–20	Холостое опрокидывание канатной системы	3
0–2	Сборка хвостовой части поворотной платформы	22
2–8	Клепка хвостовой части поворотной платформы	22
0–3	Контрольная сборка стрелы	20
4–5	Монтаж: нижнего рельсового круга	8
5–6	роликового круга	2
6–7	верхнего рельсового круга	2
9–13	механизмов подъема, поворота, шагания	44
13–19	систем гидравлики, пневматики, жидкой и густой смазки	60
12–15	кузова	15
15–19	качающихся стоек	20
12–17	Электромонтажные работы	30
17–19	Электроналадочные работы	10
14–19	Монтаж лестниц и площадок	15
3–14	Подъем стрелы	1

1.8. Монтаж роторных экскаваторов

Монтаж роторных комплексов ведут укрупненной сборкой узлов массой до 250–300 т согласно поэтапной схеме и графику монтажа, где даются время монтажа, описание работ на этапе, масса, до которой ведется сборка сборочной единицы, и характеризуются подъемные средства. Организация скоростной сборки зависит от основных средств монтажа (табл. 7).

Таблица 7

Необходимые средства для монтажа роторных экскаваторов

Тип роторного экскаватора	Масса, т	Грузоподъемные средства	Количество человек на монтаже	Срок монтажа, мес.
ЭР – 630	880	Кран Э-2508-1	65	3–4
ЭР – 1250	675	К-401-4		
ЭРП – 1250	1360	БК-1425	54	9
		СКГ-30-1		
		К-401-4		
ЭРП – 2500	1680	К-401-6	142	12
		БК-1425		
ЭРШРД – 5000	4960	БК-1425-2	116	18
ЭРШРД – 5250	4100	К-401-10		

Примечание. Сроки монтажа указаны при условии одной смены работы.

На монтажной площадке в зоне действия грузоподъемного крана размещают сборочные единицы, а на периферийных участках – склады, административные и бытовые помещения (рис. 10).

Порядок монтажа роторного экскаватора рассмотрен на примере экскаватора ЭРП-1250 (рис. 11, табл. 8).

Указанные этапы монтажа технологического оборудования должны выполняться в строгой последовательности, с учетом требований точности сборочных операций и проведения в полном объеме пусконаладочных работ, предусмотренных методическими рекомендациями по применению государственных элементных сметных норм на пусконаладочные работы (МДС 81-27.2007).

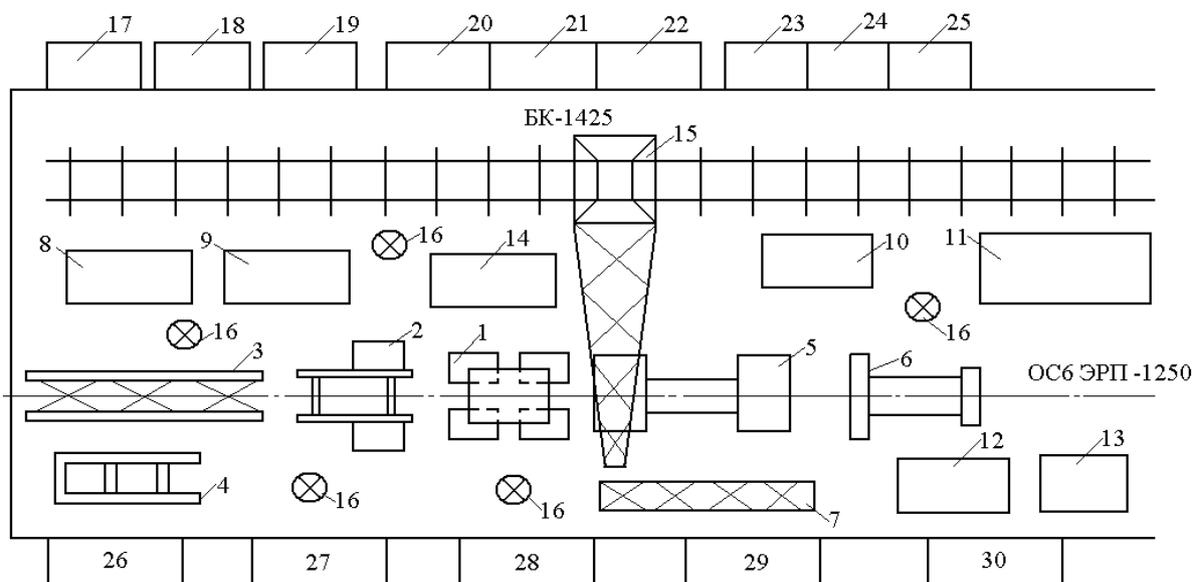


Рис. 10. Схема монтажной площадки для монтажа ЭРП-1250: 1 – база; 2 – задний портал; 3 – стрела; 4 – передний портал; 5 – нижняя надстройка; 6 – консоль противовеса; 7 – разгрузочная консоль; 8 – площадка для сборки ротора; 9 – площадка для сборки ходовой части; 10 – площадка для сборки поворотной платформы; 11 – площадка для узлов деррик-кранов; 12 – площадка для бункера и перегружающего устройства; 13 – управляющие кабины; 14 – поворотная платформа; 15 – кран БК-1425; 16 – грузоподъемные краны; 17 – контора шефского персонала; 18 – технический архив; 19 – контора генерального подрядчика; 20 – ремонтно-механические мастерские; 21 – инструментальная; 22 – склад; 23 – контора механомонтажников; 24 – гардеробная и душевая; 25 – столовая; 26 – котельная; 27 – склад электрооборудования; 28 – контора заказчика; 29 – контора электромонтажников; 30 – контора наладчиков

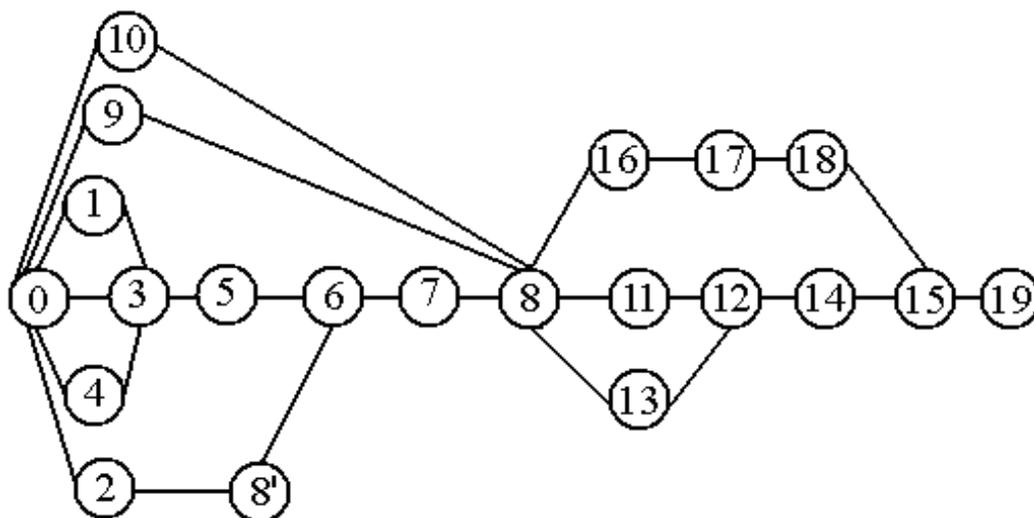


Рис. 11. Укрупненный сетевой график монтажа ЭРП-1250

Таблица 8

Порядок монтажа роторного экскаватора ЭРП-1250

№ работ	Наименование работ
0-1	Сборка сборочных единиц ходовой части в блоки
0-3	Сборка базы
1-3	Стыковка гусеничных тележек к базе
0-4	Сборка поворотной части экскаватора: поворотной платформы, роликовых кругов, зубчатого венца
4-3	Установка поворотной части на базу
3-5	Выверка поворотной платформы, роликового круга и зубчатого венца
5-6	Монтаж нижней надстройки
0-2	Монтаж консоли противовеса
2-8'	Подъем консоли противовеса
8'-6	Стыковка консоли противовеса на надстройке
6-7	Загрузка контргруза на консоль противовеса
7-8	Установка в кабинах консоли оборудования, встраивание на консоли лебедок, деррик-кранов, грузоподъемных балок
0-9	Монтаж стрелы ротора на отдельной площадке
0-10	Монтаж отвальной разгрузочной консоли. на отдельной площадке
9-8	Установка стрелы ротора в проектное положение
10-8	Установка отвальной разгрузочной консоли в проектное положение
8-11	Монтаж поворотных и подъемных механизмов
11-12	Запасовка и вулканизация конвейерных лент на стреле и отвальной разгрузочной консоли
8-13	Сборка роторного колеса и ковшей ротора
13-12	Установка роторного колеса на стрелу в проектное положение
12-14	Монтаж привода роторного колеса
14-15	Установка бункера и перегрузочного устройства
8-16	Монтаж управляющих кабин
16-17	Монтаж пневмо- и гидросистемы
17-18	Монтаж систем жидкой и густой смазки
18-15	Монтаж электросистемы
15-19	Общая наладка и опробование экскаватора

1.9. Монтаж отвалообразователей и конвейерных линий

1.9.1. Монтаж отвалообразователей

Монтаж отвалообразователей ведут в соответствии с укрупненным графиком монтажа (рис. 12), на основании которого разрабатывают локальные графики монтажа узлов и сборочных единиц машины. Порядок работ представлен в табл. 9.

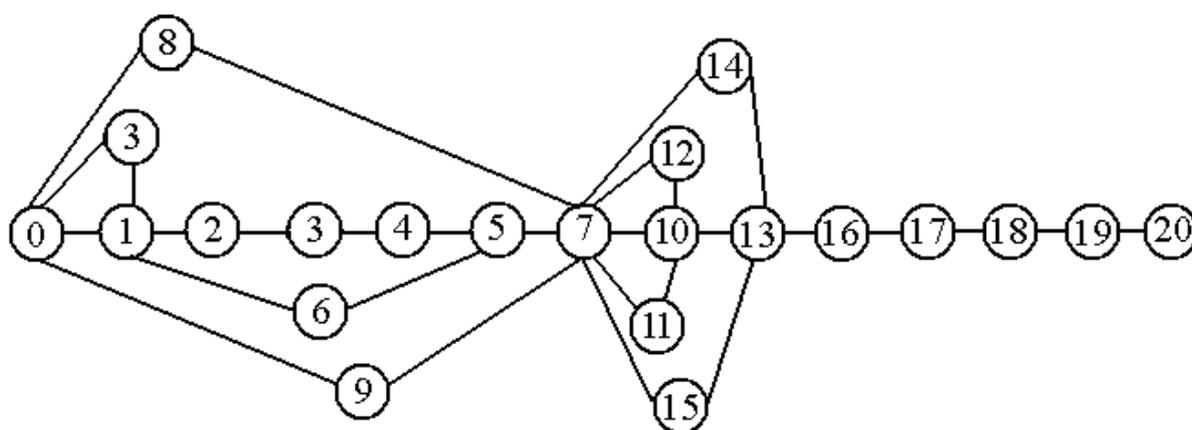


Рис. 12. Укрупненный сетевой график монтажа отвалообразователя

Таблица 9

Порядок монтажа сборочных единиц отвалообразователя

№ работ	Наименование работ
0–1	Сборка базы машины
0–3'	Сборка шагающе-рельсового ходового оборудования – установка лыж, гидропор, механизма передвижения
3'–1	Установка шагающе-рельсового ходового оборудования на базу
1–2	Сборка поворотного круга
2–3	Сборка зубчатого венца
3–4	Сборка поворотной платформы
4–5	Сборка приводов поворота и гидросистемы
1–6	Сборка привода механизма шагания
6–5	Сборка гидросистемы механизма шагания
5–7	Электромонтаж отвалообразователя
0–8	Сборка нижней надстройки портала на отдельной площадке
8–7	Установка в проектное положение нижней надстройки портала
0–9	Сборка верхней надстройки портала на отдельной площадке
9–7	Установка в проектное положение верхней надстройки портала

№ работ	Наименование работ
7–10	Установка в проектное положение канатных блоков, площадок, деррик-кранов, лебедок
7–11	Сборка на отдельной площадке пилона
11–10	Установка и запасовка пилона в проектное положение
7–12	Сборка на отдельной площадке консоли противовеса
12–10	Установка в проектное положение консоли противовеса
10–13	Закладка в отсеки противовеса контргруза
7–14	Сборка на отдельной площадке отвальной стрелы
14–13	Установка в проектное положение отвальной стрелы
7–15	Сборка на отдельной площадке приемной стрелы
15–13	Установка в проектное положение приемной стрелы
13–16	Установка приводов механизмов поворота и подъема отвальной и приемной стрелы, конвейерных линий
16–17	Установка бункеров
17–18	Установка конвейерных роликоопор и навеска конвейерных лент
18–19	Выверка отвальной и приемной стрел
19–20	Наладка механизмов и опробование отвалообразователя в работе на холостом ходу

Указанные работы должны выполняться в строгой последовательности и с учетом требований точности.

1.9.2. Монтаж конвейерных линий

Для монтажа конвейерных линий прокладывают трассу в соответствии с проектом (рис. 13). Затем с помощью автомобильных кранов производят сборку приводных и натяжных станций. Для этих станций устанавливают фундаменты. Вдоль трассы расставляют линейные секции. С помощью кранов, лебедок и тракторов навешивают конвейерную ленту.

Забойные и отвальные конвейеры монтируют на шпальных клетках для передвижки в процессе продвижения фронта работ. Торцовый конвейер должен иметь достаточный запас длины, чтобы в течение года его не нужно было передвигать. Магистральные конвейерные линии монтируют на более длительный период эксплуатации, поэтому их устанавливают на бетонных основаниях.

Уклоны конвейерных трасс не должны превышать 18 – 25°.

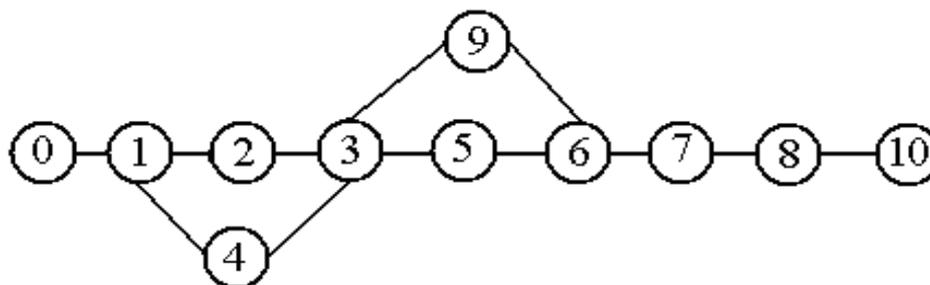


Рис. 13. Сетевой график монтажа конвейерных линий

Порядок работ при монтаже конвейерных линий представлен в табл. 10.

Таблица 10

Порядок монтажа конвейерных линий

№ п/п	Наименование работ
0–1	Прокладка трассы в соответствии с проектом
1–2	Устройство фундаментов для приводных и натяжных станций, опор под линейные секции
2–3	Сборка приводных и натяжных станций
1–4	Установка опор на фундаменты под линейные секции
4–3	Установка линейных секций на опорах
3–5	Навеска и стыковка конвейерной ленты
5–6	Устройство вдоль трассы переходных мостов, маршевых лестниц и ограждений
3–9	Электромонтажные работы
9–6	Заливка масла в редукторы приводных и натяжных станций. Закладка густой смазки в подшипниковые узлы
6–7	Опробование приводных и натяжных станций на холостом ходу
7–8	Установка системы сигнализации конвейера
8–10	Общая наладка и опробование конвейера

Указанные работы должны выполняться в строгой последовательности с учетом требований точности.

1.10. Монтаж драг

Перед монтажом драги выполняют большой комплекс подготовительных работ: выбор монтажной площадки, составление графика монтажа, сооружение дорог и линий электропередачи, строительство

необходимых сооружений, монтаж вспомогательного оборудования, заготовку материалов и инструмента.

Монтаж драги ведут одним из следующих способов: в котловане, на уступе котлована, на борту котлована (рис. 14) [4, 5].

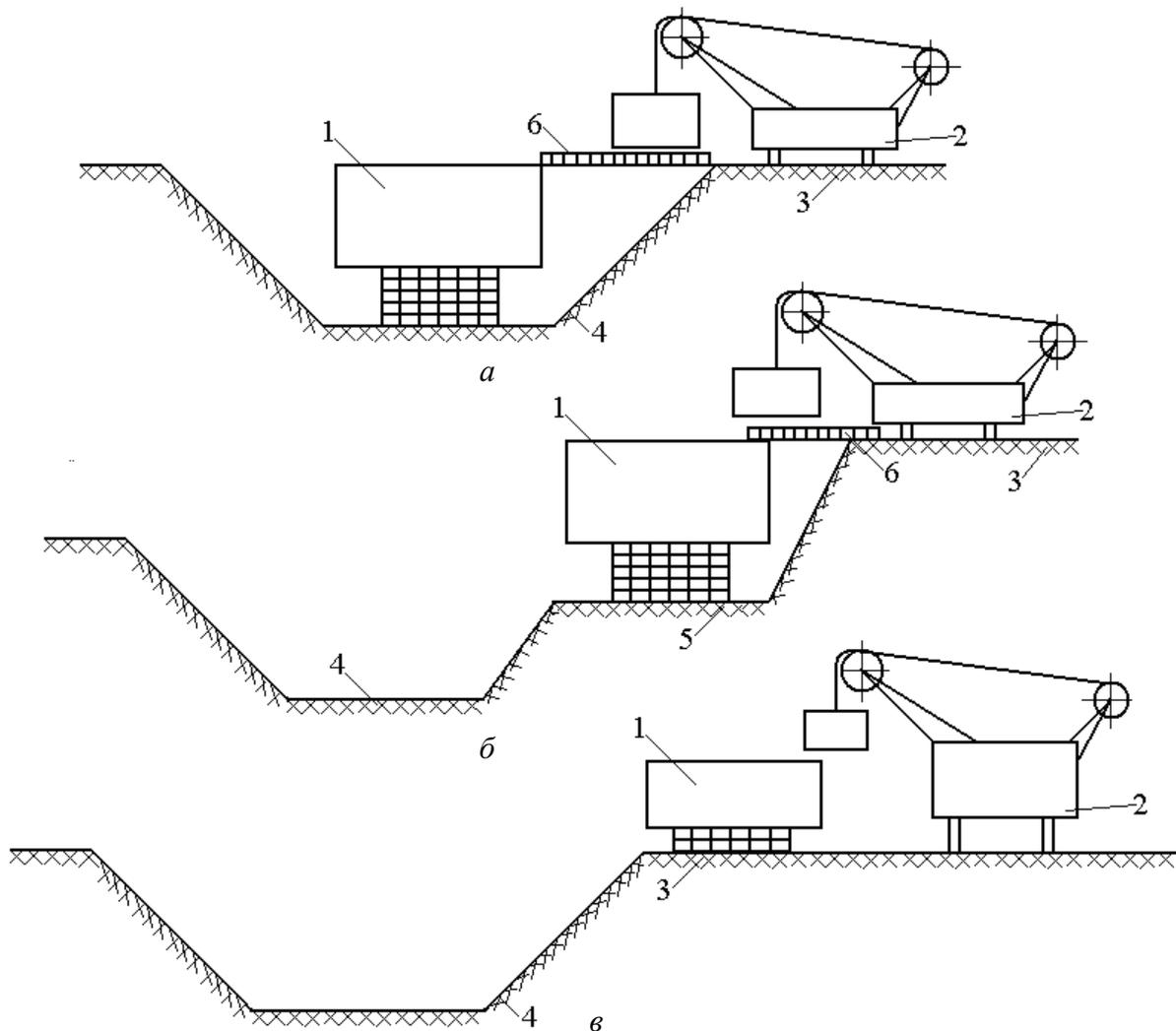


Рис. 14. Способы сборки драги: *а* – в котловане; *б* – на уступе котлована; *в* – на борту котлована; 1 – монтируемая драга; 2 – грузоподъемное средство; 3 – борт; 4 – котлован; 5 – уступ; 6 – мост

Размеры котлована определяют из условия свободного поворота драги и удобства подхода к бортам при заполнении котлована водой (табл. 11).

Монтаж драги осуществляют на стапеле, который изготавливают из шпал. Их укладывают в зависимости от площади днища драги, её веса, несущей способности грунта, размеров секций металлоконструкции днища. Высота стапеля составляет 1,1–1,3 м.

Минимальные размеры котлована при монтаже драг

Основные параметры котлована	Драга 250 ДС	Драга ОМ – 431
Длина, м	$\frac{70-75}{60-65}$ (1) (2)	$\frac{105-110}{90-95}$
Ширина, м	$\frac{60-65}{50-55}$	$\frac{85-90}{70-75}$
Глубина, м	4,5–5,0	5,0–5,5
Объем, тыс. м ³	18–33	40–45

Примечание. В числителе обозначены размеры – по поверхности котлована, в знаменателе – по его дну.

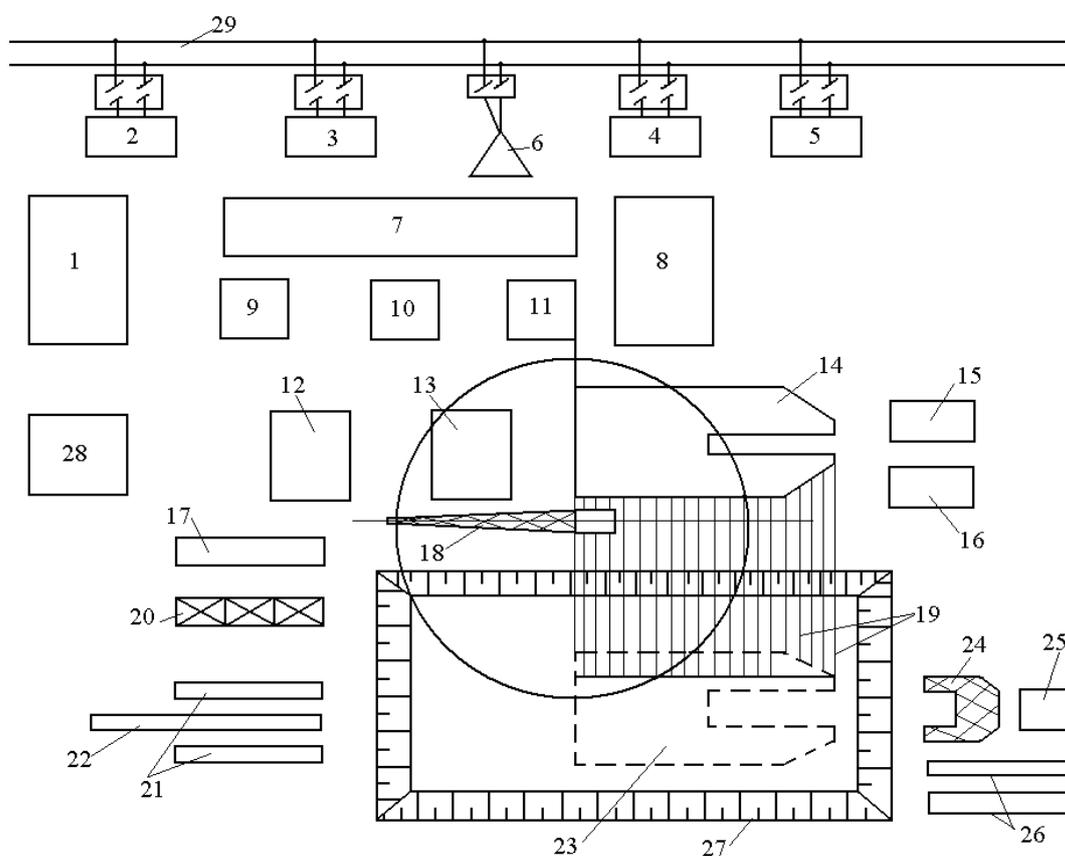


Рис. 15. Схема расположения оборудования и помещений для монтажа драг 250ДС и ОМ – 431: 1 – склад материалов; 2 – склад дражных частей; 3 – механическая мастерская; 4 – кузнечно-сварочная мастерская; 5 – склад угля; 6 – дизельная электростанция; 7 – участок складирования и сборки элементов надстройки; 8 – площадка для размещения агрегатов драги; 9 – площадка для узлов суперструктуры; 10 – площадка для внутреннего каркаса понтона; 11 – площадка для листов палубы понтона; 12, 17 – площадка для листов бортовой обшивки; 13 – площадка для листов блоков днища понтона; 14 – площадка для сборки понтона; 15 – противопожарный водоем; 16 – пожарный пост; 18 – кран; 19 – спусковой стапель; 20 – задняя мачта; 21 – сваи; 22 – главный транспортер; 23 – понтон после спуска в котлован; 24 – передняя мачта; 25 – черпаковая рама; 26 – черпаковая цепь; 27 – котлован; 28 – такелажная; 29 – линия электропередачи

На выбранной для монтажа площадке сооружают мастерские, склады, пожарный пост, противопожарный водоем, такелажную контору и другие подсобные помещения. Затем размещают элементы, детали и узлы драги таким образом, чтобы в процессе монтажа было исключено их многократное перемещение внутри площадки (рис. 15).

Монтаж драги ведут в соответствии с графиком (рис. 16), выполняя установленный порядок работ (табл. 12).

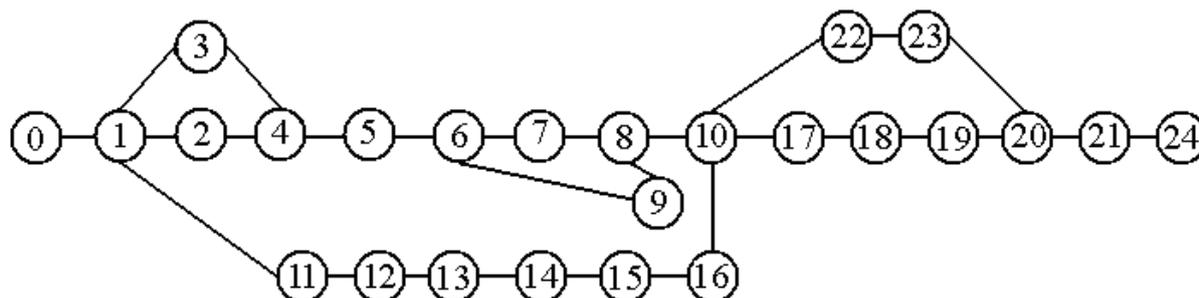


Рис. 16. Укрупненный сетевой график монтажа драги

Таблица 12

Порядок монтажа драги

№	Наименование работ
0 – 1	Сооружение стапеля для понтона и главной фермы
1 – 2	Укладка на стапель секций блоков днища понтона
2 – 4	Выверка и сварка секций блоков днища понтона
1 – 3	Сборка продольных и поперечных секций понтона
3 – 4	Сборка и укрупнение секций главной фермы на отдельном стапеле
4 – 5	Настилка листов на палубу понтона
5 – 6	Установка и приварка главной фермы на палубу понтона
6 – 7	Гидравлические испытания понтона и окраска всей конструкции
7 – 8	Установка в понтоне аварийных и технологических насосов, другого оборудования, установка бортовой обшивки, корпуса драги
6 – 9	Устройство спускового стапеля
9 – 8	Установка смазочных полозьев и их смазка
8 – 10	Заполнение котлована водой и спуск драги в котлован
1 – 11	Сборка передней мачты на отдельной площадке
11 – 12	Сборка задней мачты на отдельной площадке
12 – 13	Установка свай
13 – 14	Сборка черпаковой рамы на отдельной площадке
14 – 15	Сборка завалочного люка на отдельной площадке
15 – 16	Сборка главного транспортера на отдельной площадке
16 – 10	Сборка обогатительного оборудования
10 – 17	Установка передней мачты на драгу

№	Наименование работ
17 – 18	Установка черпаковой рамы, ВЧБ и НЧБ
18 – 19	Установка задней мачты
19 – 20	Установка главного транспортера
20 – 21	Установка черпаковой цепи
10 – 22	Монтаж электрооборудования
22 – 23	Монтаж гидравлической части
23 – 20	Монтаж пневмооборудования
21 – 24	Наладка и опробование всех механизмов драги

Монтаж драги 250 ДС осуществляет бригада монтажников в количестве 45 человек примерно за 5 мес., монтаж драги ОМ-431 ведет бригада в количестве 140 чел. в течение около одного года (табл. 13).

Таблица 13

Основные показатели монтажа драг

Показатели	Тип драги	
	250 ДС	ОМ - 431
Срок монтажа, мес.	4–6	8–12
Среднемесячное количество рабочих, чел.	40–50	130–150
Общие затраты на сборку, чел.-смен	10–12 тыс.	30–35 тыс.

Современное состояние монтажа драг характеризуется созданием блочной (состоящей из секций) конструкции понтона, сборка которого значительно сокращается во времени.

1.11. Установка оборудования на фундамент

1.11.1. Типы и устройство фундаментов

К фундаментам предъявляются довольно высокие требования: они должны быть прочными, устойчивыми, не дающими осадков, деформаций и вибраций. Стоимость фундамента составляет 20–40 % стоимости всей строительной части технологического объекта.

По конструкции различают фундаменты массивные, рамные и стенчатые (рис. 17).

Массивные фундаменты могут быть подвального и бесподвального типа. Фундаменты подвального типа характерны для прокатного стана. Массивные фундаменты также могут быть монолитными или выполнены из плит неглубокого заложения (рис. 17, *а*) [6, 7].

Основой рамных фундаментов служит жесткая многостоечная рама, стойки которой устанавливают в гнезда опорной плиты и жестко крепят с ней (рис. 17, *б*).

Стенчатые фундаменты выполнены из вертикальных плит, жестко связанных между собой опорной плитой (рис. 17, *в*).

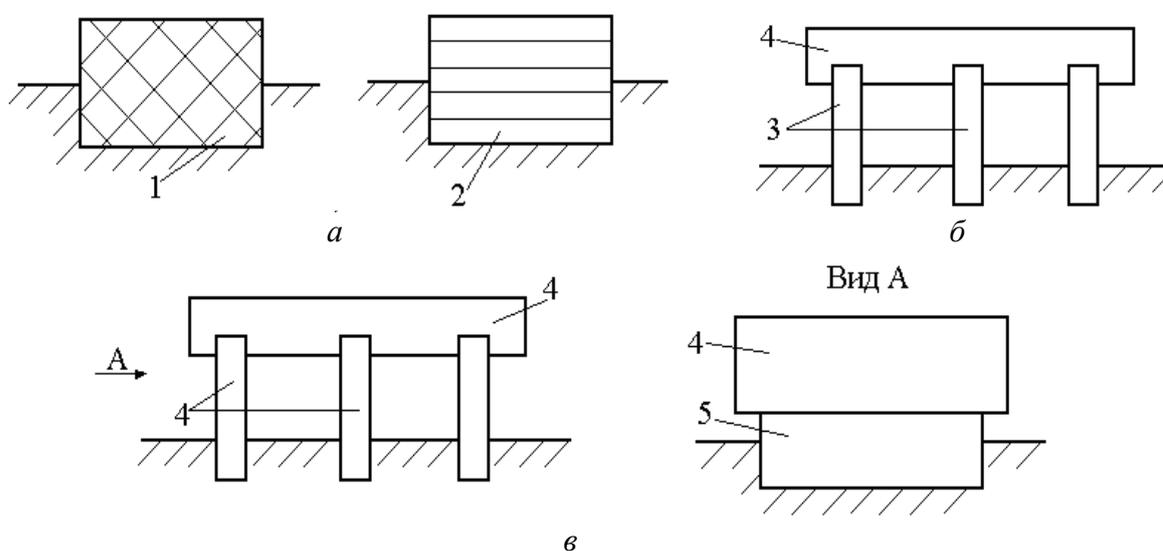


Рис. 17. Виды фундаментов: *а* – массивные; *б* – рамные; *в* – стенчатые; 1 – монолит; 2 – плиты; 3 – стойки; 4 – опорная плита; 5 – стенки

По применяемым материалам различают фундаменты бетонные и железобетонные. Редко применяют кирпичные фундаменты. В зависимости от плотности цементный бетон подразделяют на особо тяжелый (плотность $\gamma > 2\,500 \text{ кг/м}^3$), тяжелый ($\gamma = 1\,800\text{--}2\,500 \text{ кг/м}^3$), легкий ($\gamma < 500\text{--}1\,800 \text{ кг/м}^3$) и особо легкий ($\gamma < 500 \text{ кг/м}^3$). Обычно применяют тяжелый бетон, например марки М200 (предел прочности на сжатие $\sigma_{сж} = 20 \text{ МПа}$).

По степени сборности различают фундаменты монолитные, сборномонолитные, сборные, а по компоновке оборудования – индивидуальные и групповые. Индивидуальные фундаменты изготавливают для одного агрегата. Групповые фундаменты сооружают для нескольких агрегатов, работающих в единой технологической цепи.

На каждом фундаменте должны быть нанесены основные рабочие оси (рис. 18, *a*), (продольная и поперечная), и одна высотная отметка.

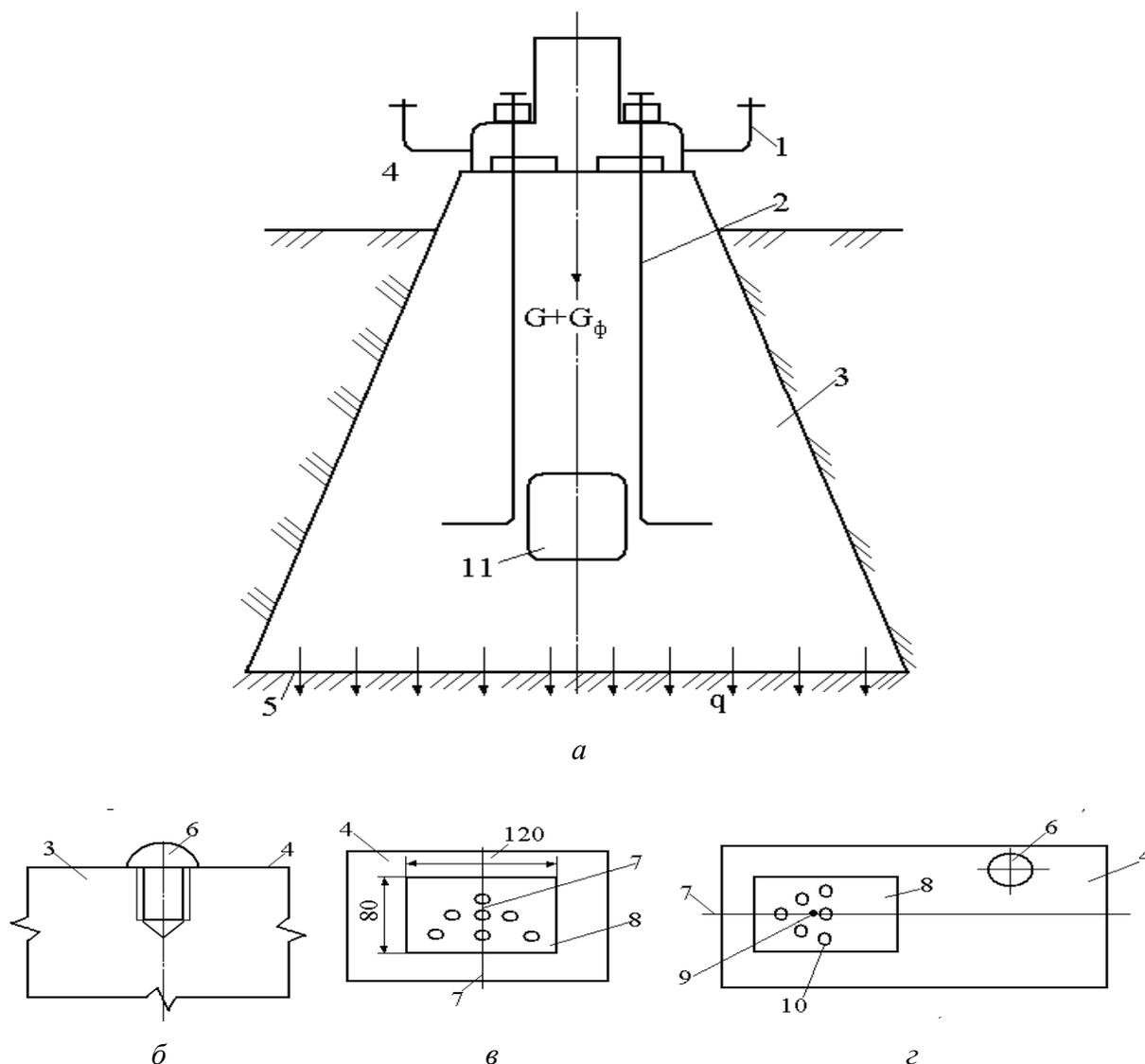


Рис. 18. Устройство фундамента и установка геодезических знаков: *a* – упрощенная схема массивного фундамента; *б* – отдельный репер; *в* – отдельная плашка; *г* – совмещенная установка плашки и репера; 1 – накладные детали; 2 – закладные детали; 3 – тело фундамента; 4 – обрез фундамента; 5 – подошва; 6 – репер; 7 – монтажная ось; 8 – площадка; 9 – точка кернения; 10 – треугольная рамка; 11 – колодец

Для закрепления осей применяют закладные детали – плашки. Это отрезок сортового проката длиной 120–150 мм, шириной не менее 80 мм, приваренный к стержню арматуры вблизи грани фундамента так, чтобы верхняя плоскость плашки совпадала с поверхностью фундамента и не закрывалась основанием монтируемой машины (рис. 18, *в*).

Ось обозначают нанесением точки керном (точка 9, рис. 18, з). Вокруг точки накернивают треугольную рамку со стороной 75 мм и закрашивают ее белой или красной краской.

Для закрепления высотной отметки на каждом фундаменте должен быть нанесен один репер обычно из закрепки или болта, привариваемый к арматуре (рис. 18, б).

1.11.2. Установка оборудования на фундамент

Приемка фундамента регламентирована «Строительными нормами и правилами (СНиП)». Полной прочности бетон достигает через 28 дней. Монтировать оборудование можно после 7 дней схватывания бетона в фундаменте.

Крепление машины на фундаменте может быть жестким и свободным [6, 7].

Жесткая установка оборудования на фундамент

Жесткое крепление устанавливают на фундаментных болтах различной конструкции (рис. 19).

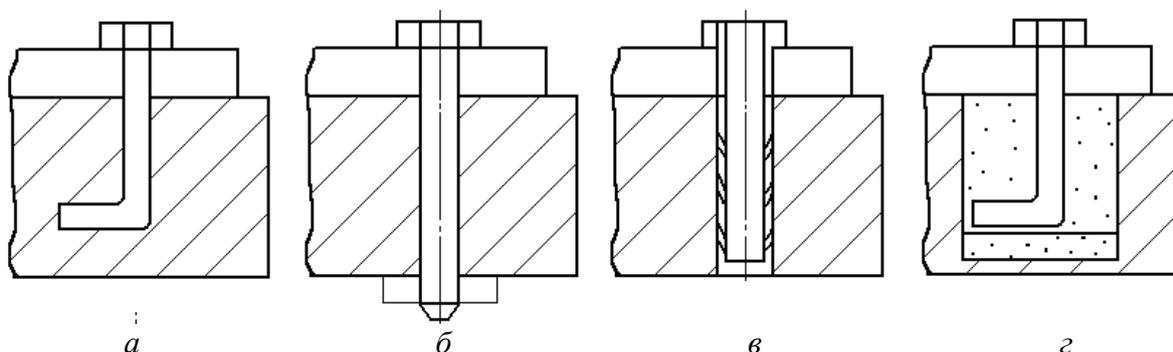


Рис. 19. Виды фундаментных болтов: а – залитые в массив фундамента; б – съемные; в – устанавливаемые в готовые фундаменты; г – залитые в колодцах

По назначению фундаментные болты подразделяют на конструктивные (малонагруженные) и расчетные (силовые).

Конструктивные болты служат для закрепления оборудования на фундаментах и предотвращения случайных смещений. Их применяют для крепления оборудования, устойчивость которого против опрокидывания, сдвига или поворота определяется собственным весом.

Расчетные фундаментные болты воспринимают нагрузки, возникающие при работе оборудования.

Свободная установка оборудования на фундамент

Свободную установку оборудования на фундамент осуществляют с целью виброзащиты (виброизоляции).

Различают активную виброизоляцию, служащую для уменьшения нагрузок на фундаменты, защищающую фундаменты от вибрирующих машин, и пассивную изоляцию, защищающую машины от вибрирующих фундаментов или от получаемых материалов (например, монокристаллов при вытягивании).

Способы свободной установки машин на фундамент представлены на рис. 20.

Виброизоляцию осуществляют путем свободной упругой установки машин на основания в двух вариантах: опорном (рис. 20, а) и подвесном (рис. 20 б–г).

В качестве виброизоляторов принимают резинометаллические композиции, стальные пружины и канаты, резиноканевые и резиноканевые ленты. Для низкочастотных машин (с частотой колебаний менее 7 Гц) применяют подвеску на стержнях (рис. 20, г). Опорный вариант проще по исполнению, надежнее и безопаснее в эксплуатации.

При виброзащите наиболее широко применяют резину амортизационную.

Резина (смола – в переводе с латинского) – продукт вулканизации сырой резиновой смеси, содержащей каучук и наполнители: вулканизирующие агенты, ускорители, активаторы, размягчители, противостарители.

Каучук – природный полимер, высокоэластичный при нормальной температуре. Его получают из латекса (латекс – млечный сок каучуковых тропических растений). Каучук из них называют натуральным (НК). Синтетический каучук (СК) в лабораторных условиях был получен русским химиком И. Л. Кондаковым в 1900 г. В промышленных условиях синтетический каучук был получен в СССР в 1932 г. академиком С. В. Лебедевым.

Для изготовления амортизаторов применяют амортизационные резины марок 1 на основе натурального каучука 1847, 2959 и на основе синтетического каучука ИРП–1315.

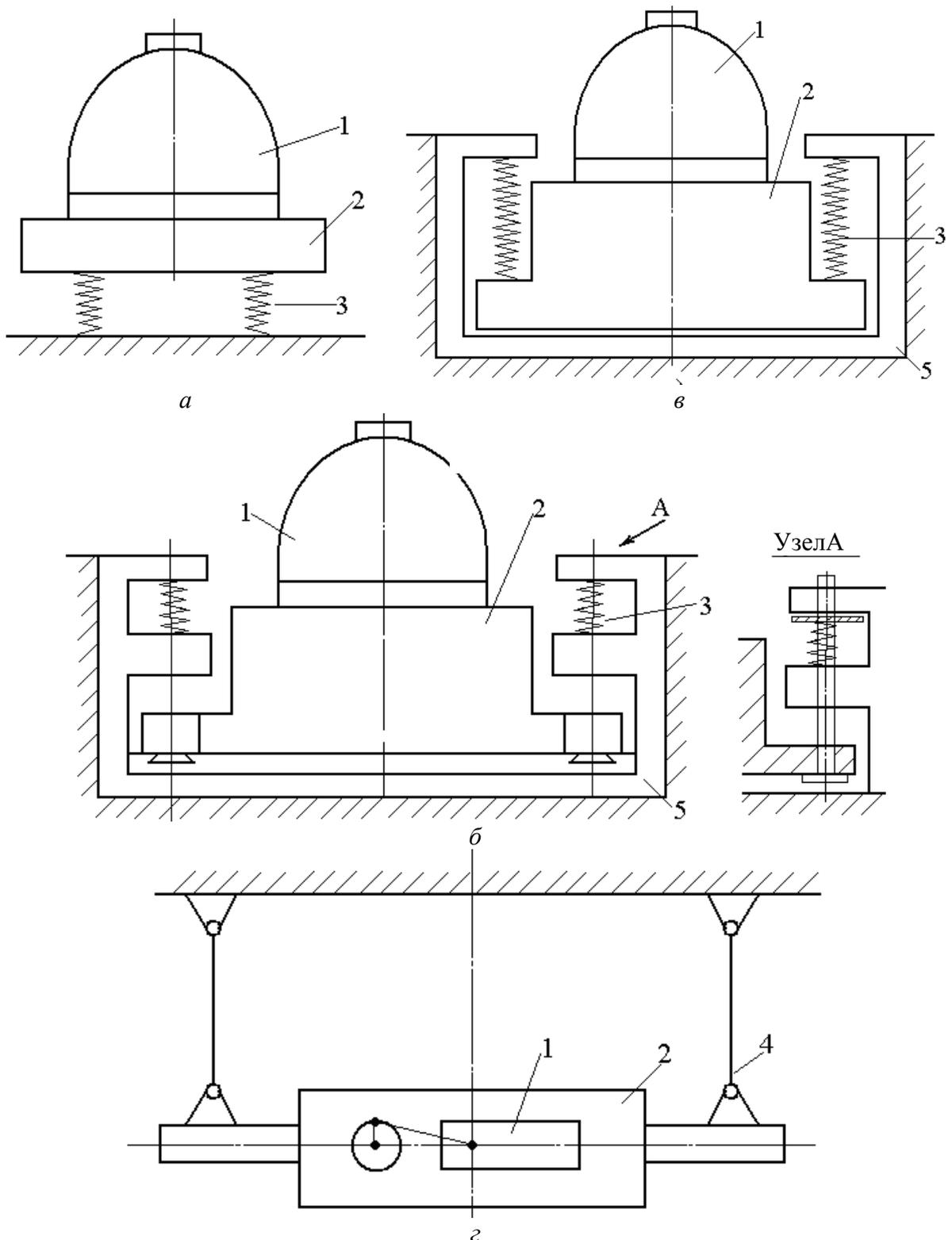


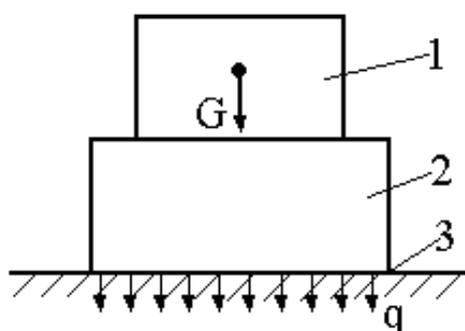
Рис. 20. Схема свободной установки машины на фундамент: *а* – опорный вариант; *б* – подвеска на сжатых виброизоляторах; *в* – подвеска на растянутых пружинах; *з* – подвеска на шарнирных стержнях или тросах; 1 – машина; 2 – фундаментная плита; 3 – виброизолятор; 4 – стержень; 5 – подфундаментный короб

Виброизоляторы применяют при установке барабанных смесителей, конусных и щековых дробилок, мельниц барабанного типа и др.

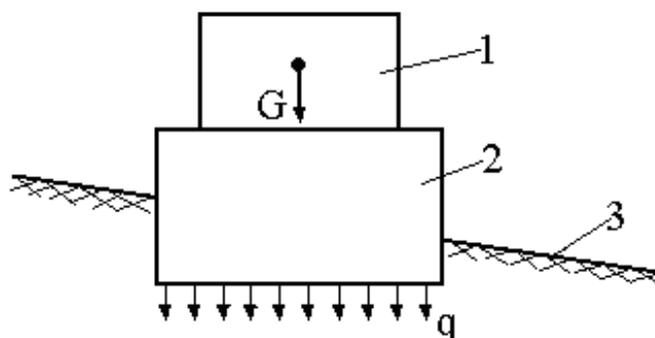
1.11.3. Требования, предъявляемые к фундаментам

Фундаменты должны обеспечивать следующее.

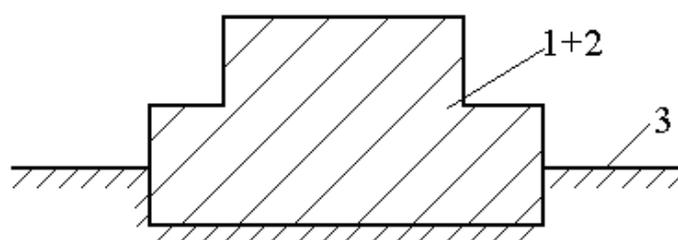
1. Распределение на грунт сосредоточенной силы G от веса машины 1, установленной на фундамент 2, в соответствии с несущей способностью грунта 3:



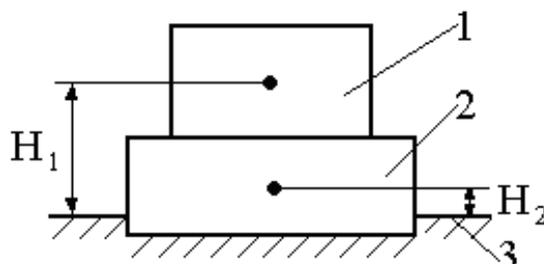
2. Заданное положение машины при монтаже при любых грунтовых условиях:



3. Жесткость станины (базового узла) путем включения фундамента в общую систему:



4. Необходимую устойчивость машины за счет понижения центра тяжести всей системы от значения H_1 до значения H_2 :



5. Увеличение массы всей системы, а следовательно, уменьшение возможной амплитуды смещения при вибрации и ударном действии сил.

6. Благоприятное влияние грунта как фактора, заглушающего вибрацию.

7. Защиту машины от вредных воздействий при работе окружающих механизмов и оборудования.

1.12. Расчет и проверка фундаментов

Целью расчета является определение размеров фундамента и проверка его на резонанс и устойчивость [8].

1. Вес фундамента определяют по формуле

$$G_{\text{ф}} = a \cdot G_{\text{м}}, \text{ Н,}$$

где a – коэффициент нагрузки на фундамент.

Для различных типов машин коэффициент нагрузки имеет следующие значения:

- горизонтальные поршневые машины – 1,8–4,5 (в зависимости от поступательной скорости поршня $V = 1–4$ м/с);
- вертикальные поршневые машины – 1,8–2,8,
- электрические машины без торможения или реверсирования – 16;
- электрические машины с торможением или реверсированием, а также при толчкообразной нагрузке – 20;
- насосы и вентиляторы – 10.

2. Зная вес фундамента, находят его объем:

$$V = \frac{G_{\phi}}{\gamma}, \text{ м}^3,$$

где γ – удельный вес фундамента.

Для бетонных фундаментаов можно принять $\gamma = 20\,000 \text{ Н/м}^3$, для кирпичных фундаментаов $\gamma = 18\,000 \text{ Н/м}^3$.

3. В соответствии с размерами рамы или опорной базы машины вычисляют высоту фундамента:

$$H = \frac{V}{a \cdot b}, \text{ м},$$

где a , b – соответственно длина и ширина фундамента, м.

В зависимости от длины и ширины рамы (опорной базы) машины принимают равными

$$a = l + 0,5, \text{ м},$$

где l – длина рамы (опорной базы) машины, м;

$$b = h + 0,5, \text{ м},$$

где h – ширина рамы (опорной базы) машины, м.

Обычно глубину заложения фундамента от поверхности берут не ниже 1,0–1,5 м с учетом глубины промерзания грунтов. При установке машин в помещении фундамент должен возвышаться над полом на высоту 150–300 мм.

4. Проверку допустимого производят давления на грунт следующим путем.

Возводя фундамент, надо следить, чтобы давление на грунт не превышало допустимых величин, иначе фундамент может осесть, деформироваться.

Допустимое давление на грунт со стороны фундамента должно быть

$$P_{\Gamma} \geq P_{\phi},$$

где P_{Γ} – допустимое давление на грунт, МПа; P_{ϕ} – давление на грунт, создаваемое фундаментом:

$$P_{\phi} = \frac{G_{\text{м}} + G_{\phi}}{F},$$

где F – площадь основания фундамента:

$$F = a \cdot b, \text{ м}^2.$$

Допустимое давление на грунт P_r при заложении фундамента до 4 м от поверхности земли не должно превышать следующих значений (табл. 14).

Таблица 14

Допустимое давление на грунт

Порода	Тип грунта	P_r , МПа
Скальная	Скалистый, каменистый грунт с гравием	0,6
Полускальная	Плотный глинистый грунт, сланцы, мергель, известняк	0,4
Плотная	Сухой мало уплотненный песок, глина плотная	0,2
Мягкая	Слабый глинистый грунт, пылевидный сухой песок	0,1

Если $P_r < P_\phi$, то следует увеличивать площадь основания F , определив при этом его новый объем и вес.

5. Проверку фундамента на резонанс осуществляют так.

Массу фундамента устанавливают такой, при которой частота собственных колебаний фундамента должна превышать частоту вынужденных колебаний более чем в два раза.

Частота собственных колебаний фундамента

$$n_\phi = \frac{n}{3} \sqrt{\frac{c \cdot F}{m_\phi \cdot q}}, \text{ мин}^{-1},$$

где n – частота вращения машины, мин^{-1} ; c – коэффициент упругого равномерного сжатия, МПа, $c = 2 \cdot P_r$; F – площадь основания фундамента, м^2 ; m_ϕ – масса фундамента, т; q – ускорение свободного падения, для устранения резонанса необходимо обеспечение следующего условия:

$$n_\phi > 2 \cdot n.$$

6. Проверку фундамента на опрокидывание проводят таким образом.

После того как намечены все основные размеры фундамента, его проверяют на опрокидывание. На бумаге в масштабе вычерчивают фундамент, проводя оси (рис. 21). Намечают высоту L центра тяжести

машины и определяют направление ОК нагрузки, стремящейся опрокинуть фундамент. По линии ОК откладывают в определенном масштабе нагрузку P , а по вертикали – общий вес фундамента и вес машины ($G_M + G_\Phi$) в том же масштабе. После этого складывают обе силы по правилу параллелограмма и продлевают диагональ до пересечения с обрезом фундамента в точке N . Делят длину фундамента a на три равные части. Если линия ON попадает в среднюю треть фундамента, то машина на фундаменте будет смонтирована устойчиво.

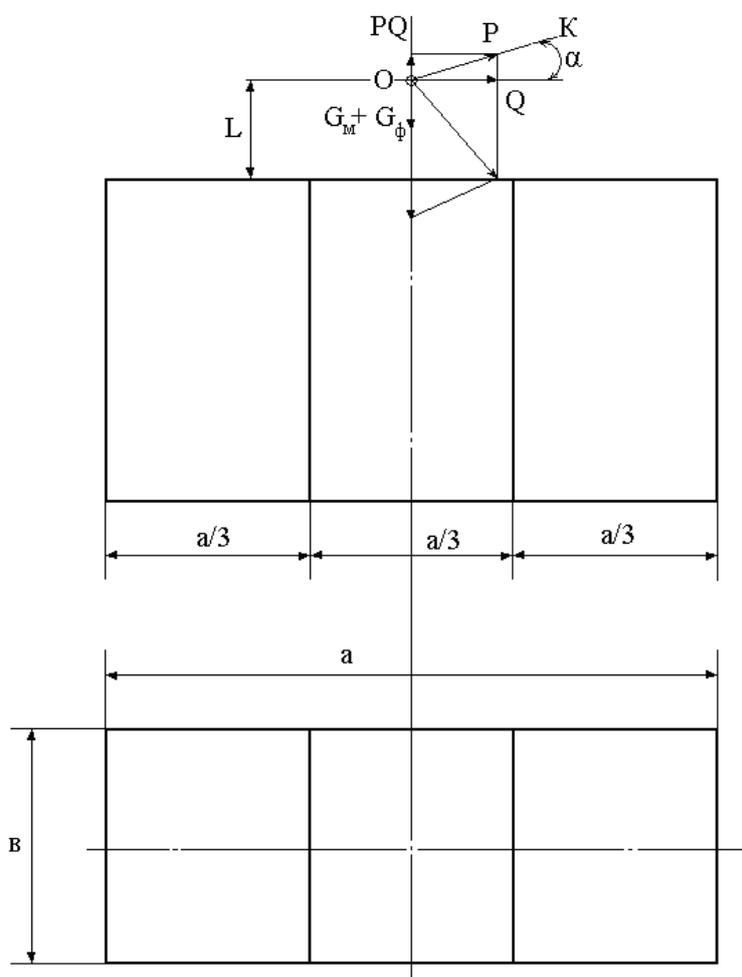


Рис. 21. Проверка фундамента на опрокидывание

Если при проверке обнаруживается, что фундамент опрокидывается, то следует продумать мероприятия, обеспечивающие устойчивость фундамента: дополнительную подливку бетона, устройство металлического каркаса под основание, снижение нагрузки на машину, понижение центра тяжести и т. д.

1.13. Проверка и приемка работ по сооружению фундаментов

Устройство фундаментов под машины разрешается только при наличии рабочих чертежей, составленных с учетом групповых условий места закладки фундамента. В них должны быть указаны:

- привязка осей;
- проектные отметки;
- положение всех отверстий, накладных и закладных деталей;
- размеры фундамента и его масса;
- конструкции и размеры опалубки и арматуры.

При устройстве фундаментов необходимо проверять:

1. Правильность устройства и установки опалубки и арматуры.
2. Установку и надежность закрепления пробок, закладных деталей, металлического каркаса и опорных плит.

3. Правильность устройства опалубки колодцев для анкерных болтов.

4. Правильность подливки фундамента. Подливку разрешается производить только после установки и выверки машины и только после письменного указания организации, производящей монтаж оборудования.

5. Состояние грунта. Не допускается возведение фундаментов под машины, работающие с динамическими нагрузками, на мерзлом основании грунта.

6. Наличие промежуточного освидетельствования при сооружении фундаментов под агрегаты значительной мощности. Промежуточное освидетельствование должно производиться с основания опалубки, арматуры, закладных частей и пробок. Результаты освидетельствования должны фиксироваться в актах.

Кроме того, в актах или журналах работ должны отмечаться данные о вынужденных перерывах в укладке бетона, если они были при бетонировании указанных фундаментов. Вместе с тем должны отмечаться сведения о выполнении мероприятий по обработке рабочих швов.

Приемка выполненных работ по возведению фундаментов должна производиться с соблюдением следующих указаний.

1. Приемка работ и конструктивных элементов, выполненных из бетона, допускается не ранее приобретения или проектной прочности (28 дней).

2. Приемка выполненных работ должна сопровождаться освидетельствованием их на рабочем месте и контрольными замерами, а в необходимых случаях производственными и лабораторными испытаниями.

3. Количество строительных материалов, деталей и готовых конструкций должно подтверждаться паспортами, сертификатами и иными документами изготовителей, а при необходимости актами испытаний.

4. Все документы и чертежи должны выполняться с нанесением на них всех изменений, которые могли быть допущены в процессе сооружения фундамента.

5. Установленная арматура монолитных конструкций (до заливки бетона) и закладные части.

Приемка законченных работ по возведению фундаментов должна устанавливать:

- качество бетона в отношении прочности, а в нужных случаях и в отношении морозостойкости, водонепроницаемости и других показателей;

- качество поверхности готового бетона;

- наличие и соответствие проекту отверстий, колодцев, проемов и каналов;

- наличие и правильность установки закладных частей;

- наличие и правильность выполнения деформационных швов.

Работы по приемке фундаментов заканчиваются составлением акта с указанием возможности (или невозможности) монтажа машины и сдачи фундамента в эксплуатацию.

1.14. Общие положения сборки машин и узлов

Механическим процессом сборки называют комплекс сборочных и слесарных работ, выполняемых для того, чтобы из отдельных деталей и узлов получить готовую машину.

Сборка деталей в узлы называется узловой сборкой, сборка машины из узлов – общей сборкой.

Методы сборки

Методы сборки делят на стационарную сборку, подвижную поточную сборку, стационарную поточную сборку.

Стационарная сборка применяется в мелкосерийном и единичном производствах. Сборка осуществляется на одном месте, куда подаются детали либо узлы.

Подвижная поточная сборка применяется при крупносерийном и массовом производстве. При сборке изделия обычно находятся на одном или двух конвейерах (первый конвейер – для общей сборки, второй конвейер – для узловой сборки).

Стационарная поточная сборка также применяется в крупносерийном и массовом производстве. Машину собирают на неподвижном стенде. Отдельные бригады, выполнив свои работы на одном стенде, переходят к другому.

Для обеспечения непрерывности поточной сборки необходимо, чтобы сумма времени (длительность) отдельных операций $T_{оп}$ была равна такту (темпу) τ выпуска машин, т. е. времени, в течение которого машину собирают:

$$T_{оп} = \tau.$$

Сумма времени отдельных операций

$$T_{оп} = T_1 + T_2 + \dots + T_n, \text{ ч.}$$

Такт сборки определяют по формуле

$$\tau = \frac{k \cdot (T_{см} - T_{об} - T_{н.п})}{M}, \text{ ч,}$$

где k – коэффициент запаса производительности участка (он должен быть максимально приближен к единице); $T_{см}$ – продолжительность смены, ч; $T_{об}$ – затраты времени на обслуживание рабочих, ч; $T_{н.п}$ – затраты времени на нормирование перерывы для отдыха рабочих, ч; M – заданный выпуск машин в смену, ед.

При $T_{оп} > \tau$ поточность прерывается. При $T_{оп} < \tau$ происходит простой рабочих.

Виды сборки

Заданную точность сборки можно обеспечить следующими видами:

1) полной взаимозаменяемостью; 2) селективной сборкой; 3) подбором; 4) применением компенсаторов; 5) прогонкой или изготовлением деталей по месту.

Выбор вида сборки зависит от количества одновременно ремонтируемых однотипных машин, от применяемой системы организации ремонтных рабочих; конструктивных особенностей узлов и машины в целом.

Большую роль в сборке играет взаимозаменяемость.

Сборка с применением полной взаимозаменяемости наиболее проста и экономична. Детали соединяются без подбора и дополнительной пригонки. Однако этот вид требует обработки деталей с высокой точностью, сложной контрольно-измерительной техники.

Селективная сборка заключается в том, что осуществляется подбор пар с заданными зазорами или натягами. Для этого детали вначале сортируют по размерам.

Сборка подбором состоит в том, что увеличивают допуск на все звенья и затем постепенно подбирают пары. В этом случае сборка удешевляется, однако снижается ее точность.

Сборка с применением компенсаторов осуществляется двумя способами: а) введением в звено неподвижного компенсатора прокладки, шайбы, кольца, втулки и др.; б) изменением положения одной из деталей с помощью клина, пружины, муфты, упорной втулки и т.д.

Сборка пригонкой или изготовлением детали по месту заключается подгонкой заданных размеров деталей в соединении с помощью механической обработки.

Сборка неподвижных соединений

В процессе сборки узлов встречаются неразъемные и разъемные неподвижные соединения. К неразъемным относят сварные, паяные и заклепочные соединения. К разъемным неподвижным соединениям относят детали с прессовыми посадками.

Сборку неподвижных соединений проводят следующими способами: 1) сборку с нагревом детали; 2) сборку с охлаждением; 3) запрессовкой; 4) сборку с помощью болтов и шпилек.

Сборка с нагревом детали. Детали в соединении «вал – втулка» часто собирают, нагревая втулку таким образом, чтобы расширение отверстия было больше натяга. Зависимость между натягом и температурой нагрева следующая:

$$N \leq d \cdot a \cdot t, \text{ мм},$$

где N – натяг, мм; d – диаметр вала, мм; a – коэффициент линейного расширения материала, $t/^\circ\text{C}$; t – температура нагрева, $^\circ\text{C}$.

Отсюда температура нагрева равна

$$t \geq \frac{N}{d \cdot a}, ^\circ\text{C}.$$

С учетом остывания в процессе сборки практическую температуру нагрева берут в 2 раза выше расчетной. Однако следует понимать, что при нагреве нельзя выходить за пределы темно-красного каления.

При сборке детали из сталей температура нагрева не должна превышать 700°C . Нужно также иметь в виду, что при нагреве может произойти отпуск закаленных деталей.

Охлаждение вала. В случае невозможности нагрева отверстия (большие габариты шкива, колеса, барабана и др., а также специальной закалки отверстия) сборку можно осуществить охлаждением вала с помощью жидкого воздуха, азота или кислорода при температуре $180\text{--}193^\circ\text{C}$. Для этого применяют специальное оборудование – ванны, сосуды Дьюара, деревянные ящики. При использовании жидкого кислорода во избежание взрыва на валу и в ванне не должно быть смазочных, лакокрасочных и других воспламеняющихся материалов. Кроме того, научно обосновано, что глубокое охлаждение упрочняет поверхность детали и повышает её износостойкость.

Запрессовка детали. Для запрессовки вала в отверстие подшипника либо цапфы необходимо создать определенное усилие, по которому подбирают оборудование: прессы гидравлические или винтовые, съемники. Наибольшее усилие запрессовки, необходимое для сборки соединения с натягом,

$$P = f \cdot \pi \cdot d \cdot l \cdot \sigma_{\text{сж}}, \text{ Н},$$

где f – коэффициент трения при запрессовке, $f = 0,06\text{--}0,22$; d и l – соответственно диаметр и длина отверстия втулки, м; $\sigma_{\text{сж}}$ – напряжение сжатия на контактной поверхности, Н/м^2 .

Поскольку $\sigma_{\text{сж}}$ на практике определить довольно сложно, то применяют следующие зависимости для стального вала и стальной втулки:

$$P = 2,18 \cdot 10^4 \cdot N \cdot l = 22 \cdot N \cdot l, \text{ кН},$$

для стального вала и чугунной втулки зависимость

$$P = 12 \cdot N \cdot l, \text{ кН.}$$

Сборка на болтах и шпильках. При многоболтовом соединении следует избегать перекосов. Болты должны быть затянуты равномерно, без срыва резьбового соединения.

Сборка подвижных соединений

Сборка подшипников скольжения. Перед началом сборки подшипники подгоняют под шейки вала, а на валу изготавливают смазочные канавки в ненагруженной части подшипника. Сборку подшипников с тонкостенными вкладышами осуществляют таким образом, что после прижатия вкладыша поверхности гнезда между валом и подшипником (вкладышами) создается натяг, который не должен превышать

$$N \leq (0,5 \cdot d + 30) \cdot 10^{-3}, \text{ мм,}$$

где d – диаметр цапфы вала, мм.

Для обеспечения указанного натяга подкладывают вставки вкладышей прокладки из латуни (рис. 22).

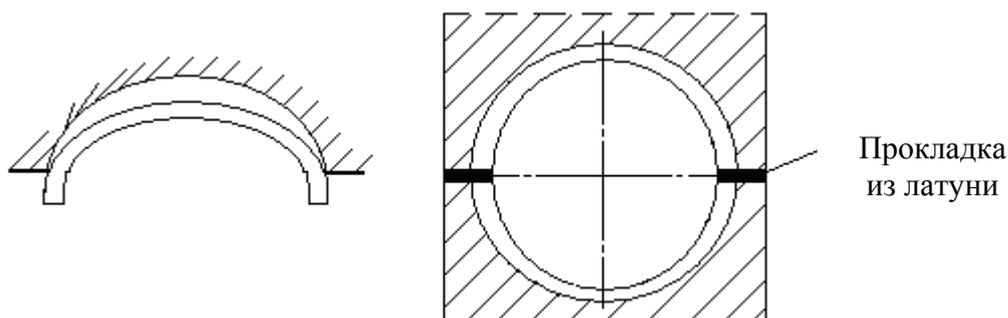


Рис. 22. Вставка вкладыша подшипника скольжения

При использовании в качестве подшипников скольжения пластмассовых втулок (из полиамидов капрона и др.) зазор между цапфой и втулкой увеличивают в 1,5–2,0 раза больше, чем для стальных соединений в связи с тем, что коэффициент линейного расширения пластмасс при нагреве в 10 раз больше, чем у стали.

Сборка подшипников качения. Перед сборкой вал и подшипник тщательно промывают, смазывают небольшим слом смазки. В связи с напрессовкой вала в кольцо подшипника либо подшипника в корпус

зазор между внутренней и внешней обоймами уменьшается ориентировочно на

$$\delta = (0,55 - 0,56) \cdot N, \text{ мм},$$

где N – натяг в соединении, мм.

В связи с этим появляется опасность защемления шариков (либо роликов) между обоймами в подшипнике и выхода его из строя.

Проверить натяг можно по формуле

$$N = \frac{13 \cdot 10^{-5} \cdot k \cdot Q}{\epsilon - 2 \cdot r}, \text{ мм},$$

где $k = 2,78$ – для легкой серии, $k = 2,27$ – для средней серии, $k = 1,96$ – для тяжелой серии; ϵ – ширина подшипника, мм; r – радиус закругления, мм; Q – усилие при напрессовке, Н.

Существуют следующие способы сборки подшипников качения: с помощью прессы или домкрата, с помощью резьбы (рис. 23, а), с помощью втулки (рис. 23, б), с помощью нагрева подшипника в масле до $t = 70-100 \text{ }^\circ\text{C}$ и быстрой его насадки на вал.

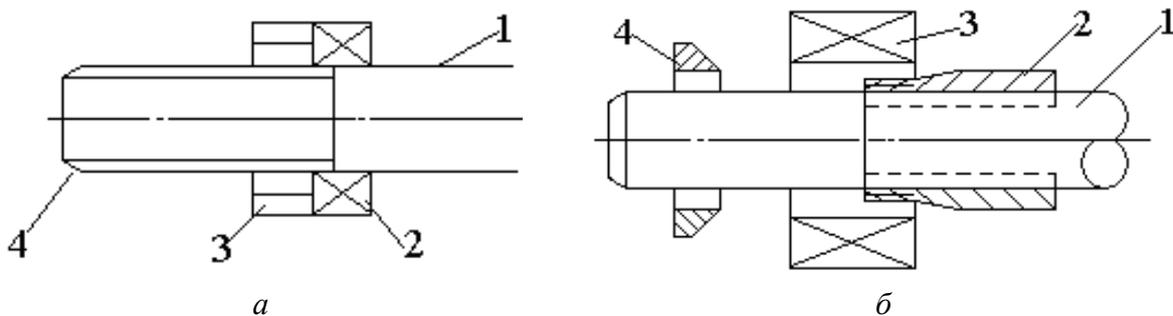


Рис. 23. Сборка подшипника качения: а – с помощью резьбы: 1 – вал; 2 – подшипник; 3 – гайка; 4 – резьба; б – с помощью втулки: 1 – вал; 2 – втулка разрезная; 3 – подшипник; 4 – гайка

Гайка, навинчиваясь на втулку, может закрепить подшипник в любом месте вала. После окончания сборки подшипников качения необходимо проверить легкость вращения. При недостаточной легкости нужно устранить перекос вала или гнезда, слишком тугую посадку, чрезмерную набивку смазкой либо её отсутствие, трение уплотнений о вал.

1.15. Сборка валов

Основными показателями качества сборки валов являются:

- а) легкость вращения вала в подшипниках;
- б) отсутствие вибраций при вращении;
- в) радиальное и осевое биения, не превышающие установленных норм;
- г) точность положения вала относительно основных баз корпуса, в котором смонтирован вал.

В процессе сборки контролируют отклонение от формы, параллельность, горизонтальность вала, радиальное биение, соосность валов, точность посадки вала в подшипник и подшипника в корпус.

Сборка валов и степень её точности зависят от вида опор – скольжения либо качения.

Проверка параллельности валов

Методы проверки параллельности валов зависят от их конструктивного расположения в узле.

При расположении торцов валов в одной плоскости их параллельность проверяют с помощью штангенциркуля. В этом случае измеряют расстояние между центрами валов. При этом отклонение от параллельности составляет $\Delta Q = \pm(a_1 - a_2)$. Значения диаметров шеек валов d_1 и d_2 не контролируют (рис. 24).

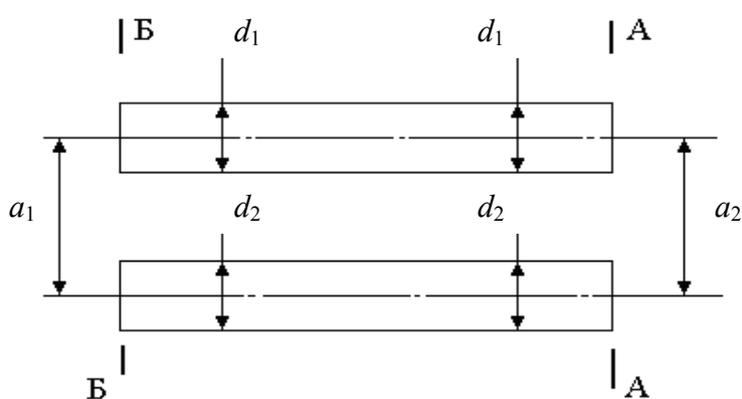


Рис. 24. Проверка параллельности валов, торцы которых расположены в одной плоскости

При расположении торцов в различных плоскостях измеряют расстояние между их внешними (рис. 25, а) или внутренними (рис. 25, б)

образующими. Отклонение от параллельности при этом составляет $\Delta Q = \pm(a_1 - a_2)$. Значения диаметров шеек валов d_1 и d_2 в этом случае обязательно контролируют и назначают технологическую обработку этих шеек с целью устранения отклонений от геометрической формы.

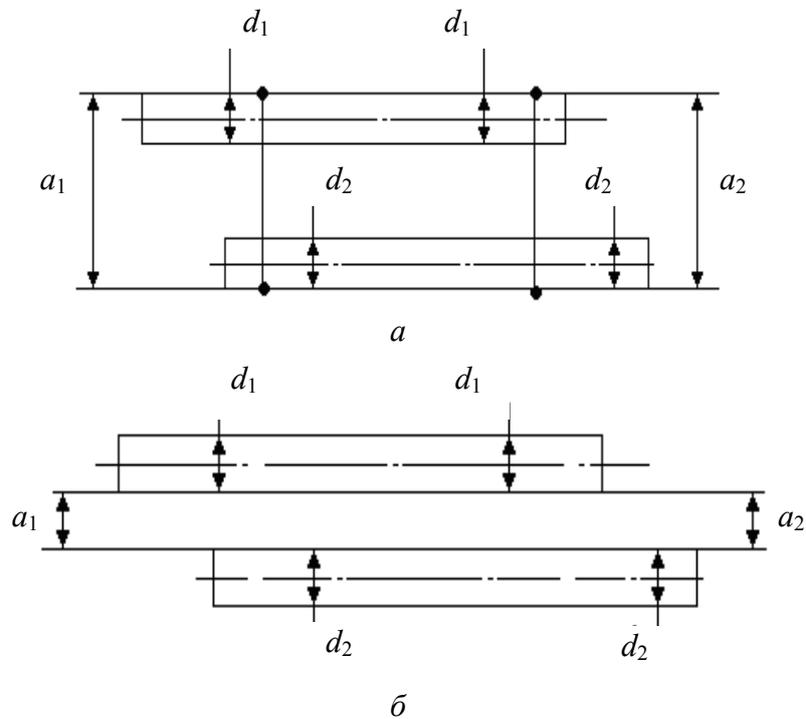


Рис. 25. Проверка параллельности валов, торцы которых расположены в разных плоскостях

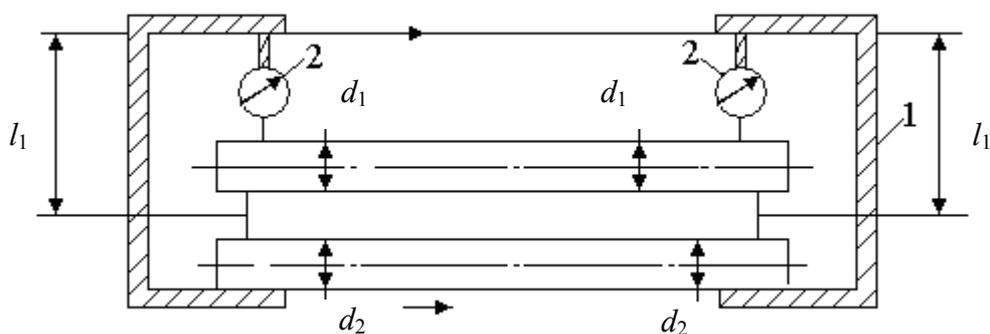


Рис. 26. Проверка параллельности валов с помощью индикаторных головок: 1 – шаблонная рамка; 2 – индикаторная головка

При расположении торцов в одной плоскости или в различных плоскостях измеряют расстояние между их внешними и внутренними образующими с помощью индикаторных головок и шаблонной рамки (рис. 26). При этом обязательно контролируют d_1 и d_2 .

Проверка отклонения формы поверхности шейки вала

Проверка осуществляется с помощью штангенциркуля, микрометра и других измерительных инструментов. Измерения делают в одной плоскости по окружности в 4–6 точках (рис. 27) и по длине (рис. 28). Расхождение при этом должно составлять

$$d_{1-3} - d_{2-4} \leq 0,02, \text{ мм.}$$

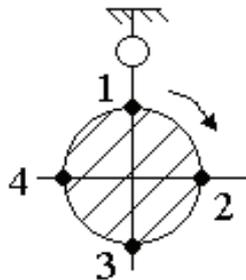


Рис. 27. Проверка отклонения формы поверхности шейки вала по окружности

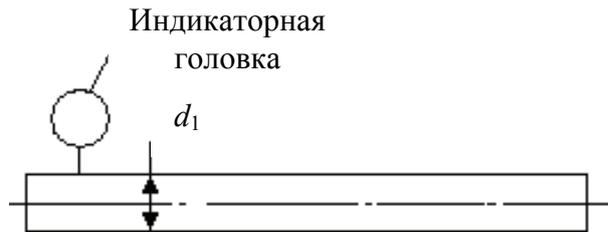


Рис. 28. Проверка отклонения формы поверхности шейки вала по длине

Проверка горизонтальности вала

Проверка осуществляется с помощью скобы и отвеса (рис. 29, а) или с помощью уровня (рис. 29, б). Скобу закрепляют на шейке вала и измеряют расстояние а между её торцом и нитью отвеса. Затем вал проворачивают таким образом, чтобы скоба находилась в диаметрально противоположном месте по отношению к её первоначальному положению. При этом повторно измеряют расстояние а. Значение а в обоих положениях скобы должно быть одинаковым, что является критерием качественного горизонтирования вала.

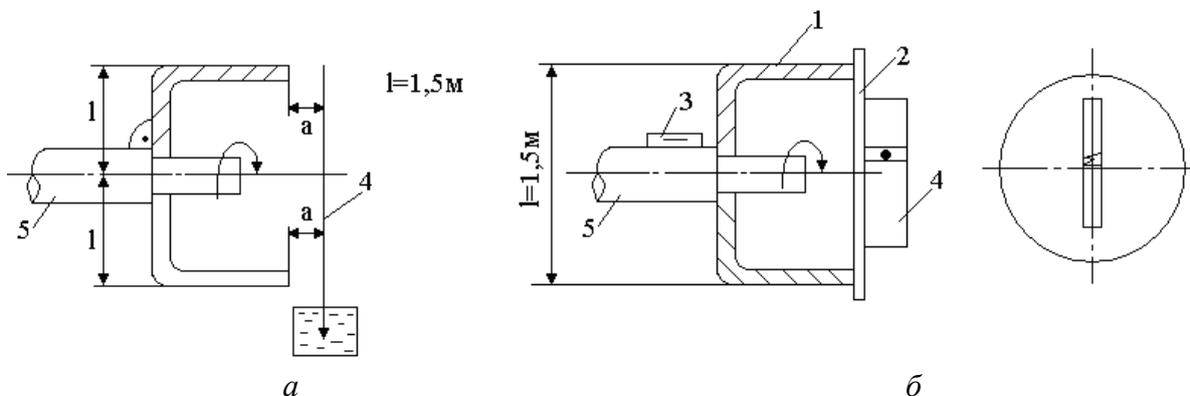


Рис. 29. Проверка параллельности валов с помощью индикаторных головок:
1 – шаблонная рамка; 2 – индикаторная головка

Сборка валов на опорах скольжения

Одним из основных условий качественной сборки является обеспечение гарантированного зазора между опорными шейками вала и рабочими поверхностями втулок подшипников. Зазор определяется условиями работы вала: если нужны точное центрирование и высокая виброустойчивость, то назначают посадки с минимальными зазорами, если вал должен работать при больших угловых скоростях и невысоком давлении в подшипниках, то выбирают посадки с большими зазорами [9].

При монтаже валов возможны следующие погрешности:

- отклонение формы поверхностей шеек вала и втулок в осевом и поперечном сечениях (конусность, бочкообразность, эллипсность, корсетность и т. д.);
- отклонение от соосности: непараллельность осей отверстий втулок подшипников и осей опорных шеек вала (рис. 30).

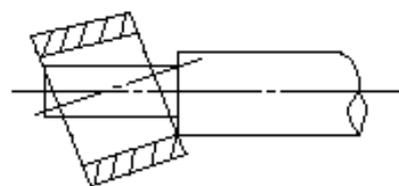


Рис. 30. Отклонение от соосности вала и подшипника скольжения

При малых зазорах между валом и подшипником есть опасность заклинивания вала. Радиальное биение возникает, когда появляются отклонения от соосности поверхности опорных шеек валов и других поверхностей либо имеется погрешность в сечении (овальность и др.).

При укладке вала на подшипники скольжения вначале добиваются горизонтального положения вала. Затем осуществляют покраску шеек вала (ультрамаринном) и помещают подшипники скольжения на вкладыши. По пятнам краски на вкладышах производят шлифовку вкладышей (шабрение). Шабрение часто проводят по блеску втулок в том или ином месте монтажа с валом. При очень точной сборке делают в дополнение к шабрению притирку по «ложному» валу с такими же размерами, как и к рабочему.

Сборка вала на опорах качения

Сборку контролируют по отношению к валу и корпусу. Подшипники качения пригонке не поддаются, поэтому сборку производят методом взаимозаменяемости и регулировки. Главной задачей является уменьшение радиального биения. Дело усугубляется наличием собственного биения внутреннего и внешнего колец подшипника.

Вначале следует измерить радиальное биение вала e_1 с помощью индикаторной головки во всех посадочных местах (рис. 31).

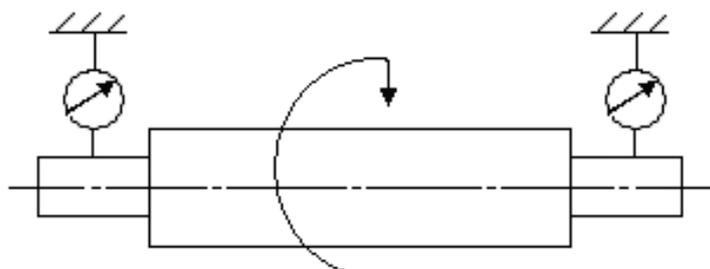


Рис. 31. Измерение биения вала

Затем измеряют радиальное биение внутреннего кольца подшипника e_2 . Для этого внешнее кольцо подшипника устанавливают в зажимы и при вращении внутреннего кольца с помощью индикаторной головки измеряют значение его радиального биения (рис. 32).

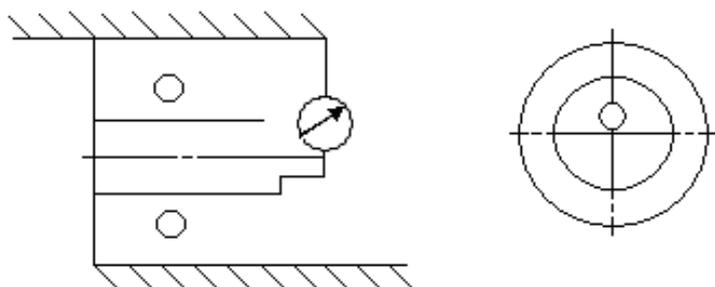


Рис. 32. Измерение радиального биения внутреннего кольца подшипника

Радиальное биение вала и подшипника можно компенсировать, расположив их эксцентриситеты e_1 и e_2 диаметрально противоположно (рис. 33).

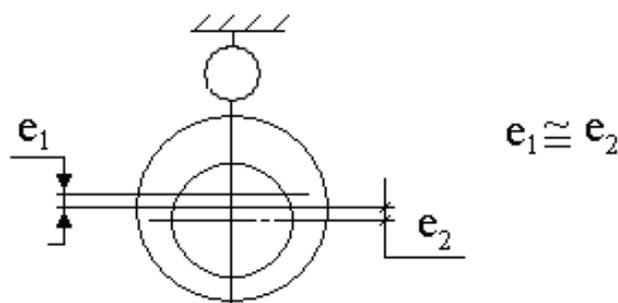


Рис. 33. Компенсирование радиального биения вала и подшипника

Если радиальное биение вала в опорах устранить полностью не удастся, то нужно стремиться расположить его по одну сторону от оси вращения вала в каждой опоре. При этом желательно, чтобы биение вала в передней опоре было меньше, чем в задней. Это уменьшает радиальное биение конца вала (рис. 34, *а* и *б*).

Наоборот, если требуется уменьшить радиальное биение середины вала, то радиальное биение вала в опорах необходимо направить в противоположные стороны от оси вращения (рис. 34, *в*).

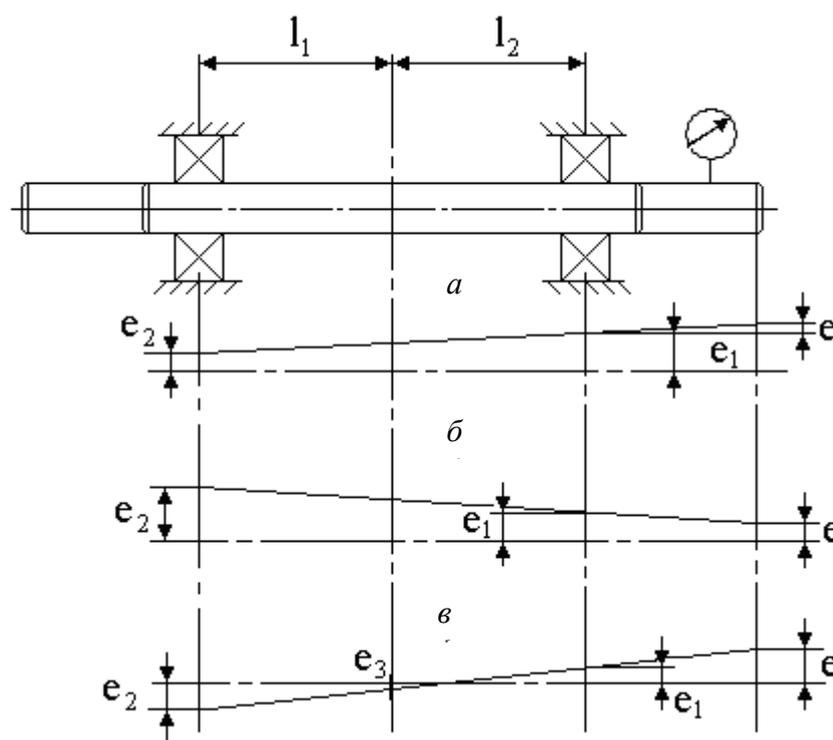


Рис. 34. Расположение осей вращения вала при монтаже

При сборке валов на подшипниках качения нужно контролировать радиальное биение вала относительно корпуса. Основными причинами таких отклонений являются: а) отклонения отверстий от параллельности под опоры вала в корпусной детали (рис. 35); б) эксцентricность поверхностей внешних колец подшипника (рис. 36).

Чтобы совместить ось вращения вала с требуемым положением A_1 при смещении отверстия A_2 в корпусе, равном e_{\max} , нужно осуществить следующее: (рис. 37):

1. Измерить в корпусе e_{\max} , вызванный отклонениями e_1 и e_2 .
2. Подобрать подшипник так, чтобы его внешнее кольцо имело эксцентricитет e_3 , равный e_{\max} .

3. Пометить краской радиальную плоскость, в которой e_{\max} располагается у корпусной детали, со стороны, противоположной наибольшему смещению оси отверстия.

4. Найти у внешнего кольца радиальную плоскость, в которой располагается наибольший эксцентриситет e_3 , пометить эксцентриситет краской со стороны тонкой стенки.

5. Смонтировать подшипник так, чтобы погрешность эксцентриситета e_3 была направлена в сторону, противоположную e_{\max} , т. е. чтобы совпали отметки на корпусе и внешнем кольце подшипника.

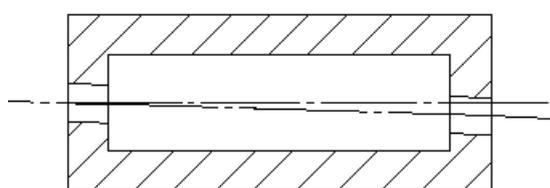


Рис. 35. Отклонения отверстий в корпусе

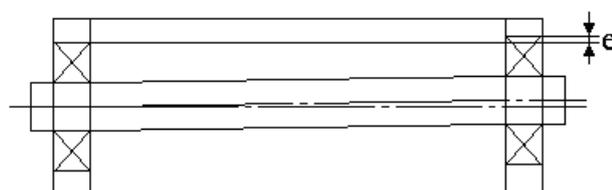


Рис. 36. Эксцентricность внешних колец подшипника

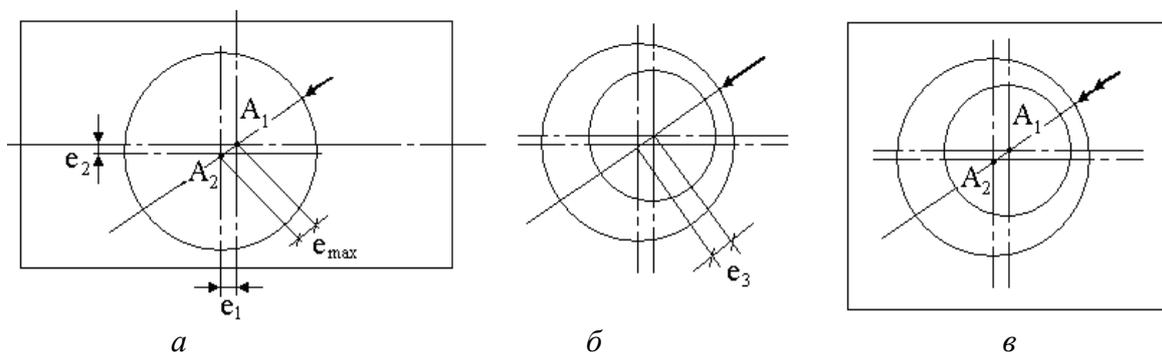


Рис. 37. Совмещение оси вращения вала и оси посадочного места корпуса

В процессе сборки вала следует тщательно контролировать конусность и овальность отверстий в корпусе. Указанные отклонения деформируют внешнее кольцо подшипника и беговые дорожки.

Сборка вала с муфтой

Для соединения двигателя или редуктора с валом наиболее часто применяют эластичные полумуфты.

Соединив концы валов с помощью эластичных полумуфт, необходимо обеспечить правильную их центровку и требуемый зазор между полумуфтами.

Центровку ведут по полумуфтам, насаженным на концы валов соединяемых машин (рис. 38).

Эту работу проводят в два этапа:

1-й этап: проводят предварительную центровку с помощью линейки либо индикаторной головки;

2-й этап: проводят центровку при помощи центровочных скоб.

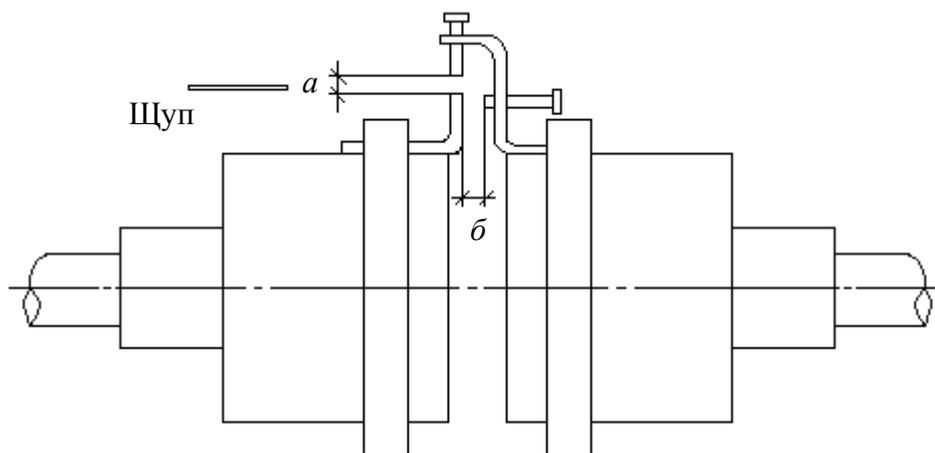


Рис. 38. Центровка вала при помощи скоб: зазор a по окружности полумуфт – радиальный; зазор b – осевой

Центровочные скобы могут устанавливаться на валы. При центровке со скобами радиальные и осевые зазоры измеряют в четырех положениях по окружности через каждые 90° .

1.16. Сборка зубчатых передач

1.16.1. Сборка цилиндрических зубчатых передач

Установка и проверка параллельности валов

Сборка цилиндрических зубчатых передач включает в себя [8, 10–12] следующие операции:

1. Установку и закрепление зубчатых колес на валах;
2. Установку валов в корпусе;
3. Проверку и регулировку зацеплений.

Для колес малого диаметра зубчатое колесо на вал напрессовывают вручную. Зубчатые колеса большого диаметра и термически обработанные напрессовывают прессом с нагревом колеса либо с охлаждением вала.

При напрессовке цилиндрического зубчатого колеса наиболее часто встречающиеся погрешности бывают следующие:

1. Искривление профиля зубчатого венца (рис. 39, *а*);
2. Качание зубчатого колеса на шейке вала (рис. 39, *б*);
3. Радиальное биение (рис. 39, *в*);
4. Торцевое отклонение колеса (рис. 39, *г*).

Для проверки вал с насаженным на него зубчатым колесом устанавливают на призмах либо в центрах и контролируют погрешность (рис. 40).

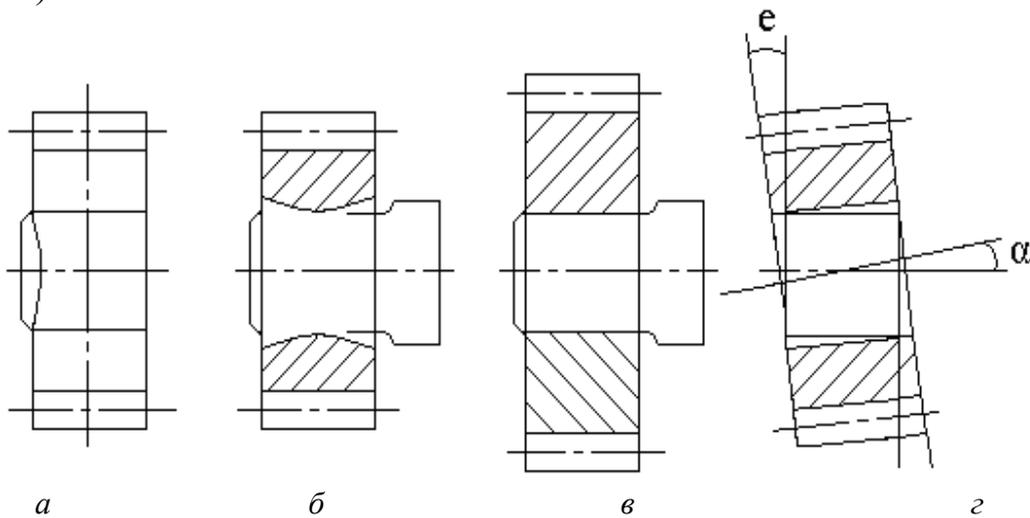


Рис. 39. Погрешности при напрессовке цилиндрического зубчатого колеса

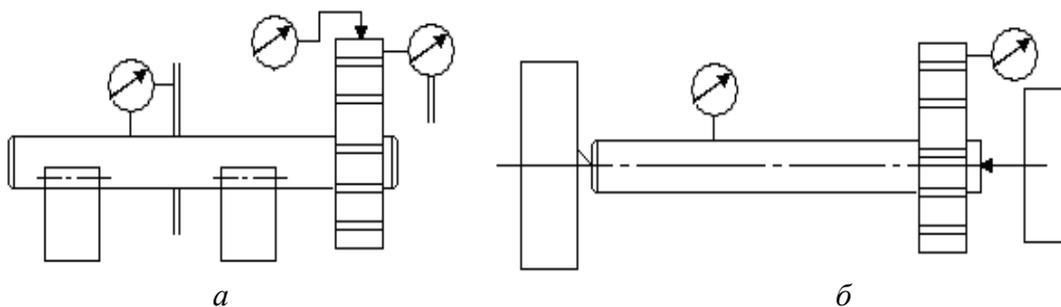


Рис. 40. Установка зубчатого колеса для проверки на погрешность:
а – на призмах; *б* – в центрах

При сборке цилиндрических зубчатых колес важно обеспечить параллельность ведущего и ведомого валов в корпусе.

Для правильного зацепления цилиндрических зубчатых колес оси вала должны лежать в одной плоскости и быть взаимно параллельными. Расстояние между осями валов должно быть (без учета радиального зазора) равно

$$L = \frac{m(z_1 + z_2)}{2}, \text{ мм},$$

где m – модуль колес, мм; z_1, z_2 – соответственно число зубьев на ведущем и ведомом колесах.

Допускается значение L несколько увеличенным, но не уменьшенным. Допуск на раздвижку осей должен находиться в пределах

$$l' = a \cdot m, \text{ мм},$$

где a – коэффициент, зависящий от окружной скорости и типа передачи. Для практических работ $a = 0,015–0,04$. Большим окружным скоростям соответствуют меньшие значения a .

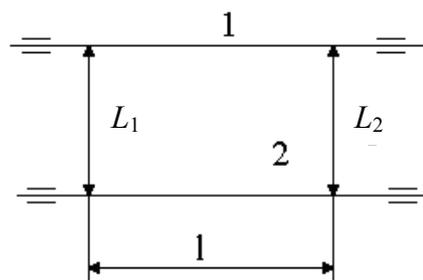


Рис. 41. Контроль параллельности валов

Параллельность осей валов проверяют измерением на различных участках межосевого расстояния (рис. 41).

Разность измерений межосевого расстояния на длине 1 м не должна превышать допуска на раздвижку осей:

$$L_1 - L_2 = l' \cdot \frac{l}{1000} < l' = a \cdot m, \text{ мм}.$$

Проверка бокового и радиального зазора между зубьями

При установке цилиндрических зубчатых колес важно обеспечить нужный боковой ($\Delta\delta$) и радиальный ($\Delta\rho$) зазоры между зубьями (рис. 42).

Боковой зазор обеспечивает нормальную смазку колес. Уменьшенный зазор приводит к выдавливанию смазки, заеданию колес и преждевременному износу. При увеличенном зазоре зубья ударяются друг о друга, что часто приводит к поломке зубьев. Уменьшенный радиальный зазор может привести к поломке зубьев.

Боковой и радиальный зазоры проверяют либо щупом, либо прокатыванием свинцовой пластины, которую впоследствии измеряют.

1. Нормальный боковой зазор определяют по формуле

$$\Delta\delta = K \cdot m, \text{ мм},$$

где K – коэффициент, зависящий от частоты поверхности, типа колеса, окружной скорости, $K = 0,02-0,1$, для необработанных зубьев $K = 0,16$.

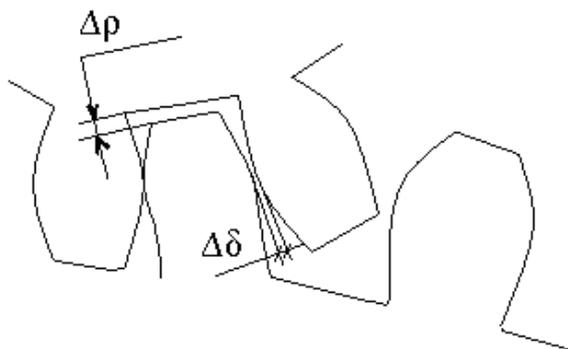


Рис. 42. Контроль зазоров между зубьями

2. Радиальный зазор вычисляют по выражению

$$\Delta\rho = (0,015 \div 0,03) \cdot m.$$

Радиальный зазор зависит в основном от качества изготовления.

Для быстроходных и тяжело нагруженных зубчатых передач зазоры устанавливают с учетом температурного расширения материала, из которого выполнены зубчатые колеса.

При установке в корпус расстояние между осями валов рассчитывают по формуле

$$L_k = L(1 + \alpha_k \cdot \Delta t_k), \text{ мм},$$

где L – расстояние между осями валов в холодном состоянии, мм,

$L = \frac{m(z_1 + z_2)}{2}$; α_k – коэффициент линейного расширения материала корпуса, $1/^\circ\text{C}$; Δt_k – превышение температуры корпуса относительно температуры окружающей среды, $\Delta t_k = t_k - t_0$, $^\circ\text{C}$.

Сумма радиусов ведомого и ведущего зубчатых колес при увеличении их вследствие нагрева во время работы равна

$$L_z = L(1 + \alpha_z \cdot \Delta t_z), \text{ мм},$$

где α_z – коэффициент линейного расширения материала колеса, $1/^\circ\text{C}$; Δt_z – превышение температуры колеса относительно температуры окружающей среды, $\Delta t_z = t_z - t_0$, $^\circ\text{C}$.

Изменение в положении зубчатых колес по направлению линии, соединяющей их центры, составляет

$$\Delta L = L_k - L_z = L(\alpha_k \cdot \Delta t_k - \alpha_z \cdot \Delta t_z) = \frac{m}{2} \cdot (z_1 + z_2) \cdot (\alpha_k \cdot \Delta t_k - \alpha_z \cdot \Delta t_z).$$

На радиальное биение зубчатые колеса проверяют с помощью индикаторной головки, помечая колеса в четырех точках и измеряя средние отклонения:

$$\Delta p_1 - \Delta p_3 = c \cdot m, \quad \Delta p_2 - \Delta p_4 = c \cdot m,$$

где c – коэффициент, зависящий от угловой скорости и типа передачи, $c = 0,01-0,04$

Боковой зазор, при котором следует заменять зубчатые колеса, определяют по формуле

$$\Delta \delta = v' \cdot m,$$

где для колес 7-й и 8-й степени точности $v' = 0,15-0,25$; для колес 9-й и 10-й степени точности $v' = 0,20-0,4$; для тихоходных колес с окружной скоростью вращения колеса до 300 об/мин $v' = 0,5$.

Качание колес относительно вала

Качание зубчатых колес происходит в основном из-за ослабления шпонки или шлицев. Для точных колес допускается следующее качание: на радиусе 50 мм угловое – не более 0,02 мм, боковое – не более 0,05 мм. Качание проверяют индикаторами.

1.16.2. Сборка конических зубчатых колес

Качество сборки конических зубчатых колес обеспечивается следующими факторами:

- правильностью пересечения осей валов;
- точностью углов между осями колес;
- правильностью качания зубьев;
- величиной бокового и радиального зазора.

Отклонение для осей конических колес равно:

$$\text{для } m = 2 \div 8 \text{ мм } \delta = (0,015 \div 0,06) \cdot m;$$

$$\text{для } m = 8 \div 14 \text{ мм } \delta = (0,015 \div 0,02) \cdot m.$$

Правильность угла проверяют с помощью контрольных оправок (рис. 43).

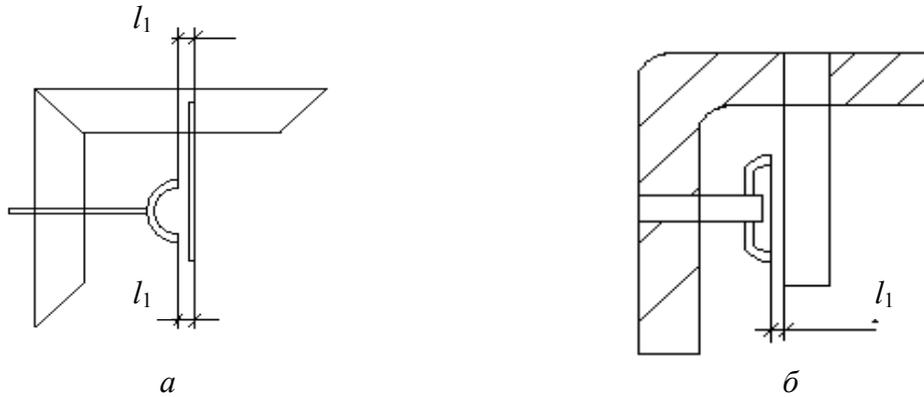


Рис. 43. Проверка правильности угла в конических зубчатых передачах:
а – по валам; б – по отверстиям в корпусе

Точность установки конических зубчатых колес проверяют с помощью краски. Зубья меньшего колеса покрывают краской, делают 3–4 оборота и смотрят на отпечатки. Для колес 7-й степени точности краска должна покрывать не менее чем на 75 % длины и 60 % высоты зуба, 8-й степени точности – соответственно на 60 и 40 %, 9-й – соответственно на 50 и 30 %, 10-й – соответственно на 40 и 20 %.

1.16.3. Сборка червячных передач

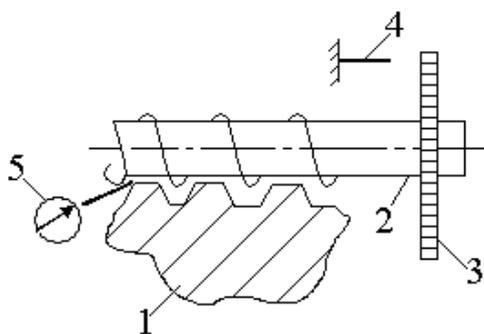


Рис. 44. Проверка мертвого хода червяка: 1 – колесо, 2 – червяк, 3 – градуированный диск, 4 – стрелка, 5 – индикатор

С целью качественной сборки червячной передачи между витками червяка и зубьями колеса должен быть зазор (мертвый ход червяка), равный

$$\Delta\delta = (0,015 \div 0,03) \cdot t, \text{ мм},$$

где t – торцевой модуль передачи, мм.

Проверяют мертвый ход червяка следующим образом (рис. 44).

На червяк 2 надевают градуированный диск 3, его проворачивают так, чтобы стрелка индикатора 5 не колебалась, т. е. чтобы колесо 1 было неподвижным. С помощью стрелки 4 устанавливают угол мертвого хода. Для передач 7-й и 8-й

степени точности мертвый ход червяка должен находиться в пределах $8-12^\circ$ при однозаходном, $4-6^\circ$ при двухзаходном, $3-4^\circ$ при трехзаходном червяках.

Проверка степени прилегания профилей червяка и червячного колеса

Для того чтобы произвести проверку, винт червяка покрывают краской, медленно проворачивают и смотрят отпечатки на зубьях колеса (рис. 45), по которым судят о качестве сборки соединения.

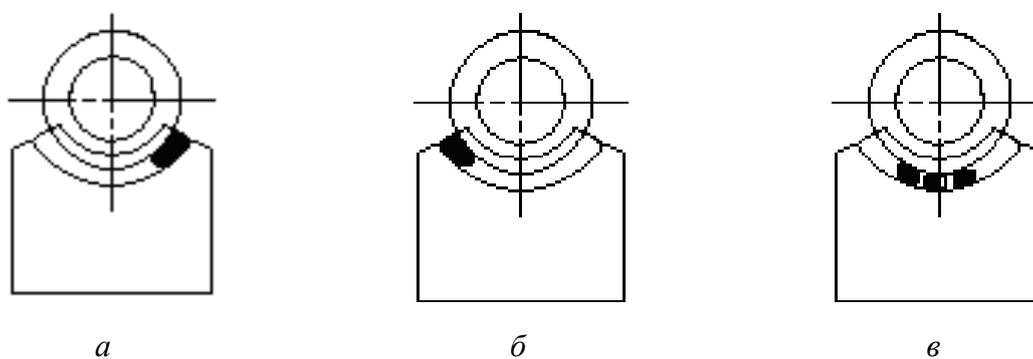


Рис. 45. Регулировка червяка: *а* – смещение влево; *б* – смещение вправо; *в* – правильная регулировка

При правильной регулировке краска должна покрывать поверхность зубьев колеса не менее чем на 50–60 % по их длине и ширине.

Проверка постоянства момента вращения червяка

Окончательно собранную пару проверяют на легкость вращения. При любом положении червяка вал должен вращаться легко и плавно. Изменение момента не должно отличаться более чем на 30–40 %.

При неточной сборке червяк вращается с переменным ослаблением и натягом (рывками). Наблюдается скачкообразное измерение момента. Если червячная передача собрана с высокой точностью, то её работа сопровождается плавным и бесшумным вращением червяка и колеса.

1.17. Балансировка вращающихся деталей и узлов

1.17.1. Виды неуравновешенности

Балансировка представляет собой устранение не уравновешивающих друг друга сил инерции в деталях машин и узлах.

К основным причинам, вызывающим неуравновешенность вращающихся деталей, относятся:

- неточность изготовления деталей;
- неравномерность распределения материала детали относительно оси вращения;
- образование различных структур в детали при термообработке;
- неравномерное изнашивание детали в процессе эксплуатации;
- пластическая деформация детали;
- неточная сборка узла, в результате которой образуется неравномерное распределение массы деталей;
- смещение детали в сборочном узле при эксплуатации;
- неравномерная нагрузка, приводящая к изгибу детали.

Различают следующие виды неуравновешенности деталей и узлов (рис. 46):

1. Статическая неуравновешенность;
2. Динамическая неуравновешенность;
3. Общая неуравновешенность.

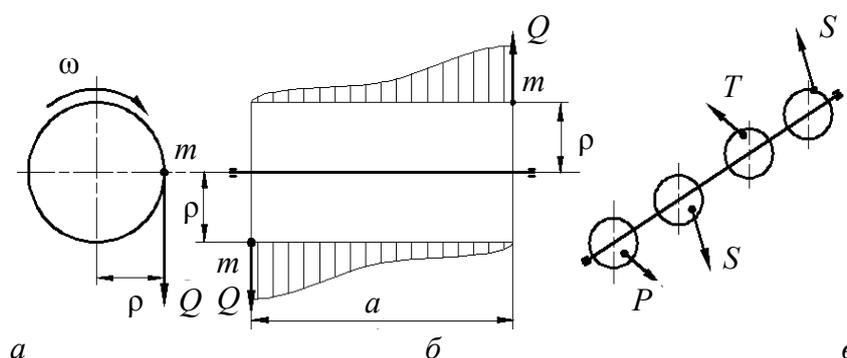


Рис. 46. Виды неуравновешенности: *а* – статическая неуравновешенность; *б* – динамическая неуравновешенность; *в* – общая неуравновешенность

Статическая неуравновешенность образуется в том случае, когда неуравновешенные массы тела приводятся к одной массе и одной центробежной силе, вызываемой этой массой при вращении тела.

Статическая неуравновешенность наблюдается в деталях большого диаметра и малой длины (шкивы, маховики и др.) (рис. 46, а).

Ее можно обнаружить взвешиванием на специальных весах либо на призмах, не приводя деталь во вращение.

Приведенная центробежная сила при статической неуравновешенности определяется по следующему выражению:

$$Q = m \cdot \omega^2 \cdot \rho, \text{ Н}, \quad (5),$$

где m – приведенная неуравновешенная масса, кг; ω – угловая скорость вращения тела, с^{-1} ; ρ – расстояние от оси вращения до центра тяжести неуравновешенной массы, м.

Динамическая неуравновешенность получается, если в детали образуются две равные и прямо противоположные центробежные силы, лежащие в одной плоскости. Каждая центробежная сила определяется при этом по формуле (5), момент от двух сил определяется по формуле (рис. 46, б)

$$M = m \cdot \omega^2 \cdot \rho \cdot a, \text{ Н} \cdot \text{м},$$

где a – расстояние между силами, м.

Динамическая неуравновешенность встречается в деталях большой длины: коленчатых валах, роторах электрических машин, центробежных насосах, в валах редукторов.

Общая неуравновешенность возникает, если во вращающейся детали появляются две взаимно противоположные и равные центробежные силы ($S-S$) и приведенные центробежные силы ($P-T$, рис. 46, в). Каждая из сил определяется соответствующим уравнением:

$$p = m_1 \cdot \omega^2 \cdot \rho_1, \text{ Н};$$

$$p = m_2 \cdot \omega^2 \cdot \rho_2, \text{ Н}.$$

Неуравновешенность повышает нагрузку на подшипники, и, следовательно, их износ изгибает валы, вызывает колебания и вибрацию машины. При балансировке важно определить величину сил, создающих неуравновешенность и их направление.

1.17.2. Статическая балансировка вращающихся изделий

Цель и задачи статической балансировки

Как известно, основной недостаток статической балансировки, заключающийся в невозможности обнаружить моментную неуравно-

вешенность роторов, устранить нельзя. Поэтому область применения в технике статической балансировки роторов ограничена. В настоящее время статическая балансировка используется для уравнивания роторов дискообразной формы, некоторых узлов, вращающихся с малыми скоростями, а также в том случае, когда единственной целью уравнивания является приведение центра массы детали на ось вращения.

Целью статической балансировки является устранение неуравновешенности вращающейся детали. Задачей статической балансировки является приведение центра масс изделия на ось вращения путем изменения распределения массы.

Наука о балансировке вращающихся изделий объемна и разнообразна. Особое внимание при монтаже машин уделяется балансировке роторов, валов и колес различного назначения. Существуют способы статической балансировки, динамической балансировки роторов на станках и в собственных подшипниках. Балансируют самые различные роторы: от гироскопов и шлифовальных кругов до роторов турбин и судовых коленчатых валов. Создано множество приспособлений, станков и приборов с применением новейших разработок в области приборостроения и электроники для балансировки разных агрегатов.

Для рабочих колес применима статическая балансировка, т. к. при превышении диаметром колеса его ширины более чем в пять раз остальные составляющие (моментная и динамическая) малы и ими можно пренебречь.

Чтобы сбалансировать колесо, нужно решить три задачи:

- 1) найти то самое «нужное место» – направление, на котором расположен центр тяжести;
- 2) определить, сколько «заветных грамм» противовеса необходимо и на каком радиусе их расположить;
- 3) уравновесить дисбаланс корректировкой массы рабочего колеса.

Сущность статической балансировки заключается в определении без вращения наиболее легкой и тяжелой частей детали. Делая легкой тяжелую часть или тяжелой легкую, добиваются балансировки детали. Статическую балансировку выполняют на призмах, либо на роликах, либо на весах.

Балансировка на призмах проводится явно выраженной неуравновешенности, когда неуравновешенная масса создает неуравнове-

шенную силу, преодолевающую трение качения, и скрытой неуравновешенности, когда неуравновешенная сила недостаточна для преодоления трения качения.

Деталь с явно выраженной неуравновешенностью помещают на призмы таким образом, чтобы неуравновешенная масса G находилась в горизонтальной плоскости, проходящей через ось диска (рис. 47, а). Диаметрально противоположно G помещают такой груз Q , при котором наступает равновесие. Проверку равновесия производят обычно в 4 положениях детали (А, Б, С, Д). Уравновешивающий груз взвешивают и добавляют на диск либо убирают с противоположной стороны (если это возможно) сверлением, точением, анодно-механической обработкой.

Метод кругового обхода грузами

При скрытой неуравновешенности окружность диска разбивают на 8–12 частей (рис. 47, б) помечают цифрами. Каждую точку деления помещают в плоскость А-А поочередно, прикрепляя груз G такой массы, чтобы диск поворачивался на один и тот же градус (обычно 10). Грузы взвешивают. Точка, где оказался груз наименьшей массы, указывает на место неуравновешенной массы. Эту точку переводят в плоскость А-А (например, т. 4) и уравновешивают противоположную сторону грузом массой $G = G_8 - G_4$.

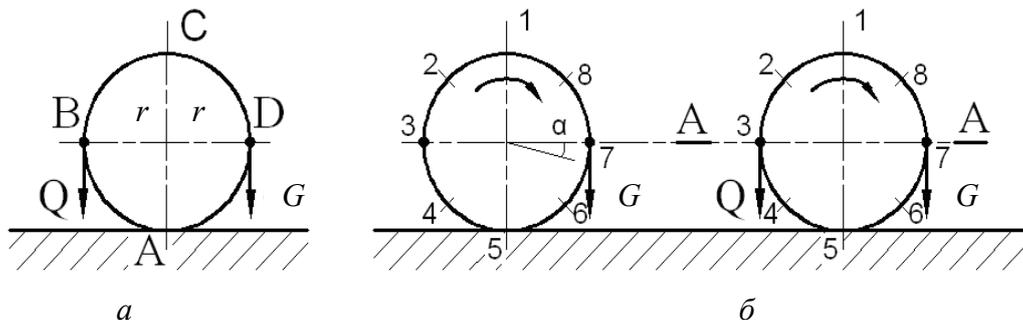


Рис. 47. Схемы статической балансировки

Для балансировки применяют магнитные либо пружинные грузы разной массы. Точность балансировки на призмах бывает тем выше, чем качественнее их поверхность. Недостатком балансировки на призмах является невозможность выверки тел с нецилиндрическими образующими либо с многоступенчатым профилем. В этом случае балансировку проводят на роликах, в центрах либо на весах.

Для дисков малого диаметра применяют балансировочные весы вертикального типа, большого диаметра – весы горизонтального типа (рис. 48). На правом конце коромысла 1 в открытых подшипниках 2 устанавливают деталь 3. На левой стороне подвешивают груз 4. Если центр тяжести смещен относительно оси вращения, то при взвешивании в различных положениях весы будут давать различные показания.

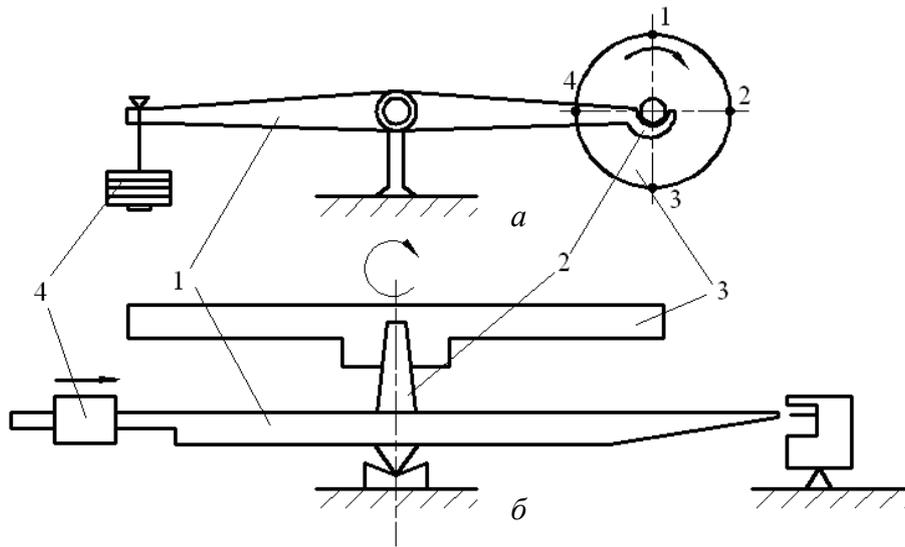


Рис. 48. Балансировочные весы

При положении неуравновешенной массы в положении 1 и 3 весы покажут действительную массу, в положении 2 – завышенную, в положении 4 – заниженную. Детали большого диаметра (колеса вентиляторов, копровые шкивы и др.) балансируют на горизонтальных весах. Методика балансировки аналогична вертикальным весам.

Понятие дисбаланса

Дисбаланс изделия – это векторная величина, равная произведению локальной неуравновешенной массы m на расстояние до оси изделия или произведению веса изделия на расстояние от оси изделия до центра масс.

Такое явление, как дисбаланс, появляется в процессе изготовления (восстановления) деталей, сборки узлов и агрегатов и изменяет свое количественное значение в процессе эксплуатации и текущего ремонта.

Попробуем представить себе, что вся масса ротора вместе с рабочим колесом сосредоточена в одной точке – центре масс (центре тяжести), но из-за неточности изготовления и неравномерности плот-

ности материала (особенно для чугунных отливок) эта точка смещена на некоторое расстояние от оси вращения (рис. 6). При работе агрегата возникают силы инерции F , действующие на смещенный центр масс, пропорциональные массе ротора, смещению и квадрату угловой скорости. Они-то и создают переменные нагрузки на опоры R , прогиб ротора и вибрации, приводящие к преждевременному выходу агрегата из строя. Величина, равная произведению расстояния от оси до центра масс на массу самого ротора, называется статическим дисбалансом и имеет размерность г·см.

Способы устранения дисбаланса

После определения места и величины дисбаланса его необходимо устранить. Для вентиляторов и дымососов дисбаланс компенсируется противовесом, который устанавливается на внешней стороне диска рабочего колеса. Чаще всего для крепления груза используют электросварку. Этот же эффект достигается снятием металла в «тяжелом» месте на рабочих колесах насосов (по требованиям ТУ допускается снятие металла на глубину не более 1 мм в секторе не более 180°). При этом корректировку дисбаланса стараются проводить на максимальном радиусе, т. к. с увеличением расстояния от оси возрастает влияние массы корректируемого металла на равновесие колеса.

Остаточный дисбаланс

После балансировки рабочего колеса из-за погрешностей измерений и неточности устройств сохраняется смещение центра масс, которое называется остаточным статическим дисбалансом. Для рабочих колес вращающихся механизмов нормативная документация задает допустимый остаточный дисбаланс. Например, для колеса сетевого насоса 1Д1250-125 задается остаточный дисбаланс 175 г·см (ТУ 34-38-20289-85).

Приспособления для статической балансировки

Найти место дисбаланса помогают приспособления для статической балансировки. Их можно изготовить самостоятельно, они просты и недороги. Рассмотрим некоторые конструкции.

Простейшим устройством для статической балансировки являются ножи, или призмы (рис. 49), установленные строго горизонталь-

но и параллельно. Отклонение от горизонта в плоскости параллельной и перпендикулярной оси колеса, не должно превышать 0,1 мм на 1 м. Средством проверки может служить уровень «Геологоразведка 0,01» или уровень соответствующей точности. Колесо одевается на оправку, имеющую опорные шлифованные шейки (в качестве оправки можно использовать вал, заранее проверив его точность). Параметры призм из условий прочности и жесткости для колеса массой 100 кг и диаметром шейки оправки $d = 80$ мм составят: рабочая длина $L = p \times d = 250$ мм; ширина – около 5 мм; высота – 50–70 мм.

Если дать колесу возможность свободно перекачиваться по ножам, то после остановки центр масс колеса займет положение, не совпадающее с нижней точкой из-за трения качения. При вращении колеса в противоположную сторону после остановки оно займет другое положение. Среднее положение нижней точки соответствует истинному положению центра масс. Для статической балансировки часто применяют дисковые устройства (рис. 50). Они не требуют точной горизонтальной установки, как ножи, и на диски (ролики) можно устанавливать роторы с разными диаметрами цапф. Точность определения центра масс меньше из-за дополнительного трения в подшипниках качения роликов.

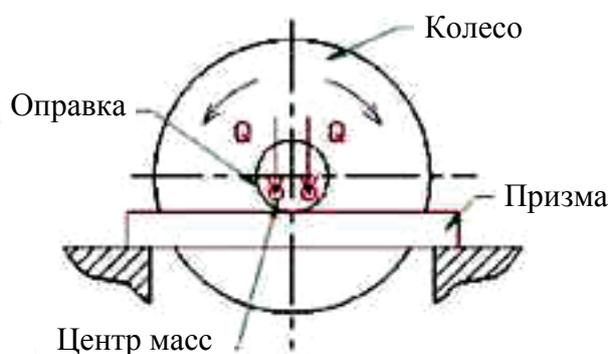


Рис. 49. Статическая балансировка на параллельных призмах



Рис. 50. Статическая балансировка на дисковых устройствах

Применяются устройства для статической балансировки роторов в собственных подшипниках. Для снижения трения в них, которое определяет точность балансировки, применяют вибрацию основания или вращение наружных колец опорных подшипников в разные стороны.

Самым точным и в то же время сложным устройством статической балансировки являются балансировочные весы (рис. 51).

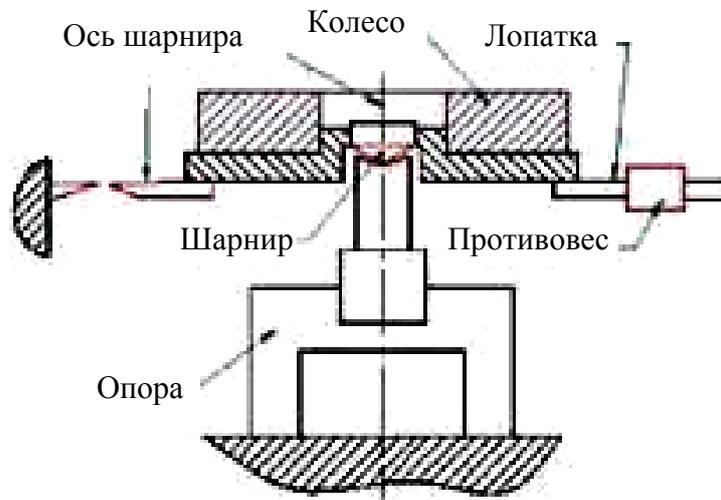


Рис. 51. Балансировочные весы

Конструкция весов для рабочих колес приведена на рис. 51. Колесо устанавливают на оправку по оси шарнира, который может качаться в одной плоскости. При повороте колеса вокруг оси в различных положениях его уравнивают противовесом, по величине которого находят место и дисбаланс колеса.

Методы статической балансировки

Величину дисбаланса, или количество граммов корректирующей массы, определяют следующими способами.

1. Метод подбора – установка противовеса в точке, противоположной центру масс; при этом добиваются равновесия колеса в любых положениях.

2. Метод пробной массы ($M_{\text{п}}-M_{\text{п}}$), которую устанавливают под прямым углом к «тяжелой точке», при этом ротор совершит поворот на угол j .

Корректирующую массу вычисляют по формуле

$$M_{\text{к}} = M_{\text{п}} \operatorname{ctg} j$$

или определяют по номограмме (рис. 52): через точку, соответствующую пробной массе на шкале $M_{\text{п}}$, и точку, соответствующую углу отклонения от вертикали j , проводят прямую, пересечение которой с осью $M_{\text{к}}$ дает величину корректирующей массы.

В качестве пробной массы можно использовать магниты или пластилин.

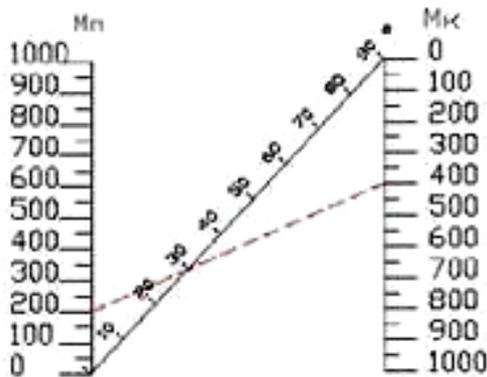


Рис. 52. Определение величины дисбаланса по номограмме

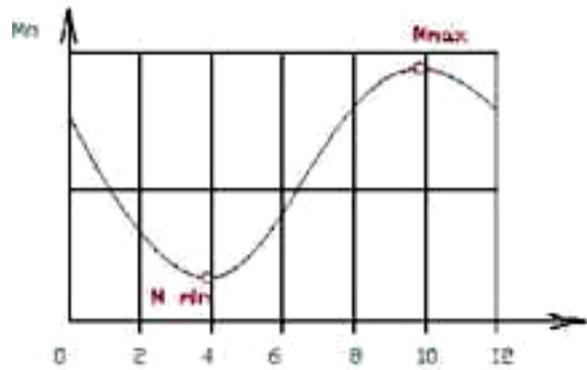


Рис.53. Определение величины дисбаланса по диаграмме

3. Метод кругового обхода – самый подробный и наиболее точный, но и наиболее трудоемкий. Он применим и для тяжелых колес, где большое трение мешает точно определить место дисбаланса. Поверхность ротора делят на двенадцать или более равных частей и последовательно в каждой точке подбирают пробную массу $M_{п}$, которая приводит ротор в движение. По полученным данным строят диаграмму (рис. 53) зависимости $M_{п}$ от положения ротора. Максимум кривой соответствует «легкому» месту, куда необходимо установить корректирующую массу:

$$M_{к} = (M_{к \max} + M_{к \min}) / 2.$$

Сравнение методов балансировки на различных устройствах

Критерием сравнения точности балансировки может служить удельный остаточный дисбаланс. Он равен отношению остаточного дисбаланса к массе ротора (колеса) и измеряется в мкм. Удельные остаточные дисбалансы для различных методов статической и динамической балансировки сведены в табл. 15.

Таблица 15

Удельные остаточные дисбалансы

Устройство	Удельный остаточный дисбаланс, мкм
С призмами	10–30
Роликовое двухдисковое	15–25
Балансировочные весы	5–10
Динамическая балансировка на станке	0,1–1

Из всех устройств для статической балансировки весы дают самый точный результат, однако это устройство самое сложное. Роликовое устройство, хотя и сложнее параллельных призм в изготовлении, проще в эксплуатации и дает результат не многим хуже.

Применение статической балансировки

Статическая балансировка рабочих колес – эффективное средство снижения вибрации, нагрузки на подшипники и повышения долговечности машины. Но она не панацея от всех бед. В насосах типа «К» можно ограничиться статической балансировкой, а для роторов моноблочных насосов «КМ» требуется динамическая балансировка, т. к. там возникает взаимное влияние небалансов колеса и ротора электродвигателя. Необходима динамическая балансировка и для роторов электродвигателей, где масса распределена по длине ротора. Для роторов с двумя и более колесами, имеющих массивную соединительную полумуфту (например, СЭ 1250-140), колеса и муфта балансируются отдельно, а затем ротор в сборе балансируется динамически. В отдельных случаях для обеспечения нормальной работы механизма необходима динамическая балансировка всего агрегата в собственных подшипниках.

Контроль качества

Контроль качества статической балансировки осуществляют следующим образом. Практически допустимым считают дисбаланс Q , который при нормальной скорости вращения диска дает неуравновешенную центробежную силу, не превышающую 4–5 % веса G диска. Следовательно, справедливым будет уравнение

$$m \cdot \rho \cdot \left(\frac{\pi \cdot n}{30} \right)^2 = 0,045 \cdot G, \quad (6)$$

где G – вес детали, Н; ρ – радиус действия неуравновешенной массы относительно оси вращения, м; n – частота вращения, мин⁻¹.

Из выражения (6) определяют неуравновешенную допустимую массу по формуле

$$m = \frac{40 \cdot G}{n^2 \cdot \rho}, \text{ кг.}$$

В случае превышения неуравновешенной допустимой массы, необходимо находить конструктивные пути ее снижения.

1.17.3. Классификация оборудования для статической балансировки

Наиболее полная классификация оборудования для статической балансировки приведена М. Е. Левитом и В. М. Рыженковым (табл. 16).

Таблица 16

Классификация оборудования для статической балансировки

№ п/п	Характер перемещения оси ротора	Тип станда (статический режим)	Условное обозначение	Тип станда (динамический режим)	Условное обозначение
1	Не перемещается	Роликовый Дисковый	СБС-1а СБС-1б	С неподвижными опорами	СБД-1а
2	Перемещается относительно неподвижной точки	Со сферической опорой С подвесной опорой	СБС-2а СБС-2б	–	–
3	Перемещается относительно неподвижной точки	Весы с вертикальной осью Весы с горизонтальной осью	СБС-3а СБС-3б	С горизонтальной осью колебания С вертикальной осью колебания	СБД-3а СБД-3д
4	Перемещается в неподвижной плоскости	Плоскопараллельный	СБС-4а	На маятниковых опорах На астатических маятниковых опорах На горизонтальных маятниковых опорах	СБД-4а СБД-4б СБД-4в
5	Перемещается в пространстве	–	–	Без жестких связей	СБД-5а

1.17.4. Требования к оборудованию для статической балансировки

Статическая балансировка представляет собой специфическую технологическую операцию, состоящую из двух этапов: измерения величины и угловой координаты неуравновешенности. Оборудование для статической балансировки должно иметь устройства для измерения неуравновешенности и ее устранения, причем лучшим вариантом решения будет объединение этих устройств в общем агрегате.

Задачей балансировки является получение статически уравновешенного ротора, поэтому основным, определяющим качеством уравновешивания будет эффективность измерения неуравновешенности. Это накладывает на измерительные приборы, а также на устройство для устранения и на агрегат в целом ряд требований, для удовлетворения которых балансировочное оборудование должно обладать соответствующей разрешающей способностью, точностью и производительностью.

В настоящее время уравновешивание роторов производится или в статическом, или в динамическом режиме.

В первом случае ротор во время балансировочного процесса только поворачивается на небольшие углы, а во втором – вращается с постоянной угловой скоростью. Нами будет рассмотрена методика статической балансировки в статическом режиме.

В большинстве случаев балансировочное оборудование, кроме специального, предназначено для балансировки группы роторов, масса которых изменяется в некотором интервале. Измерительное устройство должно обеспечивать получение заданной точности на всем диапазоне, охватывающем данную группу роторов. Если измерение параметров статической неуравновешенности ротора производится с помощью балансировочного устройства, работающего в режиме статики, то точность измерения определяется уровнем ошибок, вносимых трением, возникающим между опорными шейками ротора или его оправки и направляющими. При балансировке трение препятствует ротору занять однозначное положение устойчивого равновесия и этим ограничивает чувствительность балансировочного устройства к малым неуравновешенностям.

Конструкция балансировочного устройства должна обладать жесткостью, не допускающей деформацию его при нагружении ротором. Качество обработки и точность изготовления направляющих, точность установки их в горизонтальной плоскости, параллельность и совпадение осей опор также определяют качество работы балансировочного оборудования первого вида.

Чаще всего статической балансировке подвергают дисковые роторы, не имеющие опорных шеек, и установка их на балансировочный станок выполняется с применением технологического вала, называемого оправкой. Собственная неуравновешенность оправки и погрешность ее изготовления также вносят ошибки в измерение пара-

метров статической неуравновешенности ротора. Так, например, смещение оси оправки относительно ее шеек при балансировке в статическом режиме или оси оправки относительно оси шпинделя при балансировке в динамическом режиме на 0,01 мм вносит ошибку в процессе измерения величины неуравновешенности ротора, равную 1гр·см / кг. Следовательно, балансировочное оборудование должно иметь устройство, позволяющее исключить влияние собственной неуравновешенности оправки или шпинделя на точность измерения статической неуравновешенности ротора.

Конструкция балансировочного оборудования должна обеспечивать удобный отсчет величины угловой координаты неуравновешенности.

Настройка оборудования, работающего в статическом режиме, несложна и сводится к точной установке его в горизонтальной плоскости, тщательной выверке параллельности направляющих и обеспечению совпадения осей опор.

Балансировочное оборудование и связанное с ним устройство для удаления неуравновешенности должны быть надежны. Следовательно, механическая система балансировочного устройства должна быть простой, несложной и надежной в эксплуатации, не требующей точной выверки или установки, состоять по возможности из унифицированных узлов и деталей, легко заменяемых при поломке и износе.

Механическую и измерительную системы необходимо защищать от проникновения влаги, металлической пыли, стружки и попадания в движущиеся части других посторонних предметов. Процесс установки, крепления и съема балансируемых роторов должен быть простым и обеспечивать надежное крепление ротора.

1.17.5. Динамическая балансировка

Динамическая балансировка осуществляется такими основными способами, как способ максимальных отметок, способ обхода пробным грузом, с помощью балансировочных станков.

Способ максимальных отметок. При данном способе каждую сторону детали балансируют отдельно. Одну сторону например, конец вала делают подвижной, а противоположную закрепляют (рис. 54).

Балансировку осуществляют следующим образом:

1. Определяют на валу 1 окружность расположения уравнивающего груза. Вал 1 вращают с резонансной частотой вращения, когда частота вращения вала совпадает с частотой свободных колебаний системы «вал – подшипник – опора». При резонансной частоте вращения амплитуда колебаний свободного конца вала будет максимальной (рис. 54, а).

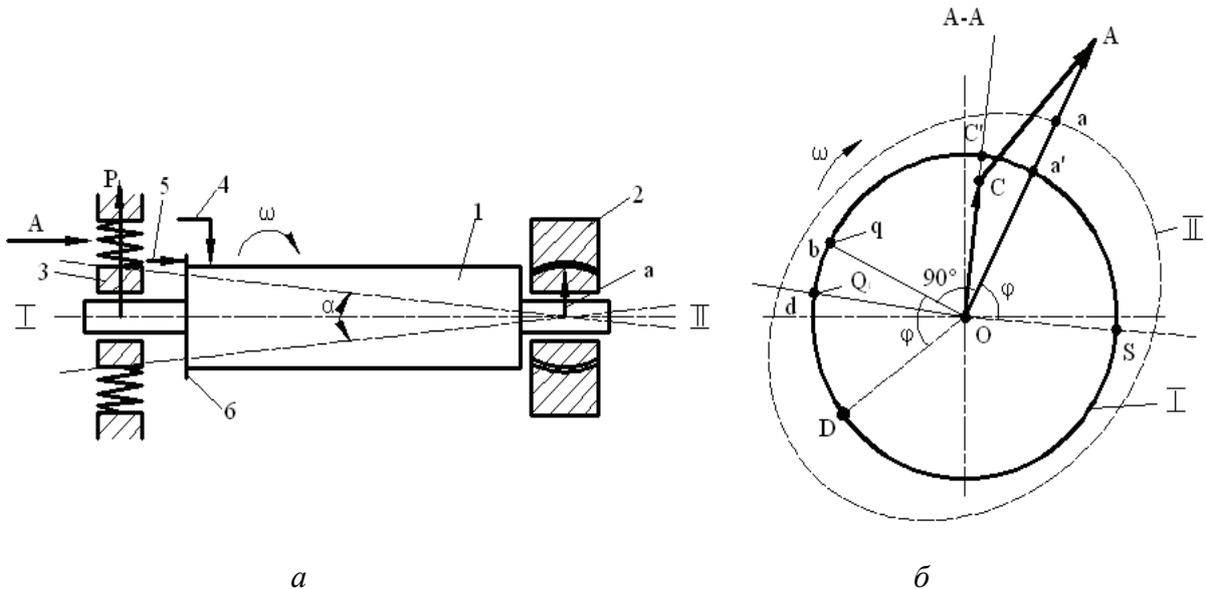


Рис. 54. Схема динамической балансировки

2. Измеряют максимальную амплитуду колебаний свободного конца вала с помощью измерителя 4.

3. Наносят отметки на участок цилиндрической поверхности вала с помощью отметчика 5. Для этого участок около подвижной шейки вала (I) забеливают мелом, растворенным в бензине, или устанавливают измерительный экран 6. Первую отметку наносят чертилкой при вращении вала на резонансных оборотах (рис. 54, б).

4. Определяют максимальную точку колебаний окружности вращения вала (а) на отмеченной дуге.

5. Останавливают вал, соединяющий точку а с центром вращения вала. Точку а переносят на окружность расположения уравнивающего груза (а').

6. В противоположную сторону относительно вращения на окружности наносят радиус Ob под углом 90° к Oa . В точку b помещают пробный груз q .

7. Вращают вал и на резонансных оборотах делают вторую отметку с. Измеряют амплитуду вибрации опоры I. Сносят точку с на окружность 1, получают точку с'.

8. На бумаге в произвольном масштабе проводят окружность и переносят на нее точки а', b', с' Затем на радиусах Oa' и Oc' откладывают в определенном масштабе вектор OA – амплитуду вибрации подшипника без груза q – и вектор Oc – при вращении с пробным грузом q. Тогда вектор AC будет являться амплитудой вибраций опоры I под действием силы, вызываемой только грузом q.

9. Треугольник OAC можно рассматривать как треугольник сил, вызывающих вибрацию подшипника с определенными амплитудами.

10. Значение необходимого уравнивающего груза Q_1 находят из выражения

$$\frac{Q_1}{q} = \frac{OA}{AC}, \quad \text{откуда} \quad Q_1 = \frac{q \cdot OA}{AC}.$$

11. Для определения места расположения уравнивающего груза Q_1 из центра оси вращения вала O проводят радиус OD, параллельный вектору AC. Точка D будет являться точкой наибольшего отклонения вала под действием центробежной силы пробного уравнивающего груза q, а угол φ определяет запаздывание наибольшего размаха отклонения от направления центробежной силы вследствие влияния инерции движущейся системы.

12. Угол φ зависит в основном от частоты вращения вала ω . Так как при вращении ω постоянна, то и угол φ также будет постоянным. Поэтому, отложив от радиуса OA в направлении вращения вала угол, получим радиус OS, который определяет направление центробежной силы, вызываемой неуравновешенностью вала.

13. Место положения уравнивающего груза Q_1 определяется в точке d, которая получается при пересечении на другой стороне окружности линии, проходящей через OS.

14. Прикрепив найденный груз Q_1 на места в точке d, переходят к балансировке второго конца вала, определяя необходимую массу груза Q_2 .

15. Освобождают оба конца вала и вращают с целью проверки. Если наблюдается незначительная вибрация, то с противоположных сторон, на которых закреплены грузы Q_1 и Q_2 для улучшения балансировки, закрепляют дополнительные грузы q_1 и q_2 (под углом 180 к

Q_1 и Q_2). Массу грузов определяют опытным путем. Их либо привинчивают, либо наклепывают, либо приворачивают. Вместо увеличения массы легких участков вала можно уменьшить массу тяжелых участков сверлением, обрубкой, шлифовкой, анодно-механической обработкой и др.

Способ обхода пробным грузом. Данный способ более надежен, чем способ максимальных отметок, но он требует значительно большего времени для балансировки. В этом случае каждый конец вала также балансируют (рис. 55) отдельно.

1. Окружность вала делят на 8–12 частей. Точки помечают порядковыми номерами (рис. 55).

2. После этого измеряют амплитуды колебаний на резонансных оборотах без уравнивающего груза.

3. Затем на каждую точку прикрепляют груз q одной и той же известной массы и измеряют амплитуды колебаний с грузом q .

4. Определяют точку, в которой амплитуда будет наибольшей. Следовательно, в этом направлении будут действовать силы инерции.

5. Противоположно направлению сил инерции устанавливают на вал уравнивающий груз Q_1 , массу которого определяют пробным путем.

6. При явно выраженной неуравновешенности, когда силы инерции превышают силы упругости пружин подвески конца вала, дополнительный груз можно не применять, ориентируясь на амплитуды колебаний при вращении вала.

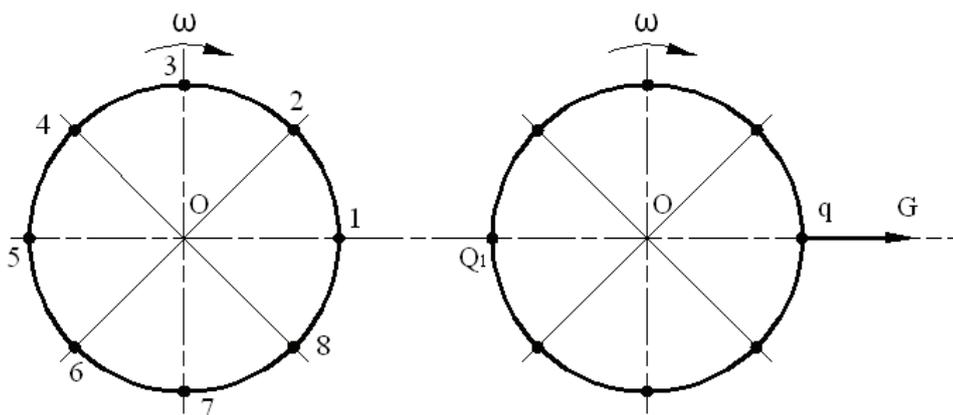


Рис. 55. Схема балансировки обхода грузом

Допустимая амплитуда остаточных вибраций в результате динамической балансировки представлена в табл. 17.

Контроль динамической балансировки по амплитуде колебаний вала

Частота вращения n , мин ⁻¹	Допустимая амплитуда A , мм		
	Отлично	Хорошо	Удовлетворительно
До 1 000	0,04	0,07	0,1
1 000–1 500	0,03	0,06	0,07
1 500–3 000	0,01	0,03	0,05

Следует отметить, что основным недостатком статической балансировки является необходимость получения низкого коэффициента трения при больших нагрузках от веса рабочих колес. Повышения точности и эффективности балансировки насосов, дымососов и вентиляторов в горной промышленности можно достичь методами динамической балансировки роторов на станках и в собственных подшипниках.

Работа вращающихся механизмов. Надежность и исправность работы вращающихся механизмов зависит от большого числа факторов, таких как соосность валов агрегата; состояние подшипников, их смазка, посадка на валу и в корпусе; износ корпусов и уплотнений; зазоры в проточной части; выработка сальниковых втулок; радиальный бой и прогиб вала; дисбаланс рабочего колеса и ротора; подвеска трубопроводов; исправность обратных клапанов; состояние рам, фундаментов, анкерных болтов и многое другое. Очень часто упущенный небольшой дефект, как снежный ком тянет за собой другие, а в результате – выход оборудования из строя. Только учитывая все факторы, точно своевременно диагностируя их, и соблюдая требования ТУ на ремонт вращающихся механизмов, можно добиться безотказной работы агрегатов, обеспечить заданные рабочие параметры, увеличить межремонтный ресурс, снизить уровень вибрации и шума.

В настоящее время идет непрерывная работа по снижению материальных затрат на ремонт, усовершенствованию технологий ремонта, модернизации конструкций оборудования, требованиям к отремонтированному оборудованию и рационализаторским предложениям по повышению качества и снижению трудоемкости ремонта.

1.18. Такелажные работы и оборудование при монтаже машин

1.18.1. Назначение, общая классификация такелажных работ и оборудования

Такелажными называются работы по увязке узлов оборудования гибкими подвесками (строповке), их подъему и транспортировке к месту установки.

Такелажные работы выполняют с помощью различных грузоподъемных средств и механизмов, приспособлений и машин (рис. 56).

От завода-изготовителя до монтажной площадки и по ней оборудование и конструкции перевозят железнодорожным, реже автомобильным или водным транспортом. Поперечные размеры грузов, доставляемых по железной дороге, не должны превышать общепринятый габарит, очертание подвижного состава. Перевозка негабаритных грузов согласуется с Управлением железной дороги в соответствии с правилами Министерства транспорта России. При перевозках безрельсовым транспортом грузы массой до 12 т перевозят автомашинами, свыше 12 т – на тяжеловозах.

Для перемещения грузов при монтаже наиболее эффективно применение стандартных средств: тракторов, передвижных кранов, трубоукладчиков, автопогрузчиков и пр.

При отсутствии указанного оборудования применяют электрические лебедки, монтажные блоки, полиспасты, тали, а также простейшие приспособления (сани, доски и катки или металлический лист с загнутым передним концом и приваренными к нему петлями для тягового каната).

При выполнении такелажных работ, в особенности при подъеме грузов, весьма важной и ответственной операцией является строповка.

Особо тщательно следует увязывать крупные углы оборудования большой массы. Все углы оборудования, по которым происходит касание стропов, должны быть скруглены специальными предохранительными подкладками.

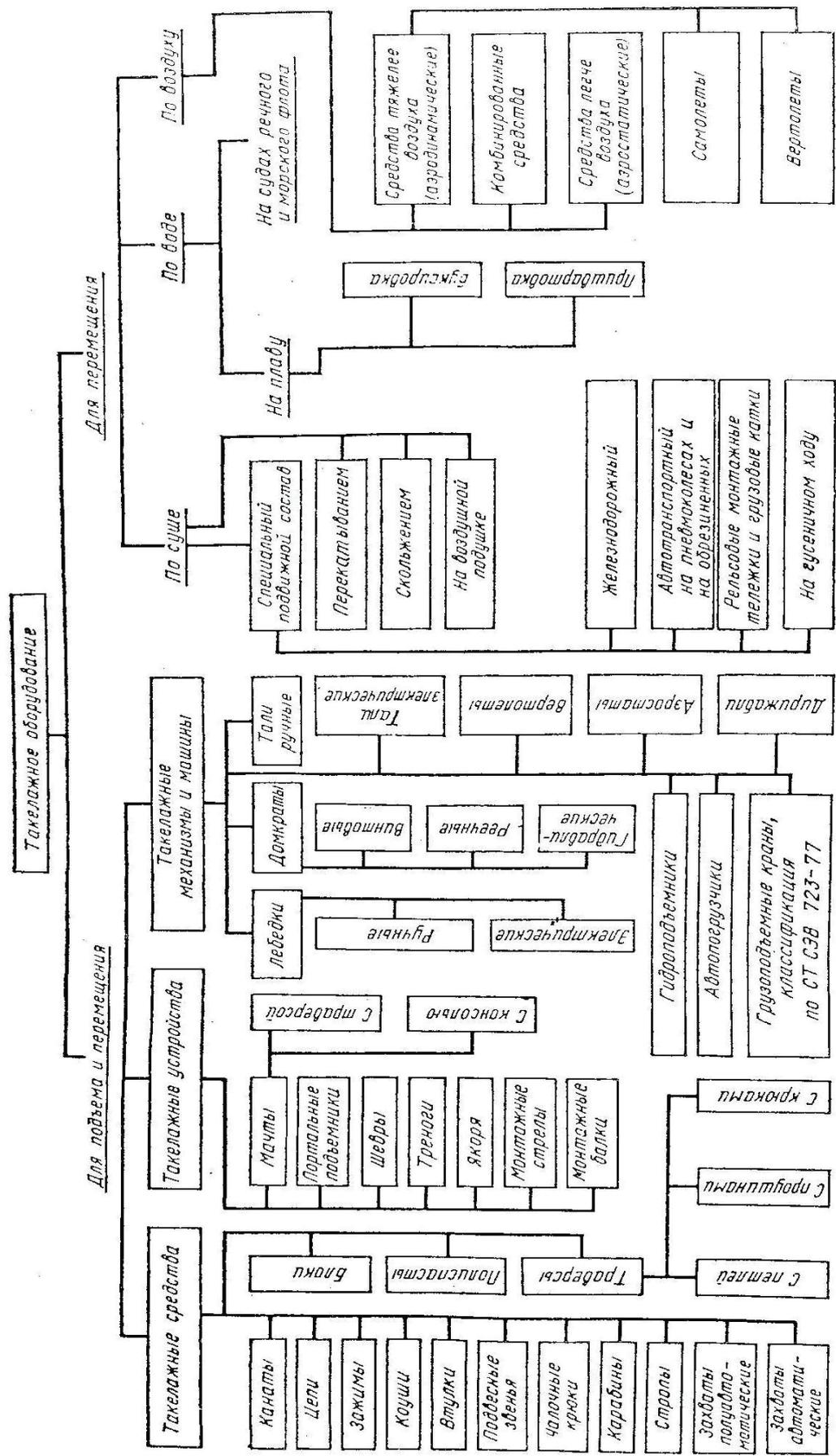


Рис. 56. Классификация такелажного оборудования

Строповку можно разделить на два вида:

путем обвязки грузов канатами, стропами или цепями;

путем увязки строповочных канатов на приливах, цапфах, лапах, рым-болтах и других деталях, специально предусмотренных на оборудовании для его подъема и транспортировки.

При строповке важно правильно определить центр тяжести груза. Строповка должна быть выполнена так, чтобы центр тяжести груза и ось блоков крюковой подвески подъемного механизма находились на одной вертикали. Масса укрупненных узлов и оборудования не должна превышать грузоподъемность имеющихся на монтажной площадке грузоподъемных средств, а габаритные размеры – размеров монтажных проемов. При монтаже крупногабаритного и тяжелого оборудования могут быть одновременно использованы два крана или более.

Такую работу проводят по письменному разрешению главного инженера или начальника участка под руководством опытного специалиста.

К такелажным средствам относят стальные и пеньковые канаты, цепи, стропы, траверсы, захваты, блоки, полиспасты, тали, лебедки, домкраты.

Наиболее допускаемое усилие в канате определяют из выражения

$$S = P/R,$$

где P – разрывное усилие каната гарантированное паспортом или взятое по ГОСТу для данного типа каната; R – коэффициент запаса прочности, принимаемый в зависимости от условий работы каната.

Запас прочности канатов представлен ниже:

Чалочные канаты различных грузов массой:

до 50 т _____	8
свыше 50 т _____	6
Расчалки, оттяжки мачт и опор _____	3,5
Канаты подъемно-транспортных устройств при режиме работы:	
ручном _____	4,5
машинном легком _____	5
машинном среднем _____	5
машинном тяжелом и непрерывного действия _____	6

При такелажных работах применяют также пластинчатые и сварные цепи. Их используют в качестве стропов или захватных приспособ-

лений. Цепи рассчитывают аналогично стальным канатам с коэффициентом запаса прочности в зависимости от условий работы от 3 до 8.

Стропами (рис. 57) называют отрезки канатов или цепей, соединенных в кольца или снабженных специальными подвесными приспособлениями, обеспечивающими быстрое, удобное и безопасное закрепление груза. Число ветвей стропа, на которых подвешивают груз, выбирают в зависимости от массы груза и диаметра каната.

Повышенная производительность и безопасность работ, применяют полуавтоматические стропы (рис. 58), которые позволяют выполнять расстроповку поднятого груза, не поднимаясь на высоту. Для строповки груза верхнюю петлю каната 1 накидывают на крюк крана, а двумя свободно висящими концами стропового каната обхватывают груз. Петли каната с коушами 3 надевают на запорный штырь 6, который для этого тросиком 4 оттягивается влево. После заведения петель в скобу 7 тросик отпускают, штырь под действием пружины 5 запирает петлю и строповку груза заканчивают. Для предохранения каната от повреждения при перегибах на острых гранях поднимаемого груза к нему крепят специальные инвентарные подкладки 2, которые при необходимости можно перемещать по канату.

Кроме полуавтоматических стропов, для дистанционной строповки поднятого в проектное положение груза применяют также полуавтоматические строповые захваты.

Для соединения концов канатов или образования петли используют зажимы или сжимы различной конструкции.

Зажимов применяется не менее трех. Расстояние между ними обычно принимается не менее 6 диаметров каната. Гайки на стержнях всех зажимов следует затягивать с одинаковым усилием и использованием динамометрических ключей так, чтобы сжатый поперечник каната составил 0,6 его первоначального диаметра.

Концы канатов закрепляют зажимами обычно через коуш, который служит для зацепления на крюк и предохраняет канат от расплющивания и расслоения прядей и проволок на перегибе. Коуши штампуют из листового металла или изготавливают из чугуна.

Зажимы должны размещаться на канате так, чтобы затягивающие гайки располагались со стороны рабочей ветви каната. Это обеспечивает последнюю прямолинейность, при этом стремящийся к выскальзыванию конец будет лучше зажат.

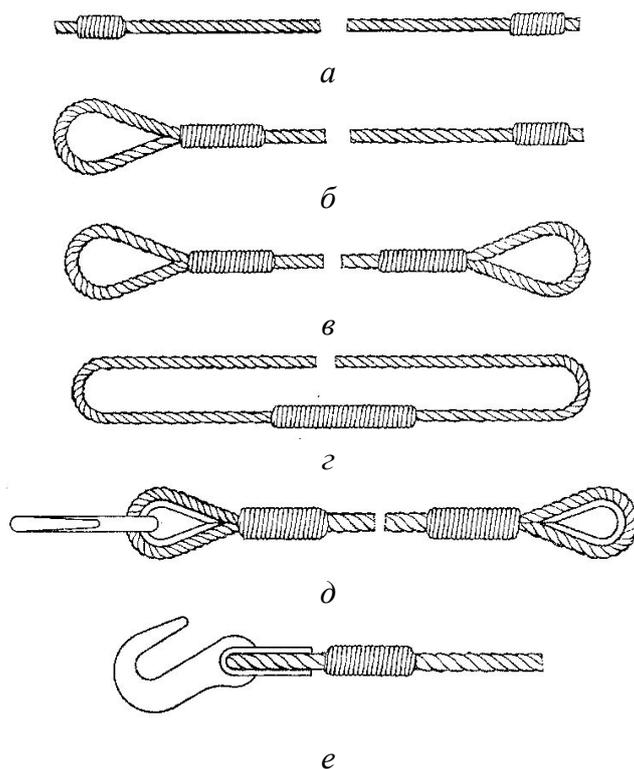


Рис. 57. Стропы: *a* – простой; *б* – с одной петлей; *в* – с двумя петлями; *г* – универсальный; *д* – облегченный с петлей; *е* – облегченный с крюком

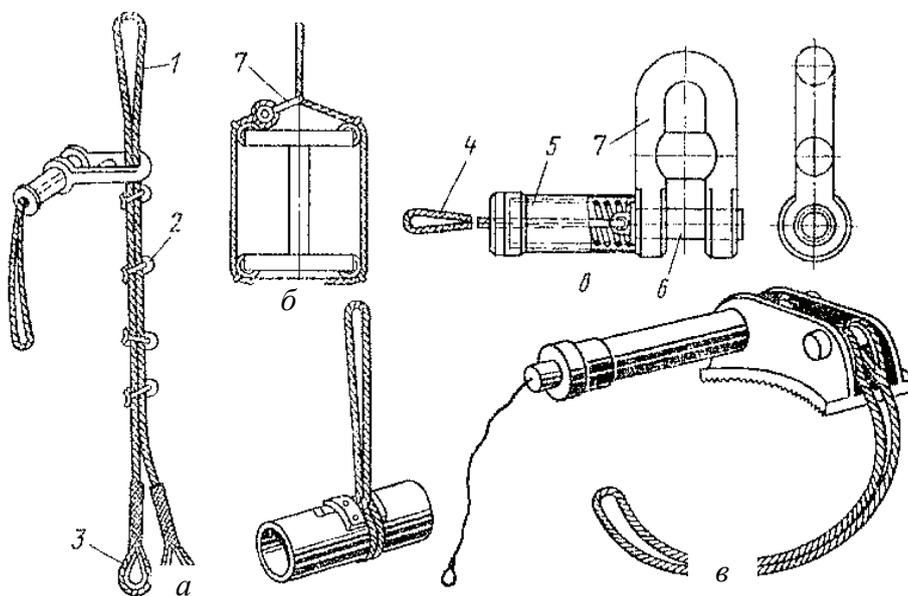


Рис. 58. Полуавтоматические стропы: *a* – общий вид; *б* – схема строповки; *в* – скоба с полуавтоматическим запором; *г* – строп-удавка для подъема труб и валов; 1 – петля каната; 2 – инвентарные подкладки; 3 – петля с коушем; 4 – оттягивающий тросик; 5 – пружина; 6 – штырь; 7 – скоба

Для натяжения стальных канатов на такелажных работах применяют винтовые стяжки (фаркопфы). Стяжка представляет собой раму с двумя вантами – с правой и левой резьбой. При вращении рамы винты сближаются или расходятся.

При перегрузке и транспортировке листового и сортового металла, труб, огнеупорных блоков и других штучных грузов используют захваты различной конструкции.

Для транспортировки крупногабаритных и длинномерных грузов применяют траверсы. Их назначение – предохранять поднимаемые элементы от воздействия сжимающих усилий, возникающих в них при наклоне стропов.

Если груз поднимают спаренными кранами разной грузоподъемности, используют разноплечую траверсу. Для монтажа тяжеловесного оборудования спаренными кранами применяют балансирную траверсу. Для подъема или перемещения грузов, а также для изменения направления канатов используют блоки. В зависимости от числа роликов блоки разделяют на однорольные и многорольные. Однорольные блоки применяют в качестве отводных и для подъема легких грузов, многорольные – для подъема тяжелых грузов. Ролики блоков вращаются на оси, неподвижно установленной в щеках, к которым через траверсу присоединяют крюк или серьги. Блоки оснащают приспособлениями, предохраняющими канат от соскальзывания. Однорольные блоки часто изготавливают с откидными щеками для быстрого отделения каната от блока без распасовки.

Для уменьшения тягового усилия применяют полиспасты. Запасовку блоков полиспастов необходимо производить при минимальном начальном расстоянии между блоками с последующей их растяжкой (например, трактором). При запасовке следует сохранять направление изгиба каната, полученное им при смотке в бунт.

При отсутствии блоков необходимой грузоподъемности используют сдвоенные полиспасты, которые могут работать с приводом от одной или двух лебедок. Сдвоенный полиспаст с одной лебедкой рассчитывают, как и одинарный (с соответствующим числом рабочих нитей). Полиспаст с двумя лебедками рассчитывают как два самостоятельных рабочих полиспаста. Усилие в канате лебедки определяют из условия половины веса поднимаемого груза.

В качестве подъемных механизмов на монтажных работах широкое практическое применение получили ручные тали, кошки, электрические тали (тельферы), лебедки и домкраты.

Таль – механизм, смонтированный в одном корпусе с приводом, предназначенный для подъема груза. Тали устанавливают стационарно или на передвигающихся тележках. Подъемный механизм талей выполняют с шестеренками или с червячной передачей. Их используют или только для подъема, или для подъема и перемещения грузов в виде самостоятельных механизмов, а также в составе более сложных грузоподъемных машин.

Параметры ручных подвесных шестеренных талей определены ГОСТ 2799–75, ручных подвесных талей с червячным подъемным механизмом – ГОСТ 1107–62. Преимущественное распространение получили тали с червячным подъемным механизмом. Вследствие ограниченной зоны действия на монтаже металлоконструкций тали применяют редко.

Электрическая таль состоит из полиспаста и барабана для намотки каната. Электротали оборудуют механические цехи для подачи деталей с одного станка на другой. Управление электротали осуществляется с помощью кнопок. Коробка с кнопками управления подвешена на гибком кабеле к корпусу электротали. Подвод тока осуществляется с помощью гибкого кабеля или троллей.

Лебедка – механизм, тяговое усилие которого передается по средствам гибкого элемента (канат, цепь), наматывающегося на барабан или другой тяговый орган.

Лебедки широко применяют для подъема или перемещения различных грузов при производстве монтажных и погрузочных работ. Их используют и как самостоятельные механизмы, и как составные части более сложных подъемных машин (крана, подъемника). Лебедки могут быть с ручным и машинным приводом.

По назначению различают лебедки подъемные, применяемые для подъема груза и изменения вылета стрел; тяговые, используемые для перемещения грузовых тележек; поворотные, применяемые для вращения кранов.

По грузовому назначению различают лебедки канатные и цепные, *по способу установки* – стационарные и передвижные, *по числу барабанов* – одно-, двух- и трехбарабанные.

Лебедки снабжают гладкими или нарезанными по винтовой линии барабанами, устанавливаемыми, как правило, горизонтально. Лебедки с вертикальным расположением барабанов называются шпильевыми.

Основными параметрами лебедки являются тяговое усилие, H или kH , скорость наматывания канатов (цепи), м/с, канатоемкость барабана (длина каната, наматываемого на барабан), м.

Домкратами называют переставные компактные подъемники, которые предназначены для подъема грузов на небольшую высоту. Они нашли широкое применение на монтажных работах при подъеме и выверке как целых сооружений, так и отдельных их частей. Домкрат устанавливают под грузом или сбоку и упирают в него выдвижной частью. Высота рабочего хода домкрата невелика. Подъем груза на высоту, превышающую ход домкрата, производят в несколько приемов. В этом случае под груз подкладывают шпальные клетки. Скорость подъема груза домкратами незначительна. По конструкции домкраты разделяют на реечные, винтовые и гидравлические.

Реечные домкраты изготовляют грузоподъемностью до 10 т с высотой подъема 0,3–0,4 м и с ручным приводом.

Винтовые домкраты изготовляют грузоподъемностью 2–20 т с высотой подъема 0,25–0,35 м.

Гидравлический домкрат при сравнительно небольших габаритах и массе имеет грузоподъемность 50–200 т и более, что обеспечивает его широкое применение на установочных операциях при монтаже строительных конструкций и промышленного оборудования. Высота подъема гидравлических домкратов составляет от 0,15 до 0,2 м.

При сооружении и монтаже машин используют различные виды передвижных монтажных кранов и устройств. Монтажные мачты применяют при недостаточной высоте и грузоподъемности или нерациональности использования стреловых кранов и при монтаже мостовых, башенных, порталных и мачтово-стреловых кранов. Мачты устанавливают вертикально и удерживают в рабочем положении тремя или четырьмя канатами, которые закрепляют одним концом к оголовку мачты, а другим – к якорям. Мачты могут выполняться одно- и двухконсольными (на один или на два грузовых полиспаста), могут быть спаренными из двух усиленных мачт соединением неподвижного блока полиспаста с оголовком мачты при помощи серьги.

Монтажные стрелы применяют на производственных базах монтажных организаций и в цехах для подъема и перемещения грузов в радиусе стрелы. Грузоподъемность их составляет до 15 т, вылет стрелы – 10–25 м. Их закрепляют на металлоконструкциях, используют как внутри, так и снаружи зданий. Работа стрелы осуществляется двумя лебедками подъема груза и изменения угла наклона и двумя лебедками поворота.

Шевры применяют, когда невозможно разместить и закрепить боковые ванты мачты и в некоторых других случаях, обусловленных методами производства работ. Шевры часто используют в качестве «падающих» стрел, особенно при монтаже башенных кранов и монтажных мачт. В этом случае подъем грузов осуществляется при опускании шевра, который увлекает за собой поднимаемый груз.

Монтажные подъемники применяют при монтаже оборудования на междуэтажных перекрытиях в закрытых зданиях при отсутствии эксплуатационных грузоподъемных средств, в условиях, когда подъезд кранов к месту монтажных работ затруднен, при монтаже отдельных видов технологического оборудования сложной конфигурации (например, агломерационного) и т. д. По конструкции подъемники разделяют на двух- и четырехстоечные грузоподъемностью 10–15 т и порталные, грузоподъемность которых может достигать 1 000 т.

1.18.2. Технические характеристики такелажных средств и оборудования

Стальные канаты

При подъеме, перемещении и опускании грузов используют различные канаты. Наибольшее распространение получили стальные канаты (ГОСТ 3241–66). Для такелажных работ применяют стальные канаты с различными техническими характеристиками.

По форме поперечного сечения стальные канаты подразделяют на круглые и плоские.

По конструкции канаты бывают одинарной свивки (рис. 59, а), состоящие из проволок, свитых по спирали в один или несколько концентричных слоев, двойной свивки (рис. 59, б), состоящие из прядей, свитых в один или несколько концентрических слоев, тройной свивки (рис. 59, в), состоящие из свитых канатов двойной свивки

(стренг). Термин «свивка каната» означает направление поворота проволок и прядей в канате: вправо (по часовой стрелке) или влево (против часовой стрелки).

По форме поперечного сечения прядей канаты делят на круглопрядные и фасонно-прядные, в которых поперечное сечение прядей отличается от круглого.

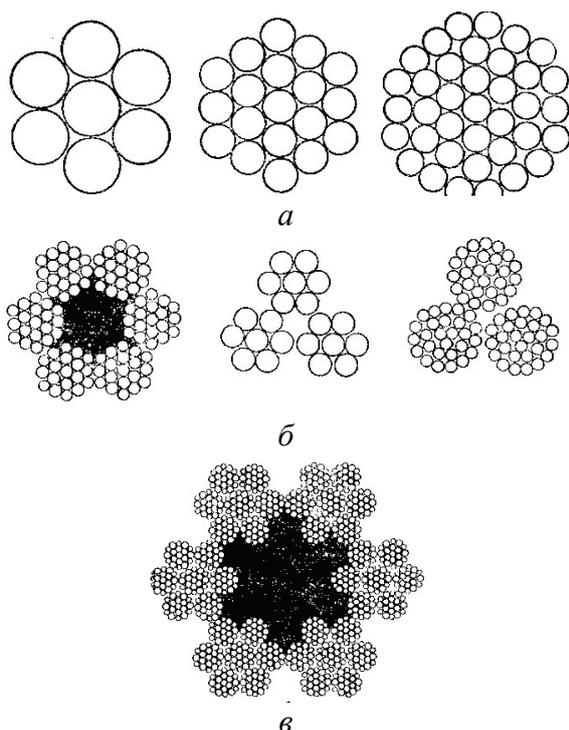


Рис. 59. Канаты круглые: *а* – одинарной свивки; *б* – двойной свивки; *в* – тройной свивки

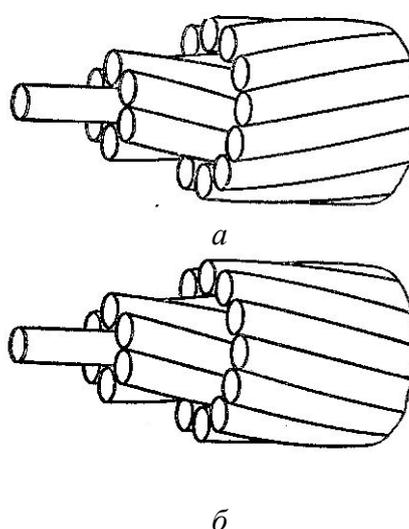


Рис. 60. Тип свивки прядей канатов: *а* – с точечным касанием проволок между слоями; *б* – с линейным касанием проволок между прядями

По типу свивки прядей и канатов одинарной свивки различают следующие канаты: ТК – с точечным касанием проволок между слоями (рис. 60, *а*); ЛК – с линейным касанием проволок между слоями (рис. 60, *б*); ЛК-О – с линейным касанием проволок между слоями прядей; ЛК-Р – с линейным касанием проволок между слоями при различных диаметрах проволок в наружном слое прядей; ЛК-З – с линейным касанием проволок между слоями и проволоками заполнения; ЛК-РО – с линейным касанием проволок между слоями и имеющие в пряди слои с проволоками разных диаметров и слои с проволоками одинакового диаметра; ТЛК – с комбинированным точечно-линейным касанием проволок.

В зависимости от материала сердечника канаты выпускают с органическими (ОС) из натуральных или синтетических волокон и с металлическими сердечниками (МС).

Сердечник – центральная часть каната, вокруг которого, укладывают основные пряди. Он поддерживает пряди, не давая им сжиматься или контактировать друг с другом во время нормальной нагрузки или при изгибе каната. Сердечники из волокон обеспечивают канату максимальную гибкость и упругость.

По способу свивки канаты делят на два вида: нераскручивающиеся (Н) и раскручивающиеся (Р). Пряди в нераскручивающихся канатах бывают двойной или тройной свивки. Наружные пряди многопрядных канатов, проволоки в канатах одинарной свивки сохраняют свое положение после снятия перевязок и заварки с конца каната, при этом металлические сердечники могут изготавливать раскручивающимися. В раскручивающихся канатах стренги, пряди и проволоки не сохраняют своего положения после снятия перевязок и заварки с конца каната.

По направлению свивки канаты бывают левой и правой свивки. Направления свивки для канатов определяют так: для канатов одинарной свивки – направлением свивки проволок наружного слоя; для канатов двойной свивки – направлением свивки прядей наружного слоя, для канатов тройной свивки – направлением свивки стренг в канатах.

По сочетанию направления свивки каната и его элементов канаты бывают крестовые, односторонние (О) и комбинированные (К). Канаты тройной свивки изготавливают только из канатов крестовой свивки. По степени крутимости канаты подразделяют на крутящиеся и малокрутящиеся.

По механическим свойствам канаты делят на такие марки: В – высшей; I – первой. С согласия потребителя допускается изготавливать канаты марки II.

По виду покрытия поверхности проволок канаты делят на следующие виды: без покрытия; с цинковым покрытием проволоки (ОЖ) – для особо жестких условий работы; Ж – для жестких агрессивных условий работы; С – для средних агрессивных условий работы; П – с покрытием каната или прядей искусственными материалами.

По назначению различают канаты ГЛ – грузоподъемные, служащие для подъема и транспортирования людей и грузов (только марки В), и Г – грузовые, служащие для транспортирования грузов.

Для такелажных работ выбирают стальные канаты по временному сопротивлению разрыву – 1 568 МПа и более, маркировочные группы – 1 764 МПа.

Используют также канаты из пластически обжатых (холодная обработка давлением) прядей. В процессе обжатия канат уплотняется, а его поверхность становится практически гладкой. Эти канаты обладают рядом преимуществ по сравнению с другими видами канатов и им свойственны большая однородность прядей, большая прочность на разрыв за счет лучшего заполнения сечения пряди металлом.

Отсутствие зазоров между прядями предохраняет их от проникновения грязи и влаги внутрь.

Стальные канаты хранят намотанными на деревянные барабаны или на инвентарные стальные катушки. На месте производства работ стальные канаты при длительном хранении хранят в закрытых помещениях с асфальтобетонным покрытием пола на деревянных подкладках. При сроке хранения не более 3 месяцев можно хранить под навесом на деревянных подкладках. В процессе эксплуатации стальные канаты обрабатывают (не реже одного раза в год) смазками «Торсиол-35М» или «Торсиол-55».

Пеньковые канаты применяют в качестве оттяжек и стропов при подъеме небольших грузов. Пеньковые канаты легче стальных, но их разрывное усилие меньше. Пеньковые канаты изготавливают свивкой трех скрученных из длинного пенькового волокна прядей. Канаты бывают пропитанными горячей смолой и непропитанными. В зависимости от качества применяемого сырья, а также от назначения и вида отделки пеньковые трехпрядные, бельные и пропитанные канаты делят на высокопрочные, специальные, повышенные, обыкновенные, а приводные бельные – на повышенные и обыкновенные.

Канаты хранят в бухтах, в сухих закрытых помещениях, защищенными от прямых солнечных лучей, масла, бензина, керосина и других растворителей. В помещении канаты размещают на расстоянии не менее 1 м от отопительных приборов.

В последнее время применяют канаты, изготовленные из искусственных волокон (например, капрона и перлона). Они прочнее пеньковых, не портятся от воды и не подвержены гниению.

Основной материал для капроновых канатов – капроновый шелк, свитый в каболки, а затем в пряди. Капроновые канаты изго-

товляют трехрядными. Капроновые канаты выпускают диаметром от 7,9 до 63,7 мм.

В зависимости от разрывной нагрузки капроновые канаты делят на такие группы: обыкновенные, повышенные и высокопрочные. Канаты поставляют в бухтах или намотанными на деревянные барабаны.

Канат крепят к оборудованию разъемными и неразъемными соединениями. Следует отметить, что в соответствии с ГОСТ 24259–80 при изготовлении элементов монтажных приспособлений из стальных канатов сращивать канаты не допускается.

Стропы

Стропами называют отрезки канатов или цепи, соединенные в кольца или снабженные подвесными приспособлениями (захватами), которые обеспечивают быстрое, удобное и безопасное закрепление грузов.

Оборудование и строительные конструкции поднимают и устанавливают в проектное положение грузоподъемными средствами с помощью различных стропов.

Для монтажа оборудования большой массы применяют инвентарные витые и полотенчатые стропы, используемые только с монтажными полиспастами. К стропам предъявляют следующие основные требования: безопасность производства такелажных работ, быстрота и удобство строповки и расстроповки. Стропы изготавливают из кусков каната или цепей, подразделяют на простейшие, кольцевые, одноветвевые, многоветвевые (двух-, трех- и четырехветвевые), инвентарные витые и полотенчатые. Стропы изготавливают следующих типов: 1СК – одноветвевые; 2СК – двухветвевые; 3СК – трехветвевые; 4СК – четырехветвевые; СКП – двухпетлевые; СКК – кольцевые. Грузоподъемность стропов составляет, т: одноветвевых – 0,32–12,5; двухветвевых – 0,4–16; трехветвевых – 0,63–20; четырехветвевых – 0,63–32.

Стропы и их элементы должны выдерживать статистическую нагрузку, превышающую на 25 % их номинальную. Коэффициент запаса прочности канатов стропов по отношению к расчетному разрывному усилию должен быть не менее 6. коэффициент запаса прочности соединительных элементов (серьги, коуши) и захватов стропов по отношению к разрушающей нагрузке должен быть не менее 5. Диаметры вращающихся блоков при изготовлении многоветвевых стропов

должен быть не менее 8 диаметров каната. Канатные ветви стропов делают из целого каната, т. е. срывать канаты нельзя. Наиболее распространенные способы заделки концов стропов показаны на рис. 61.

Коуш 2 предохраняет стальной канат от перетираания, т. к. канат соприкасается с различными захватами, которые к нему крепят. В то же время отверстие в коуше незначительное и для надевания стопа на крюк грузоподъемного крана требуется изготовить петлю 6. При изготовлении стропов с использованием алюминиевых втулок 3 придерживаются следующих правил. Втулки для заделки концов канатов опрессовкой должны изготавливаться из алюминиевых сплавов марок АД0, АД1, АЛ31, АМЦ (ГОСТ 4784–74*) или стали из стали марки 20 (ГОСТ 1050–74**).

При заделке концов канатов заплеткой места заплетки нужно обкатывать обжимными роликами или протягивать через обжимную втулку. Витки проволоки должны плотно прилегать к канату и друг к другу, а концы должны быть заделаны способом, исключающим ее разматывание.

Простейший строп (рис. 61, а) представляет собой кусок каната, которым поднимаемый груз обвязывают и прикрепляют к крюку грузоподъемного механизма. Концы каната стропа зажимают зажимами или такелажными узлами. Простейшие стропы применяют при подъеме тяжелых грузов, если грузоподъемность других стропов недостаточна.

Кольцевые стропы (рис. 62, б, в) в виде замкнутой петли длиной 1–30 м изготавливают из канатов диаметром 6,3–63 мм. Концы каната соединяют заплеткой 1 на длину, равную 40 диаметрам каната, или зажимами 4.

Кольцевые стропы широко применяют при монтажных работах, однако они имеют существенный недостаток: такелажнику в большинстве случаев приходится подниматься к узлу крепления стропа для его расстроповки.

Одноветвевые стропы (рис. 62, г) изготавливают из куска каната диаметром до 30 мм. На концах каната заделывают коуши 2 или петли 3 в зависимости от назначения стропа.

Многоветвевые стропы (ГОСТ 25573–82*) используют для подъема грузов за две (рис. 63, а) три (рис. 63, б) и четыре (рис. 63, в) точки. В случае применения трехветвевых строп у четырехветвевых стропов одну канатную ветвь или снимают или не используют. В двухветвевом стропе звено 1 неразъемное, а в четырехветвевом все три

звена 5 – разъемные. В качестве захватов на канатных ветвях у двух-ветвевых строп используют чалочные крюки 4 а у четырехветвевых – карабины 6.

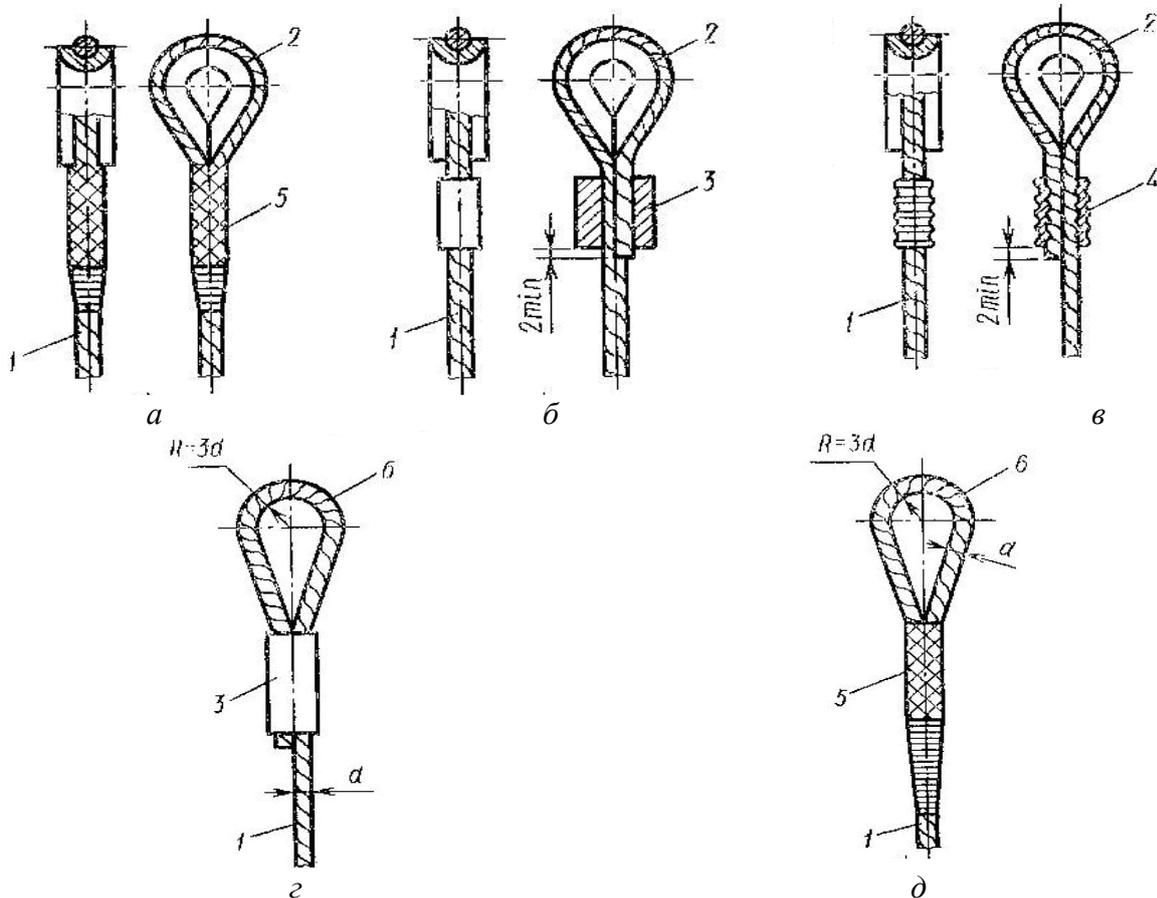


Рис. 61. Заделка концов канатов: а, б, в – заделка концов стропов в коуш; з, д – заделка концов стропов в петлю

Инвентарный витой строп представляет собой замкнутую петлю перевитых между собой плотно уложенных витков каната. Обязательное условие применения инвентарного витого стропа – наличие в местах его крепления поверхностей двойной кривизны с профилем канавки, соответствующим диаметру сечения стропа.

Основные достоинства витых стропов следующие: действительная несущая способность стропов витой конструкции в среднем на 12–15 % больше, чем у стропов невитой конструкции; витой строп более компактен, т. е. имеет меньшие поперечные размеры, чем невитой, что позволяет применять захватные органы меньших размеров; витой строп – инвентарный, т. е. может быть применен многократно; устройство строповки витым стропом менее трудоемко, чем невитым;

при отклонении второго стропа от вертикали его несущая способность не теряется в отличие от невитого.

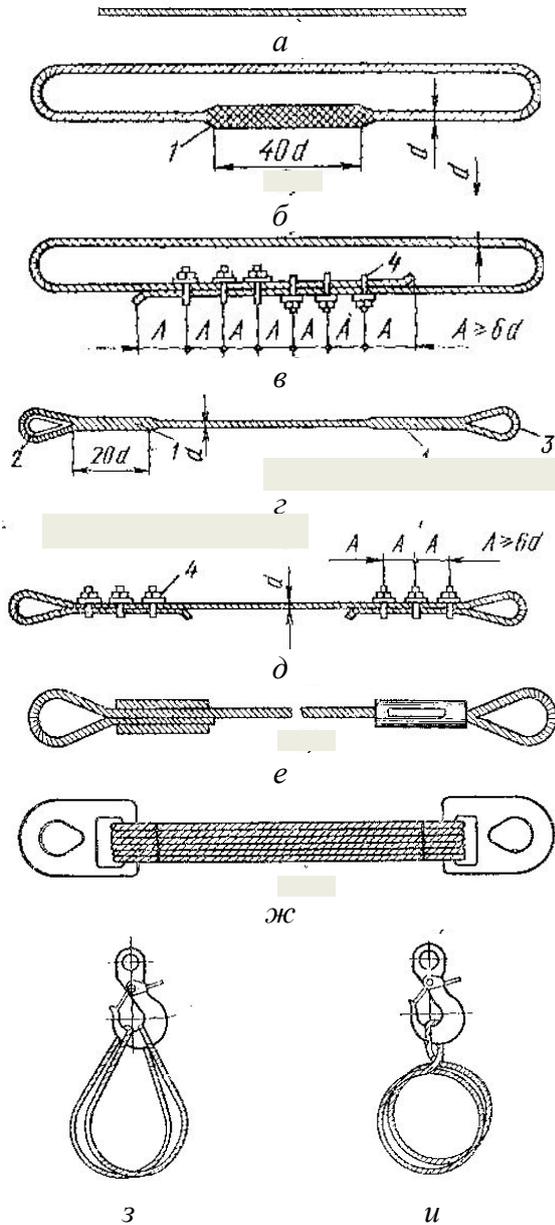


Рис. 62. Кольцевые стропы: *a* – простейшие; *б, в* – кольцевые; *г, д, е* – одноветвевые; *ж* – полотенчатые; *з, и* – схема подвески на крюк кольцевых стропов: 1 – заплетка, 2 – коуш, 3 – петля, 4 – зажимы, *d* – диаметр каната

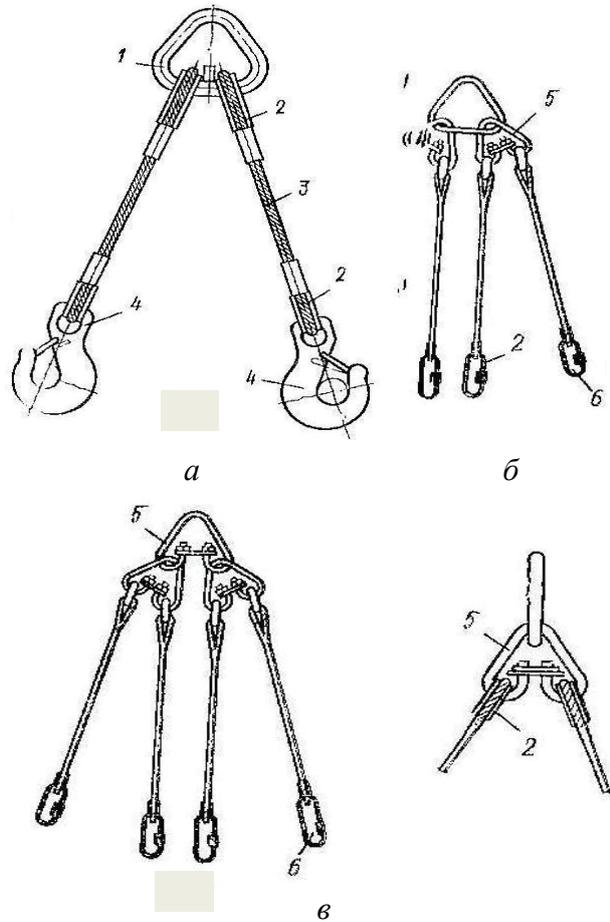


Рис. 63. Многоветвевые стропы: *a* – двухветвевый с заделкой каната гильзо-клиновым соединением; *б, в* – трех- и четырехветвевые с заделкой каната заплеткой: 1 – неразъемное звено; 2 – коуш; 3 – канатная ветвь; 4 – захват (чалочный крюк); 5 – разъемные звенья; 6 – карабин

Для крепления стропов витой конструкции на цилиндрических захватных устройствах такелажных средств (мачт, шевров, порталов) и монтажных штуцеров применяют специальные коуши.

Инвентарные витые стропы, их размеры, конструкция и число ветвей определяются проектом производства работ или технологической картой в зависимости от массы, размеров и конфигурации монтируемого оборудования или конструкций, технической характеристики и расположения такелажных приспособлений и размеров захватных устройств такелажных средств или приспособлений для строповки монтируемого оборудования (монтажных штуцеров, грузовых подвесок, полиспастных блоков, узлов крепления полиспастов к монтажным средствам).

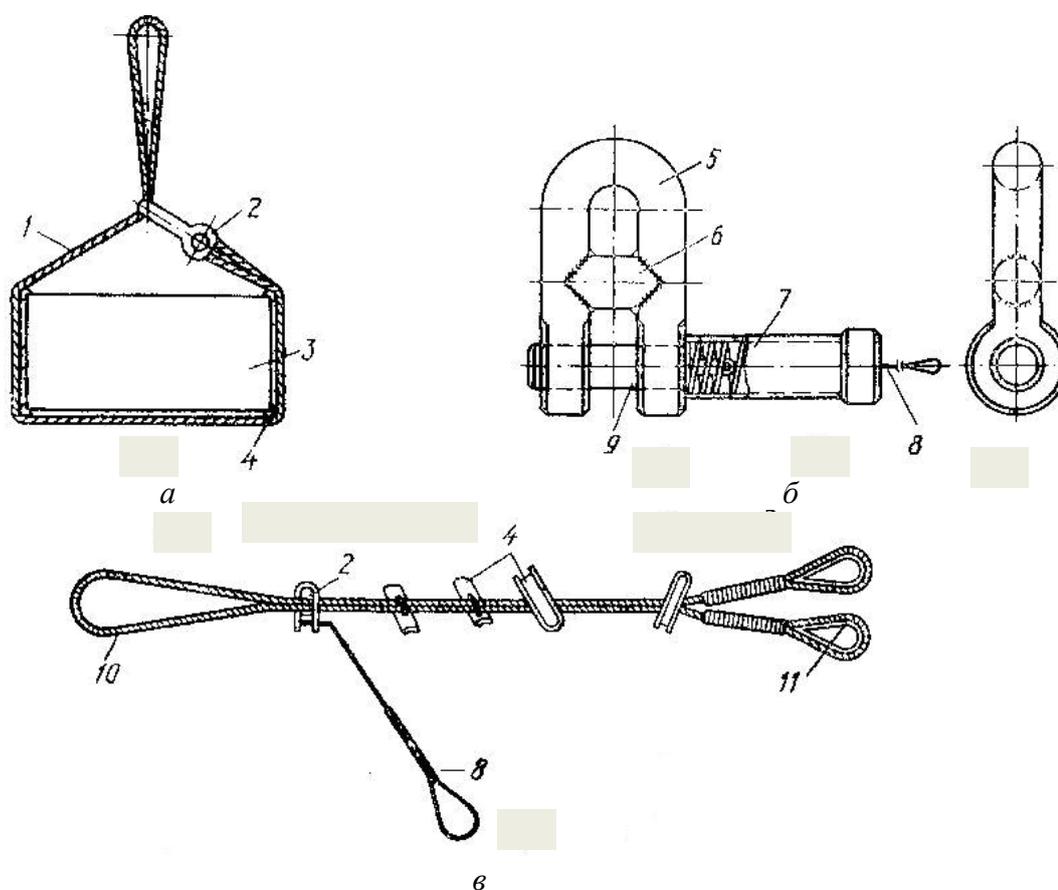


Рис. 64. Полуавтоматические стропы: *а* – схема строповки; *б* – строповой замок; *в* – вид стропа: 1 – универсальный строп; 2 – замок; 3 – поднимаемый груз; 4 – инвентарная подкладка; 5 – скоба; 6 – распорка; 7 – обойма с пружиной; 8 – тяговый канат; 9 – запорный штифт; 10 – облегченный строп; 11 – коуш

Полотенчатый строп представляет собой замкнутую петлю из витков каната, однослойно уложенных на захватное устройство полиспастного блока или такелажного средства либо монтируемого оборудования.

Число ветвей и диаметр каната полотнатого стропа выбирают в соответствии с конфигурацией захватного устройства монтажного блока.

Полотнатые стропы используют в тех случаях, когда оси захватных устройств блока полиспаста и перемещаемого оборудования остаются параллельными или угол между ними не изменяется в процессе перемещения этого оборудования. Если угол между осями захватных устройств блока полиспаста и перемещенным оборудованием изменяется в процессе монтажа до 10° , то коэффициент запаса прочности стальных канатов полотнатых стропов должен быть не менее 6. Коэффициент запаса прочности R стальных канатов полотнатых стропов определяют в зависимости от отношения диаметра захватного устройства D к диаметру каната d . Применять соотношение $D/d < 3,5$ не допускается.

Полуавтоматические стропы с замком (рис. 64, а) позволяют быстро застроповать и расстроповать груз, не поднимаясь к месту строповки. Полуавтоматический строп оснащен замком (рис. 64, б), представляющим собой скобу 5, изготовленную из круглой стали с вваренной в ней распоркой 6. На обоих концах скобы есть проушины для запорного штифта 9. К одной проушине прикреплена обойма 7 с пружиной. Для расстроповки достаточно потянуть тяговый канат 8. В полуавтоматических стропах используют кольцевые 1 или облегченные 10 стропы.

Для облегчения такелажных работ при строповке и расстроповке используют захваты. Они являются частью стропов. Их целесообразно применять в тех случаях, когда приходится перемещать однотипные конструкции, например на заводах железобетонных конструкций, заводах металлоконструкций, складах и на ряде других предприятий.

Захваты

Захватами (рис. 65, а–в), установленными на стропах, можно быстро закрепить строп за поднимаемые рельсы, швеллеры и балки. С помощью соединительных звеньев (рис. 65, г) и такелажных скоб (рис. 65, д) захваты быстро укрепляют на стропах. На стропах также можно крепить крюки (рис. 65, е, ж), зажимы для листов (рис. 65, з–л), а также другие приспособления. Захват для подъема одного листа (рис. 66, а) навешивают на крюк 1 грузоподъемного механизма с помощью кольца 2 и цепей 3 и в прорези заводят лист 4 металла. Таким захватом можно поднимать листы толщиной до 20 мм и массой до 5 т.

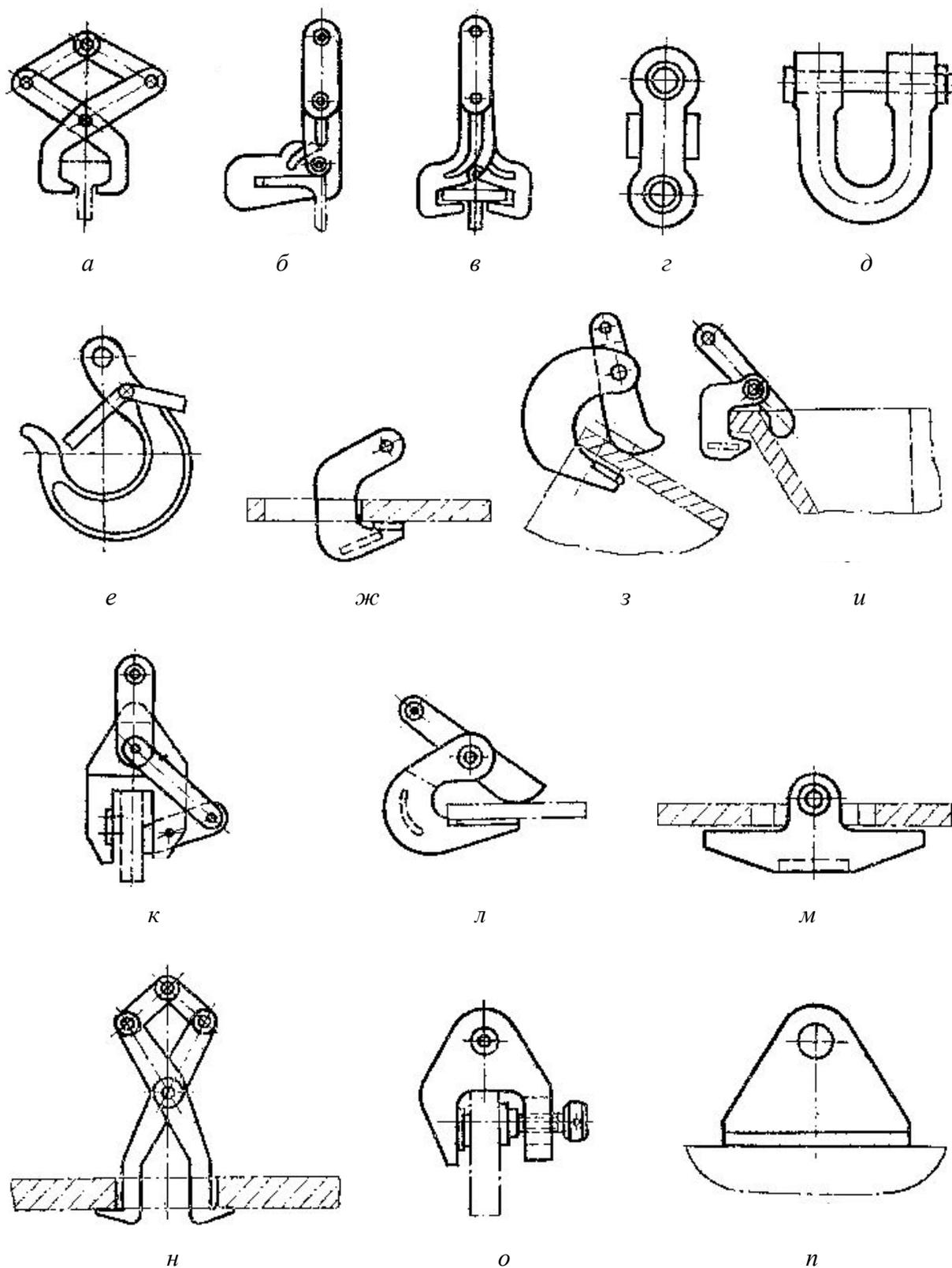


Рис. 65. Захваты: *a, б, в, н* – захваты; *г* – соединительное звено; *д* – такелажная скоба; *е, ж* – крюки; *з–л* – зажимы; *м* – коромысло; *о* – струбина; *п* – проушина

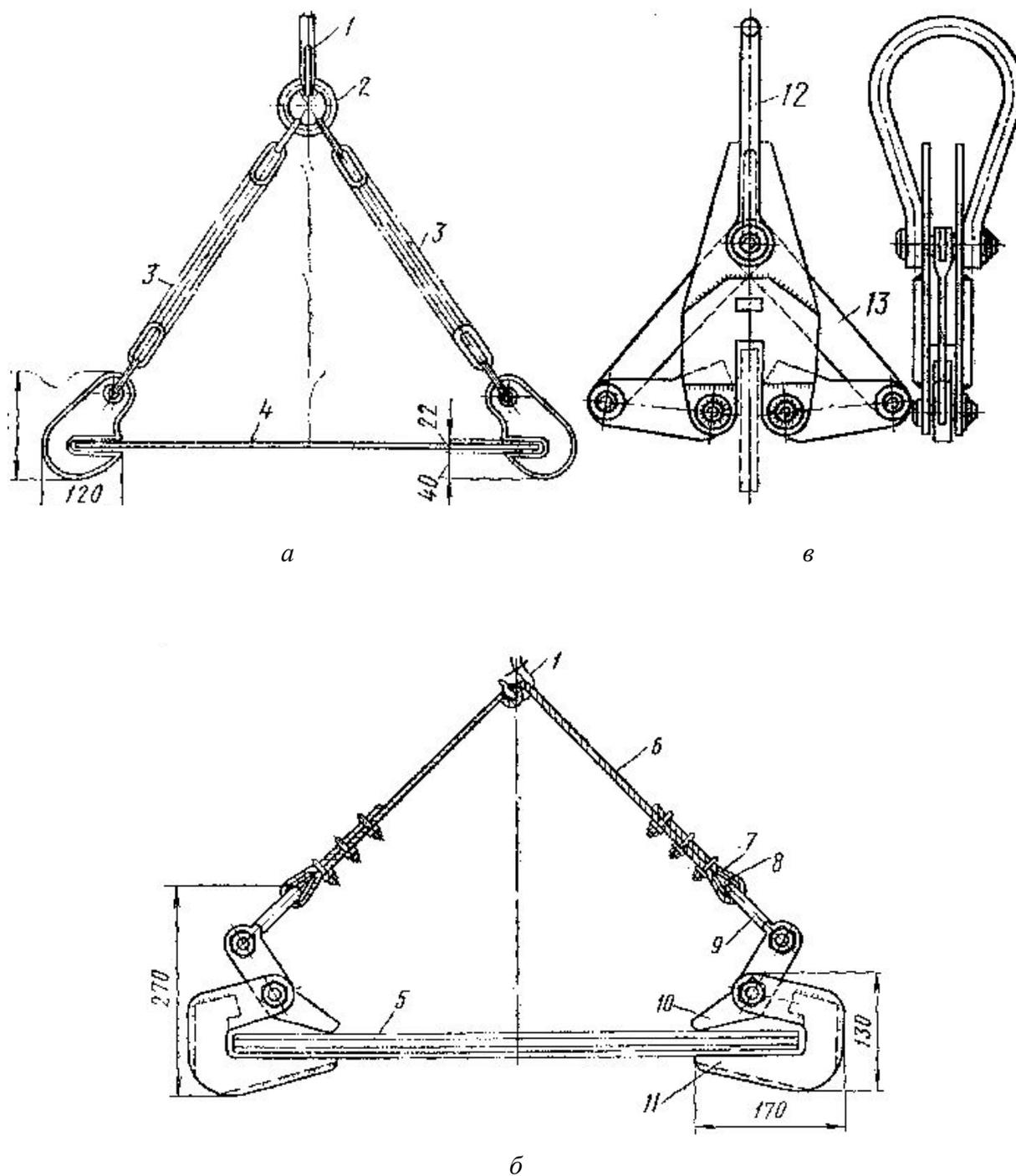


Рис. 66. Схемы строповки захватами: *а* – захват для подъема одного листа, *б* – пакета листового металла, *в* – вертикальных листов: 1 – крюк грузоподъемного механизма; 2 – кольцо; 3 – цепной строп; 4 – поднимаемый лист металла; 5 – пакет металла; 6 – канат; 7 – петля; 8 – коуш; 9,11 – скобы; 10 – рычаг; 12 – серьга; 13 – рычажно-эксцентриковая система

Захватом для подъема пакета листового металла (рис. 66, б) зажимают пакет металла 5. Он состоит из каната 6, на концах которого есть петли 7 с заделанными в них коушами 8. Канат через скобы 9 связан рычагом 10, который шарнирно соединен со скобой 11. Чем больше масса пакета, тем больше усилия в канате, следовательно, больше сила, приложенная к рычагу 10. Грузоподъемность захвата составляет 1 т, диаметр каната – 15,5 мм, масса – 8 кг. Захват для подъема вертикальных листов (рис. 66, в) используют при изготовлении листовых металлоконструкций. Он состоит из серьги 12 и рычажно – эксцентриковой системы 13, соединенной шарнирно с серьгой.

С помощью такого захвата поднимают лист до 4 т. При грузоподъемности захвата 1,5 т и толщине поднимаемых листов 6–42 мм его масса составляет 26 кг. На заводах металлоконструкций и складах металла часто приходится перемещать прокатный профиль. Элементы прокатного профиля стропуют с помощью захватов, закрепленных на стропях.

Захват для подъема прокатной равнополочной и неравнополочной стали (уголков с полками шириной до 125 мм и швеллеров до № 40), (рис. 67, а) состоит из грузозахватной скобы 1, запорной серьги 2, тяги с роликом 3 для соединения с грузоподъемными механизмами, а также осей 4 шарниров. Грузоподъемность захватов – 0,45 т.

Универсальный захват для подъема листов и профильного металла (рис. 67, б) имеет грузозахватную скобу 1 и рычаг 5. Один конец рычага является крюком для соединения с грузозахватным механизмом. Для надежного крепления груза на губке скобы и нижнем конце рычага сделана насечка. Схемы крепления захвата снаружи двутавра, изнутри двутавра и листовой конструкции показана на (рис. 67, б, I – III). Захват свободно одевается и снимается со стоп.

Цепной захват (клещи) для подъема двутавровых балок (рис. 67, в) состоит из шарнирно соединенных грузозахватных скоб 1, 7, выполненных в виде клещей и двухветкового цепного стропа 6.

Грузозахватное канатное устройство (рис. 67, г) для подъема сварных и двутавровых балок с полками шириной 100–200 мм зажимает и удерживает поднимаемую балку за счет натяжения каната 9 при подъеме балок. Грузоподъемность такого устройства составляет до 3 т. Оно безопасно в эксплуатации, а при наличии двух устройств на двухветковом стропе можно поднимать балки значительной длины. Устройство состоит из скоб 8, соединенных осями.

Захват для подъема плоских тел (рис. 68, *a*) имеет две скобы 1, шарнирно соединенные с рычагами 6. К нижним концам рычагов также шарнирно присоединены металлические губки 2, создающие возможность прижимать поднимаемый груз к скобам. К скобам по средствам тяги 3 прикрепляется стальной канат 5, который после прохождения через свободно вращающийся ролик 4 крепится к крюку грузоподъемного механизма.

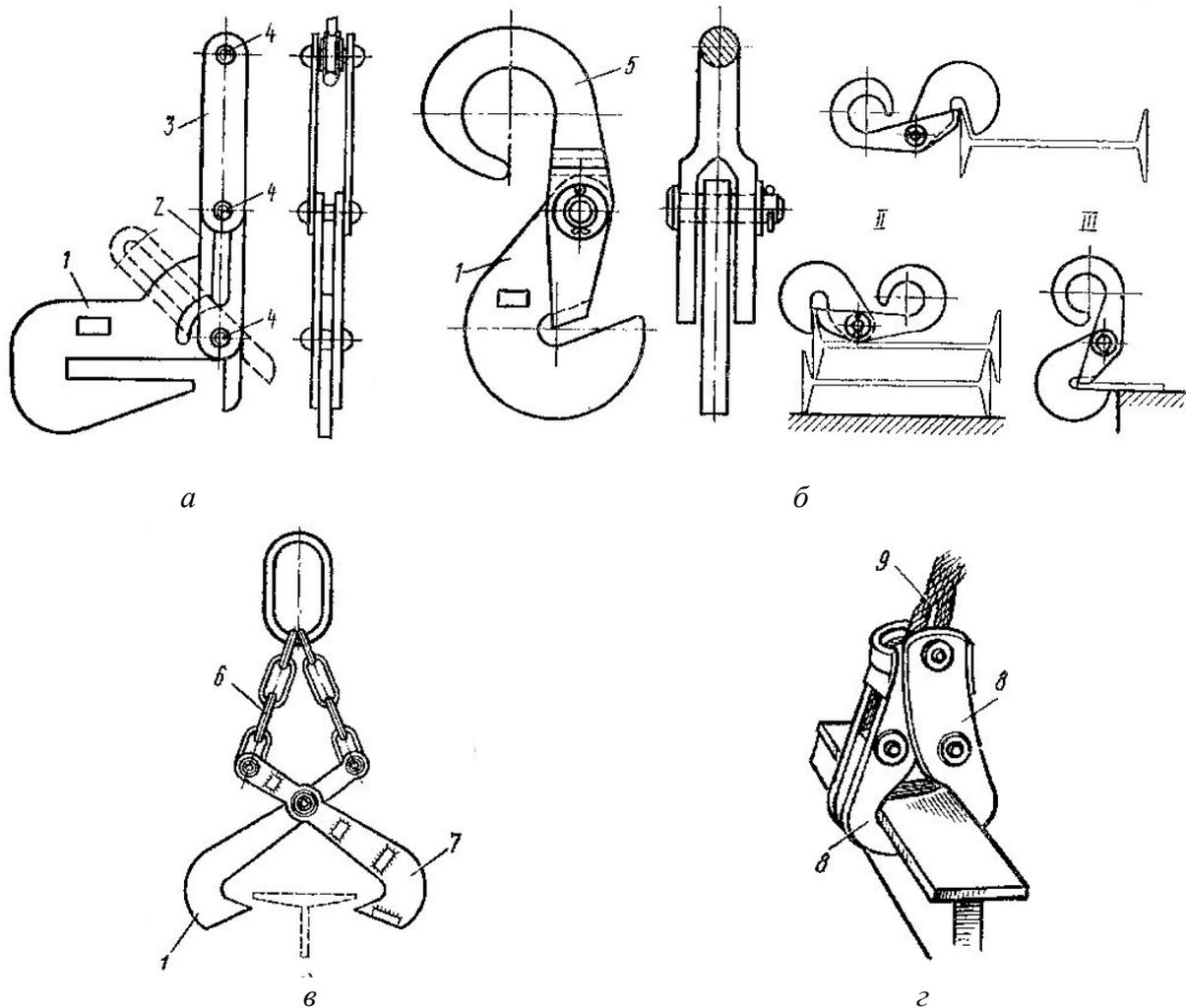


Рис. 67. Универсальные захваты: *a* – захваты для подъема уголков и швеллеров, *б* – захваты для подъема профильного металла; *в*, *г* – захваты для подъема двутавровых балок: 1, 7, 8 – грузозахватные скобы; 2 – запорная серьга; 3 – тяга с роликами; 4 – оси шарниров; 5 – рычаг; 6 – строп; 9 – канат; I – II – III – примеры крепления захвата к конструкциям

Работа с захватом безопасна, т. к. посредством металлических губок он плотно прижимает поднимаемый груз к скобам и не дает поднимаемому грузу возможности выскользнуть.

Строп-захват (рис. 68, б) для подъема толстых стальных листов или прямоугольных элементов зажимает поднимаемый элемент, но не снизу и сверху, а с боков. К двум скобам 1 строп-захвата крепят стальные канаты 5, канаты пропускают через кольца 7, закрепленные в скобах. Одни концы канатов крепят к скобам, а вторые – к кольцу 7, которое надевают на крюк грузоподъемного механизма.

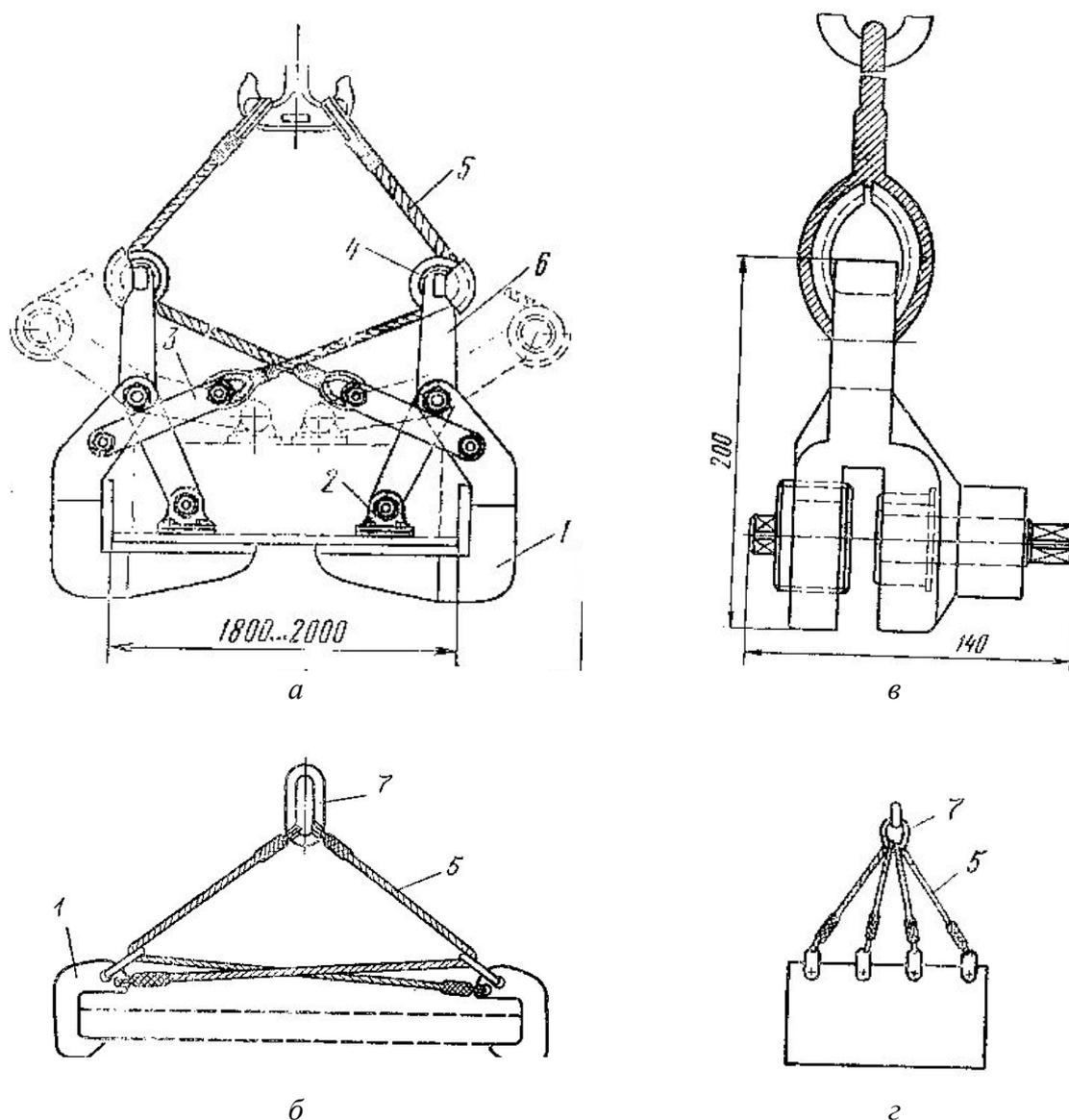


Рис. 68. Стропы-захваты: а – захват для подъема плоских тел; б – строп-захват; в, г – захват-струбцина: 1 – скоба; 2 – прижимная губка; 3 – тяга; 4 – ролик; 5 – стальной канат; 7 – кольца

Струбцина снабжена двумя винтами, которыми она прижимается к поднимаемому листу.

Траверсы

Траверсы – это грузозахватные приспособления, которые воспринимают сжимающие или растягивающие усилия или работают на изгиб (рис. 69). Основное назначение траверса – предохранять поднимаемые элементы от воздействия сжимающих усилий, возникающих в них при наклоне стропов (рис. 69, а, з). Также траверсы используют вместе с захватами.

Траверса для подъема подкрановых балок вместе с тормозной конструкцией крепится к тормозной площадке с помощью крюков (рис. 69, б).

Траверса для монтажа профилированного настила применяется размерами 6×3 и 6×6 м (рис. 69, в). Для подъема цилиндрических элементов применяют трехлучевые траверсы (рис. 69, д). Такая траверса состоит из 6 швеллеров, соединенных между собой. В центре траверсы в одной точке сходятся три луча, соединяемые сверху и снизу листьями. Стяжки 15 придают траверсе жесткость. По концам траверсы между швеллерами устанавливают проушины 16, к которым крепят универсальные стропы 1 для подвешивания траверсы к крюку и облегченные стропы 8. Стropы 8 вторыми концами крепят к ушкам 17, приваренным к поднимаемому цилиндру.

Для строповки цилиндра различного диаметра в траверсе сделаны отверстия, в которые переставляют проушины 16.

Для монтажа оборудования большой массы используют два или больше кранов различной грузоподъемности. Для того чтобы нагрузка распределялась на оба крана равномерно, применяют балансирные траверсы. Они бывают равноплечие и разноплечие.

Равноплечая балансирная траверса состоит из двух двутавров, соединенных распорками. На концах траверсы расположены подвески для крепления к грузовым полиспадам монтажных кранов. С торцов траверса ограждена листовыми накладками. Для строповки поднимаемого груза служит подвеска (полуавтоматический захват) с полуавтоматической расстроповкой. Канат для расстроповки проходит через отводной блок.

Разноплечая (уравновешивающая) траверса отличается от равноплечей тем, что с ее помощью можно поднимать грузы кранами разной грузоподъемности.

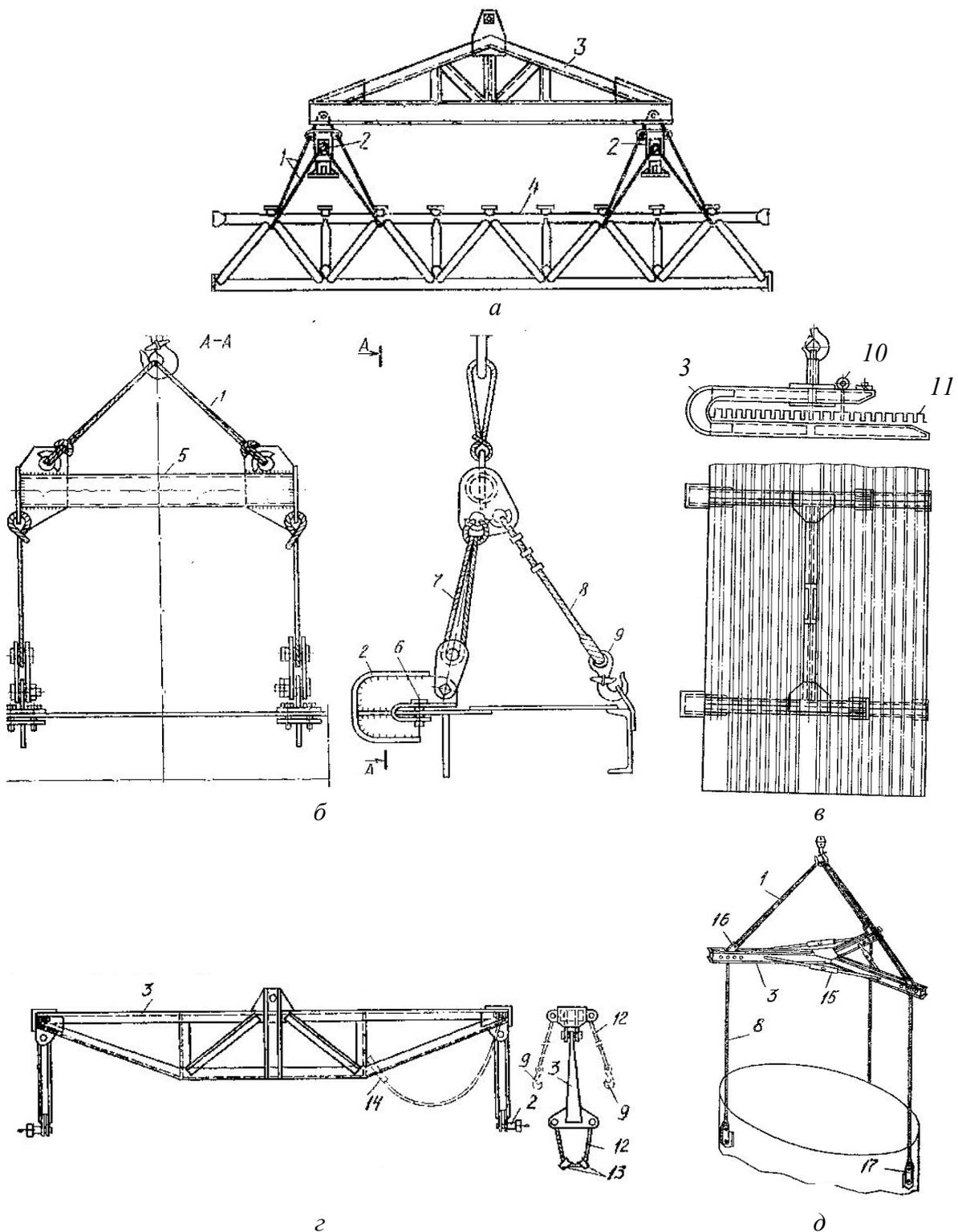


Рис. 69. Траверсы для подъема: *а* – длиномерных конструкций; *б* – подкрановых балок вместе с тормозной конструкцией; *в* – профилированного настила, *г* – стропильных ферм, *д* – цилиндрических элементов: 1, 7, 8 – стропы; 2 – захваты; 3 – траверса; 4 – ферма; 5 – распорка, 6 – штырь; 9 – крюк; 10 – запорный палец; 11 – профилированный настил; 12 – канат; 13 – подкладки; 14 – крюковой канат; 15 – стяжки; 16 – проушины; 17 – ушки

Балансирные съемные траверсы используют при монтаже аппаратов колонного типа. Балансируемую траверсу устанавливают снизу поднимаемого аппарата и поднимают аппарат до определенного угла наклона, а затем дотягивают до вертикального положения другими грузоподъемными средствами, например оттяжками. С помощью таких траверс можно поднимать аппараты двумя, тремя или четырьмя грузоподъемными механизмами.

Универсальные траверсы осуществляют монтаж технологического оборудования в электролизных цехах, демонтаж электролизеров, анодных устройств массой до 100 т и катодных устройств массой до 150 т.

Траверса имеет канатную подвеску, закрепляемую к двурогому крюку мостового крана. Канатную подвеску крепят к блочной траверсе оснащенной роликами, через которые проходят петлевые канаты. Эти канаты в свою очередь проходят через ролики, на продольных траверсах оснащенные шарнирными подвесками с роликами. Через подвески с роликами проходят свободно скользящие канаты, прикрепленные к подвескам. Подвески шарнирно крепятся к подъемным блокам. За счет шарнирности и канатов, расположенных на роликах, поднимаемые устройства не деформируются и создается возможность поднимать грузы различных габаритов в пределах грузоподъемности траверсы.

Траверсы и другие такелажные приспособления для подъема грузов должны исключать возможность самопроизвольного отцепления и обеспечивать устойчивость груза во время его подъема и перемещения.

Монтажный блок

Монтажный блок – это устройство, содержащее один канатный блок установленный на оси между поддерживающими щеками, снабженное грузовой подвеской и предназначенное для использования на монтажных работах. Монтажные блочные обоймы – это несколько соединенных между собой канатных блоков. Как правило, монтажная блочная обойма представляет собой пару, подвижную и не неподвижную, предназначенную для составления монтажного полиспаста.

Монтажные блоки (рис. 70, а, б) используют в качестве отводных и подвесных блоков для изменения направления (отклонения) тягового каната, а также в качестве подвижной и неподвижной обойм

монтажного полиспаста. Монтажный блок представляет собой посаженный на ось канатный блок 6, который по наружному периметру имеет желоб (ручей) для каната который по наружному периметру имеет желоб (ручей) для каната. Размеры ручья зависят от диаметра каната, идущего через канатный блок. Поэтому в характеристиках монтажных блоков указывается диаметр каната. У монтажного блока имеется грузовая подвеска, конструкция которой должна отвечать конкретным условиям монтажных и строительных работ. Конструкция монтажного блока должна обеспечивать удобство запасовки и снятия монтажного каната путем введения легкоразъемных соединений.

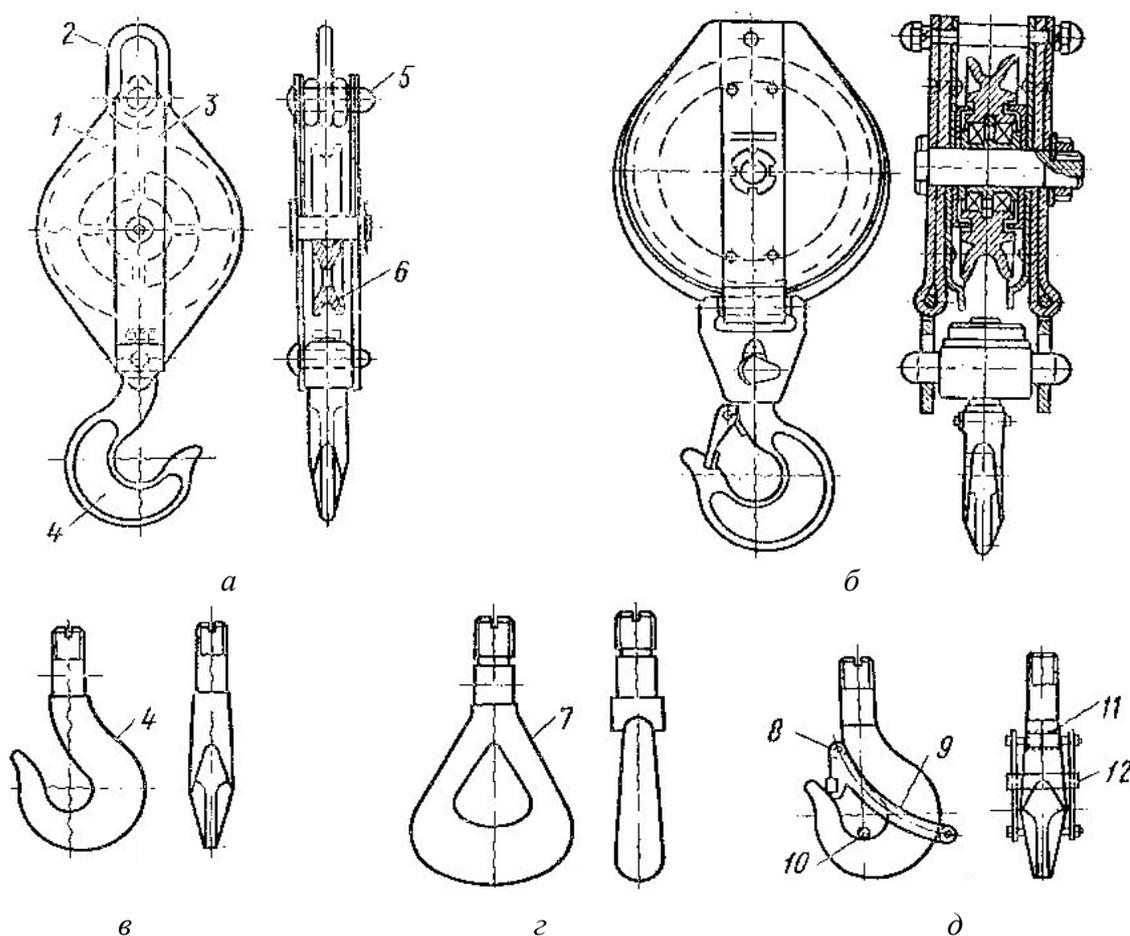


Рис. 70. Конструкции монтажных блоков: а, б – блоки; в – крюк; г – петля; д – предохранительная скоба: 1, 9 – щеки; 2, 12 – скобы; 3 – тяга (скоба); 4 – грузовой крюк; 5 – оси; 6 – канатный блок; 7 – петля; 8 – болт; 10 – канат; 11 – втулка

На монтажных работах применяют также монтажные блоки с откидными щеками и откидными серьгами. Монтажные блоки могут быть оснащены крюками (рис. 70, в), грузовыми петлями или подвес-

ками (рис. 70, з). Крюк и петлю блока изготавливают коваными или штампованными. Для предохранения каната от соскальзывания крюк снабжают предохранительной скобой (рис. 70, д), изготовляемой отдельно от блока.

Крюки и петли должны иметь клеймо завода-изготовителя и паспорт. Канатные блоки в монтажных обоймах должны иметь ограждения, исключаящие выход каната из желоба и перетирание его от соприкосновения с элементами конструкций. Зазор между ребордой канатного блока и ограждением не должен превышать 20 % диаметра каната.

Полиспасты

Монтажный полиспаст – подъемно-тяговое устройство, содержащее монтажные блочные обоймы с запасованным на них канатом монтажной лебедки, отвечающее требованиям производства монтажных работ (ОСТ 36-54–81). С помощью полиспаста можно поднимать груз или перемещать его по горизонтали. Полиспаст состоит из двух монтажных блоков или двух монтажных блочных обойм. Оба блока обоймы соединяют между собой канатом. Канат, последовательно огибая все канатные блоки, одним концом крепят к верхней неподвижной обойме. Другой его конец через монтажные блоки крепят к барабану лебедки. Если число нитей полиспаста, идущих к подвижной обойме, четное, то конец каната прикрепляют к верхней неподвижной обойме, а если нечетное, то к нижней, подвижной. Если нить полиспаста сбегает не с нижней обоймы, а с верхней, то верхний канатный блок неподвижной обоймы считается отводным. Это условие необходимо учитывать при расчете полиспастов.

В некоторых случаях поднимают одну верхнюю неподвижную обойму или весь полиспаст с помощью вспомогательных канатных блоков или полиспаста небольшой грузоподъемности.

Рабочими нитями полиспаста считают те нити, на которых подвешена подвижная обойма. Нумерация нитей начинается от закрепленной нити, которая при расчете считается нулевой. Первая нить, идущая к неподвижному блоку, обозначена цифрой 0, последняя нить является сбегавшей, так как идет к отводному монтажному блоку, но она тоже является рабочей, поскольку на ней так же, как и на нулевой, висит неподвижная обойма. В тех случаях, когда грузоподъемность одного полиспаста не достаточна для подъема груза, применяют сдвоенные полиспасты с одной или двумя приводными лебедками.

Лебедки

При расчете подъемно-тяговых устройств определяют усилия в сбегających нитях монтажных полиспастов и по ним подбирают лебедку. Перед подъемом сложных конструкций или сооружений, как правило, делают пробный подъем, т. е. отрывают груз от земли и несколько минут держат его в поднятом состоянии. При этом проверяют всю такелажную оснастку. Динамометр, установленный в уравнительном звене, позволяет контролировать усилия в сбегającej нити, идущей на лебедку.

Для подъема или перемещения грузов применяют лебедки с ручным и машинным приводами. Лебедки делят следующим образом: по назначению – на подъемные (для подъема), тяговые (для перемещения грузов) и поворотные (для вращения кранов); по способу установки – на передвижные и стационарные.

В характеристике лебедок указывают: тяговое усилие на последнем слое навивки каната, H ; диаметр каната, мм; диаметр барабана мм; число слоев на вивке каната на барабан; канатоемкость барабана (длину каната, наматываемого на барабан), м; скорость наматывания каната, м/ч.

Лебедки с ручным приводом (рис. 71, а) применяют в тех случаях, когда не требуется большой скорости подъема, например на вантах, для оттяжки груза.

Ручные рычажные лебедки (рис. 71, б) используют на работах, связанных с подъемом и перемещением оборудования, для натягивания ванн, расчалок, оттяжек. В корпусе лебедки находится тяговый механизм. Крюком лебедку крепят к перемещаемому элементу, а другим крюком – к неподвижной опоре. Канат перемещают сквозь механизм лебедки с помощью рукоятки переднего хода, а возвращают с помощью рукоятки заднего хода.

Монтажные электролебедки, как правило, реверсивные, т. е. у них барабан вращается в одну и другую сторону, что достигается изменением вращения вала электродвигателя. Электролебедки должны быть небольшой массы, компактны и транспортабельны, с двигателем наименьшей мощности при данной грузоподъемности, с барабаном возможно большей канатоемкости.

На монтаже применяют электрические лебедки грузоподъемностью 0,5–12,5 т и канатоемкостью 80–800 м.

До начала работы стальной канат закрепляют на барабане лебедки, длина намотки на барабан должна составлять менее 1,5 витка. Во время работы следят за тем, чтобы канат правильно наматывался на барабан: он должен ложиться ровными и плотными рядами, при подходе к барабану располагаться по площадке горизонтально и перпендикулярно оси барабана.

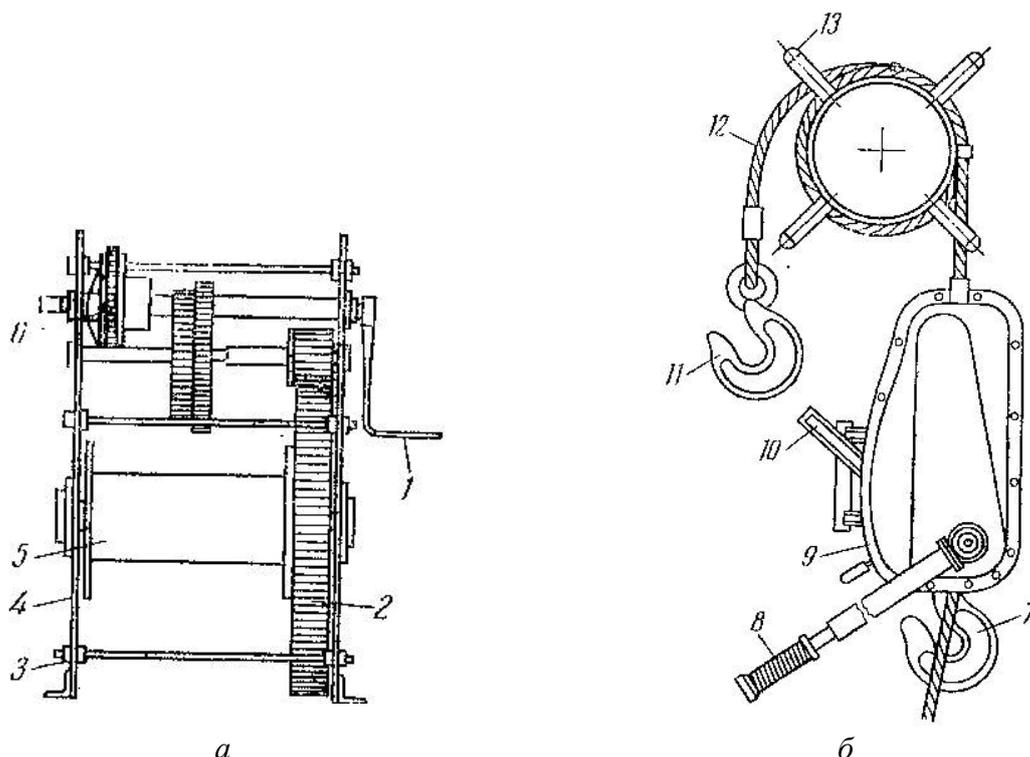


Рис. 71. Конструкции лебедок: *а* – лебедка с ручным приводом; *б* – лебедка ручная рычажная: 1, 8, 10 – рукоятки; 2 – зубчатое колесо; 3 – стяжные болты; 4 – щеки; 5 – барабан; 6 – храповое колесо; 7, 11 – крюки; 9 – корпус; 12 – канат; 13 – катушка

В большинстве случаев лебедки крепят к канатам. Канат закрепляют за опору, а затем им охватывают всю раму лебедки. Если лебедку устанавливают непосредственно на земле, то под ее раму помещают деревянные подкладки, чаще всего шпалы.

Лебедки с ручным приводом разрешается применять при наличии исправного, автоматически действующего грузоупорного тормоза или безопасной рукоятки, представляющих собой соединение в одно конструктивное целое рукоятки храпового устройства и тормоза. При подъеме грузов одновременно двумя лебедками конструкции лебедок следует подбирать так, чтобы скорости навивания канатов на барабаны лебедок были одинаковы.

Движение канатов при подъеме и опускании подъемных люлек должно быть свободным. Трение каната о выступающие конструкции не допускается. К работе с лебедками, особенно с машинным приводом, допускаются только специально подготовленные рабочие. Работать с лебедками, у которых обнаружены неисправности, запрещается.

Домкраты

Домкраты представляют собой переносные грузоподъемные механизмы незначительных размеров и масс. Их применяют для вспомогательных работ: подъема оборудования или конструкций на небольшую высоту, а также для перемещения грузов по горизонтали, например при надвигке тяжелого оборудования на предварительно установленные анкеры.

Помимо вспомогательных работ домкраты используют и на основных монтажных работах при подъеме грузов массой 1 000 т и более. Для этого домкраты объединяют в систему из нескольких домкратов. Для монтажных работ применяют реечные, винтовые, гидравлические и песочные домкраты.

При монтаже вантовых покрытий применяют специальные гидравлические домкраты, которые по назначению разделяются на толкающие и тянущие. Толкающие домкраты грузоподъемностью 50–500 т работают только в вертикальном положении. Они имеют один недостаток: у них отсутствует механизированный обратный ход поршня. Тянущие домкраты предназначены для вытяжки испытания и натяжения канатов и пучков высокопрочной проволоки.

На монтажных работах используют также гидравлические домкраты двойного действия или реверсивные грузоподъемностью 50, 100 и 200 т.

Перед началом работы домкраты осматривают: проверяют опорные приспособления у винтовых и реечных домкратов, исключая возможность выхода из корпуса винта или рейки, форму опорных поверхностей головок (груз не должен соскальзывать с головки), устройство, препятствующее самопроизвольному опусканию груза. Кроме того, в гидравлических домкратах контролируется соединение, в котором возможно утечка жидкости.

Тали

Ручные и электрические тали представляют собой грузоподъемный механизм, состоящий из цепного полиспаста с ручным или элект-

трическим приводом. Для подъема грузов на небольшую высоту применяют ручные тали грузоподъемностью от 1 до 10 т. На монтаже используют тали с шестеренным и червячным приводами.

Ручные тали имеют ограниченный радиус действия, т. е. ими можно поднимать груз только в том месте, где они закреплены. Чтобы расширить радиус действия тали, ее подвешивают к тележке, которая передвигается по путям, выполненным из двутавровых балок и подвешенным к перекрытиям. Такие пути называются монорельсами. Тележка передвигается с помощью цепи, которая огибает приводное колесо, связанное шестернями с роликами ходовой тележки. Таль крепится к тележке через ось. Минимальное расстояние, на которое могут сходиться блоки тали у различных типов червячных талей, 700–1 700 мм. Электротали могут перемещаться как на небольшую длину, так и на значительные расстояния. При небольших длинах передвижения ток подводится к гибким кабелям, а в остальных случаях – троллеями, расположенными сбоку монорельса или над ним.

1.18.3. Выводы

Такелажные работы и оборудование играют большую роль для успешного проведения монтажных работ во многих отраслях промышленности, в строительстве и в металлургии. Большинство погрузочно-разгрузочных работ неразрывно связаны с выполнением технологии такелажных работ.

В современной практике монтажных работ монтажные организации, борясь за качество продукции, внедряют новые технологии, модернизируют старое оборудование, монтируют новые цехи, здания, сооружения, предприятия и новое оборудование. Значительную долю в этом процессе занимают такелажные работы.

Многие работы по монтажу и установке оборудования, по перемещению и складированию готовой продукции выполняются такелажниками.

Такелажники – это специалисты, умеющие правильно работать с такелажными средствами и оборудованием. Они знают, как правильно зацепить груз, перевернуть, приподнять, передвинуть, установить на предназначенное для него место, а когда нет требуемого такелажного средства, то изготовить его. Иногда, когда такелажные рабо-

ты ведутся в тяжелых условиях (плохая видимость, ненастная погода, работа на высоте), требуются повышенное внимание и неукоснительное соблюдение техники безопасности.

Такелажные работы производятся опытными специалистами-такелажниками, прошедшими необходимую подготовку и имеющими опыт проведения такелажных работ. Перед выполнением работ руководители монтажных бригад производят инструктаж по технике безопасности при проведении монтажно-демонтажных, погрузочно-разгрузочных работ, установке грузоподъемной техники. Все работы производятся в соответствии с требованиями СНиПов, нормативно-правовых актов и технических документов, соответствующих характеру проведения работ.

Специалисты, осуществляющие перемещение и подъем грузов, проходят обучение и аттестацию по безопасности труда. Все работы производятся под контролем сотрудника, ответственного за организацию и безопасность работ.

2. ПРАКТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СБОРКИ И МОНТАЖА ГОРНЫХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

2.1. Учебно-исследовательская работа 1 Сборка конических зубчатых передач

Цель работы: научиться на практике определять правильность пересечения осей валов передачи и качения зубьев, точность углов между осями колес, величины радиальных и боковых зазоров.

2.1.1. Общие положения

В конических передачах сопряженные колеса являются круговыми конусами. По форме зуба различают конические колеса прямозубые, косозубые или с тангенциальными и криволинейными зубьями.

В прямозубых конических колесах направление зубьев совпадает с образующими делительной поверхности (кругового конуса). В косозубых конических колесах зубья расположены под постоянным углом наклона к образующим начальной поверхности.

При сборке зубчатых передач предусматривается выполнение следующих операций: подготовка корпуса, установка и закрепление колес на валах, установка сборочных единиц в корпусе, контроль и регулировка передачи.

Поступающие на сборку детали не должны иметь повреждений и загрязнений. Напрессовка зубчатого колеса на вал вручную применяется лишь для колес малого диаметра и термически не обработанных. Зубчатые колеса большого размера, а также термически обработанные напрессовываются только при помощи прессы или с применением специальных приспособлений. Иногда напрессовку производят, нагревая колесо или охлаждая вал. Перед напрессовкой зубчатого колеса на вал необходимо обратить внимание на состояние поверхностей отверстия и посадочной шейки вала. Если зубчатое колесо напрессо-

вываается до упора, то фаска на зубчатом колесе должна быть достаточной величины во избежание упора торца в галтель вала.

Зубчатые колеса, собранные на валу, проверяются индикаторами на биение по диаметру начальной окружности и торцу. Для осуществления проверки вал устанавливают на призмах или в центрах.

2.1.2. Оборудование и приборы для выполнения работы

Практической частью работы является выверка зубчатых передач на стенде, а также приобретение навыков использования измерительных приборов и приспособлений при сборке конических зубчатых передач.

Кроме того, используя стенд, можно сделать выводы об основных причинах преждевременного износа, поломок зубьев колес, а также их неправильного монтажа на валу.

Стенд (рис. 72) состоит из конической пары, закрепленной на плите, в которую входят вал – шестерни 1 и 2, вставленные во втулки 3 и 4 и закрепленные на стойках; электродвигатель 7, вращающий два шкива – 5 и 6 с помощью плоского ремня 8, штатив 9 с индикатором 10; зубчатые колеса, смонтированные на валах; зубчатое колесо 13, смонтированное с помощью шлицевого соединения, закрепленное на стойке 16; зубчатое колесо 12, смонтированное с помощью шпоночного соединения, закрепленное на стойке 15; зубчатое колесо 11, смонтированное с помощью напрессовки, закрепленное на стойке 14.

Коническая пара 1 и 2 установлена во втулках на стойках с возможным изменением:

- а) пересечения осей валов передачи;
- б) углов между осями колес;
- в) смещения вершин делительных конусов.

На зубчатом колесе 13, смонтированном с помощью шлицевого соединения, можно показать угловое и боковое качания колеса относительно вала. На зубчатом колесе 12, смонтированном с помощью шпоночного соединения, можно показать неправильную подборку сечения шпонки и шпоночного паза в соединяемой детали.

На зубчатом колесе 11, смонтированном при помощи напрессовки, можно показать неплотное прилегание к упорному бортику ва-

ла. На стенде также показан один из видов привода редуктора, в данном случае при помощи ременной передачи.

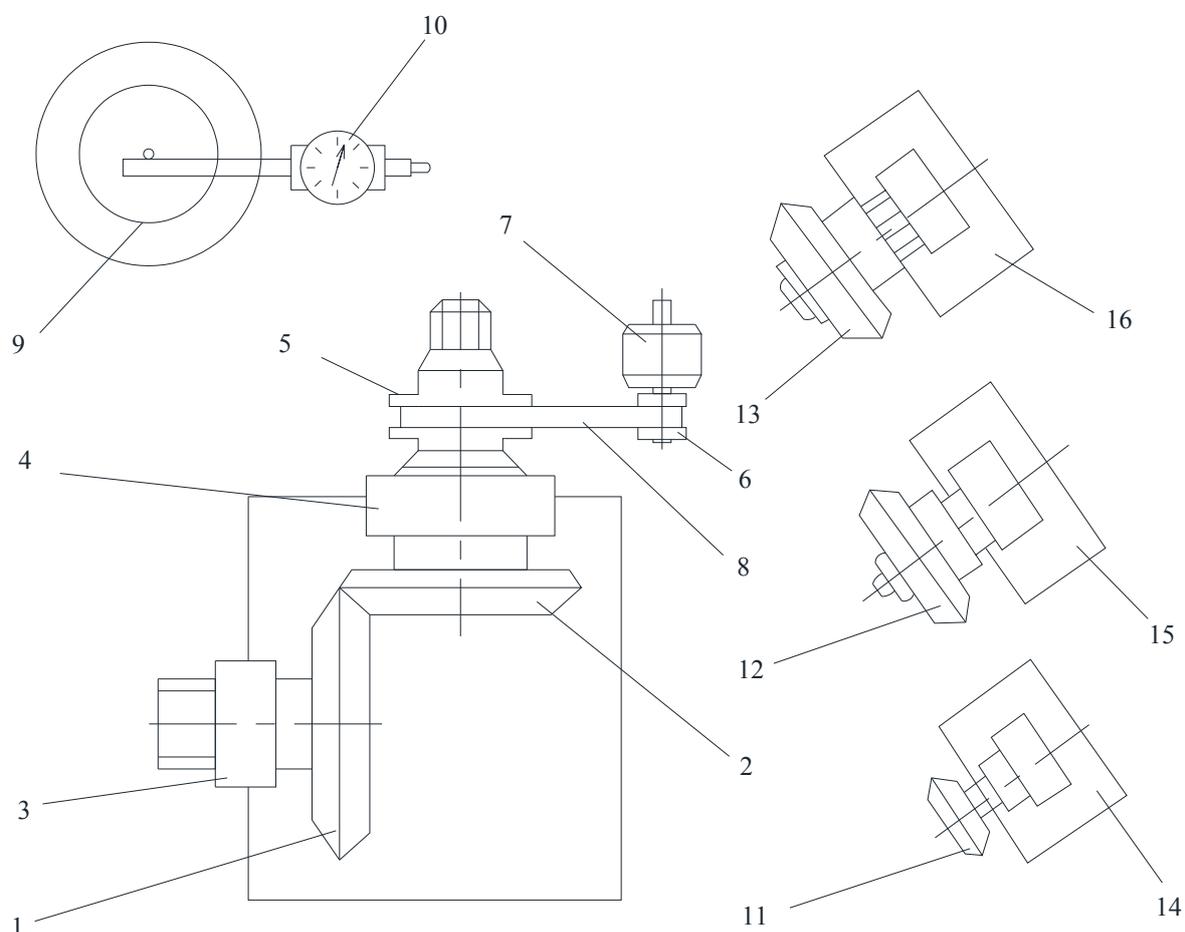


Рис. 72. Схема стенда для измерения сборки конических зубчатых передач: 1–2 – вал шестерни; 3,4 – втулки; 5,6 – шкивы; 7 – электродвигатель; 8 – плоский ремень; 9 – штатив; 10 – индикатор; 11, 12, 13 – зубчатые колеса; 14, 15, 16 – стойки со втулками

Спроектированный и изготовленный стенд имеет небольшие габариты и вес, допускающий его перемещение. Он имеет сравнительно невысокую стоимость и длительный срок эксплуатации. На стенде можно измерить радиальный и боковой зазоры данной конической пары. Радиальный зазор измеряют с помощью прокатывания проволоки между зубьями данной конической пары, затем микрометром замеряют толщину отиска. Боковой зазор измеряют при помощи индикатора 10.

Индикатор упирают в один из зубьев вал-шестерни, вторую вал-шестерню затормаживают. Качанием одной вал-шестерни измеряют боковой зазор между зубьями колес.

При помощи индикатора можно измерить угловое и боковое качание зубчатого колеса, смонтированного при помощи шлицевого соединения. Правильность качания зубьев проверяют с помощью покрытия краской зубьев меньшего колеса.

2.1.3. Контроль углового качания колеса на валу

Оборудование и приборы: зубчатое колесо 1, посаженное на вал 3 при помощи шлицевого соединения, закрепленное на стенде (рис. 73), индикатор 4, закрепленный на штативе 6.

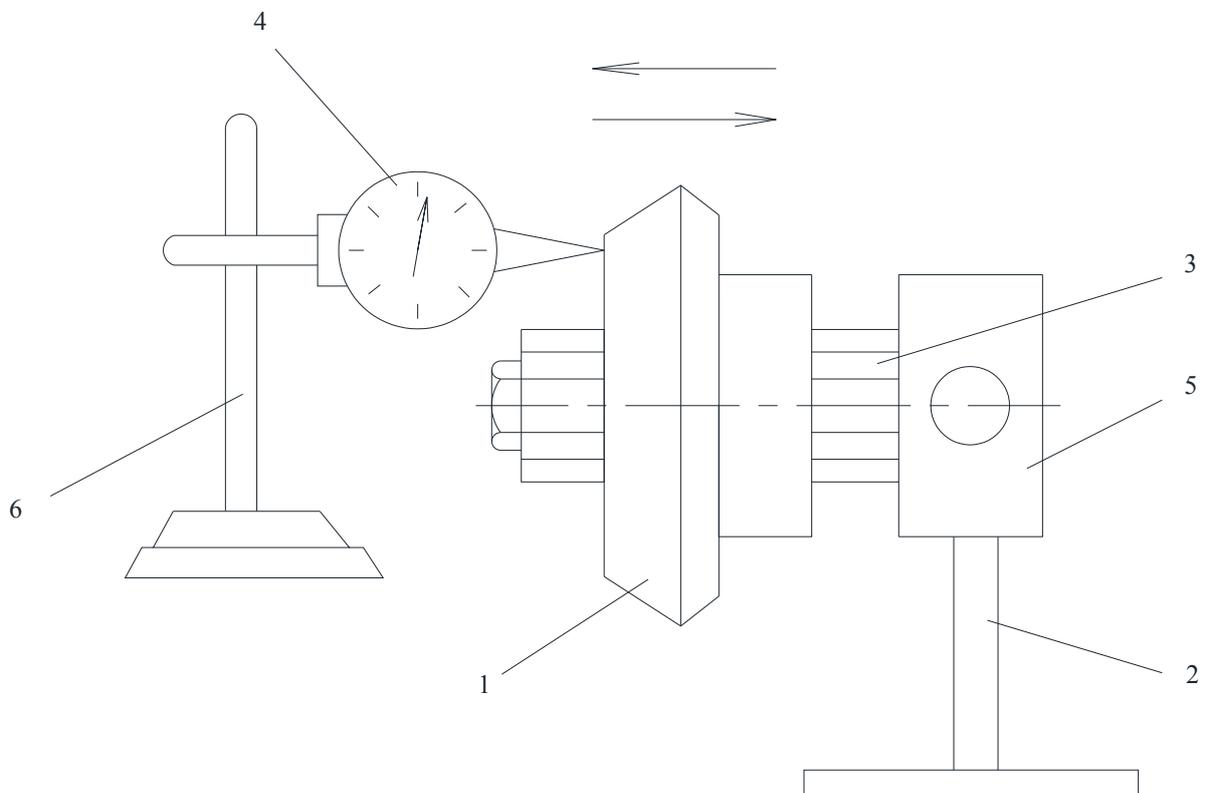


Рис. 73. Схема контроля углового качания колеса на валу: 1 – зубчатое колесо; 2 – стойка; 3 – вал; 4 – индикатор; 5 – втулка; 6 – штатив

Зубчатые колеса, неподвижно закрепляемые на валу, не должны иметь качаний относительно вала.

Наличие качания свидетельствует об ослаблении крепления вследствие деформации шпонки или по другим причинам. Обнаруженное ослабление крепления должно быть устранено. При этом надо следить за тем, чтобы не получилось недопустимого перекоса шестерни.

Для точных установок шестерен колес на шлицевых валах (колеса 7-й и 8-й степеней точности) допускается угловое качание на радиусе 50 мм не более 0,02 мм и боковое качание не более 0,05 мм.

Проверка углового качания производится индикаторами. Для этого зажимают вал 3 во втулке 5, упирают ножку индикатора 4 в торец зубчатого колеса 1 и, покачивая колесо влево и вправо, наблюдают по стрелке индикатора 4, закрепленного на штативе 6, угловое качание колеса относительно вала 3 (рис. 73).

2.1.4. Проверка бокового качания колеса на валу

Вал зажимают во втулке, ножку индикатора 4 упирают в один из зубьев зубчатого колеса 1, стараясь повернуть его относительно вала вправо или влево, на индикаторе 4 по движению стрелки определяют боковое качание колеса (рис. 74).

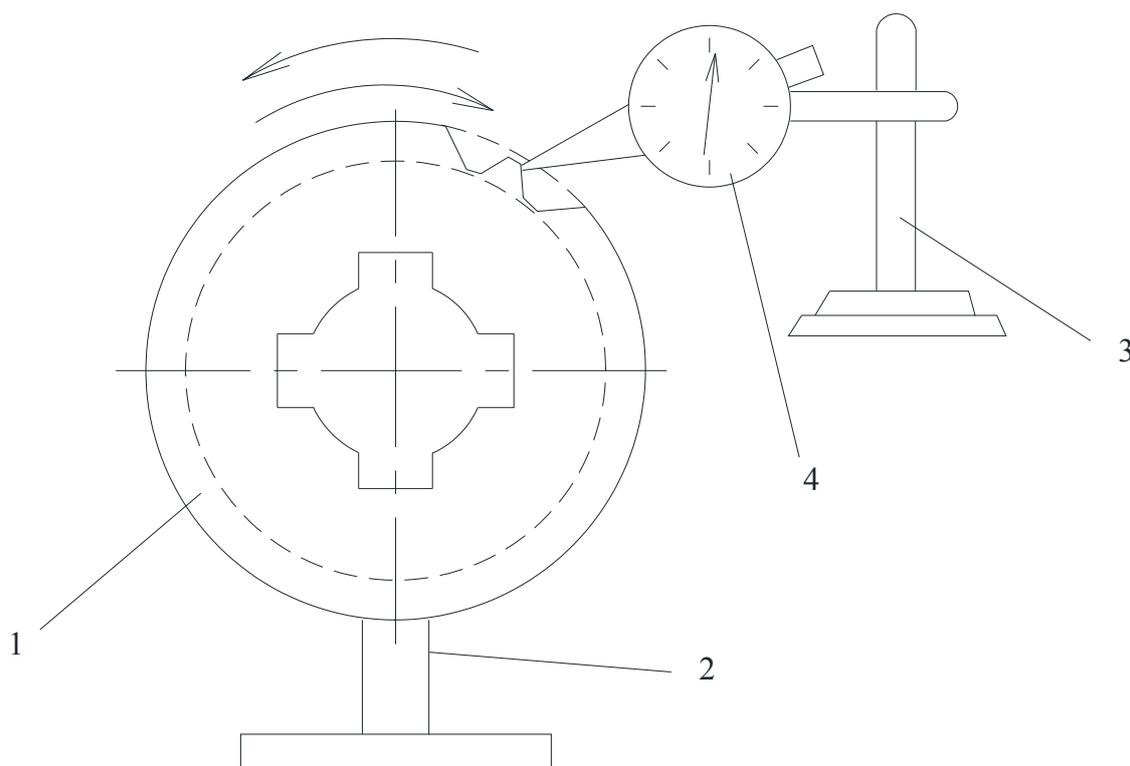


Рис. 74. Схема контроля бокового качания колеса на валу: 1 – зубчатое колесо; 2 – стойка с втулкой; 3 – штатив; 4 – индикатор

Результаты измерений заносят в таблицу и делают выводы о качестве посадки колеса на вал (табл. 18).

Результаты контроля качания зубчатого колеса на валу

№ измерения величины	Угловое качание $\Delta\alpha$, мм	Боковое качание $\Delta\beta$, мм
1		
2		
2		
Среднее качание		

2.1.5. Определение величины радиальных и боковых зазоров

Оборудование и приборы: коническая пара, закрепленная на стенде (рис. 72), свинцовая проволока, микрометр.

При установке зубчатых колес необходимо выдержать определенные боковой и радиальный зазоры между зубьями.

Величина зазоров зависит от модуля и точности обработки колес.

Боковой зазор необходим для создания нормальных условий смазки зубьев, компенсации погрешностей изготовления и монтажа, температурной деформации передач. При слишком малых зазорах шестерни стремятся раздвинуться, что влечет за собой выдавливание смазки и быстрый износ зубьев, а иногда даже порчу подшипников или изгиб валов. Внешними признаками слишком малого зазора являются гудение и скрип при работе зубчатых колес.

При увеличенном боковом зазоре происходят удары зубьями, что ведет к быстрому их износу и возможной поломке.

Для измерения бокового зазора зубчатые колеса устанавливаются так, как показано на рис. 75, после чего щупом измеряют боковой зазор $\Delta\beta$.

Радиальный зазор $\Delta\rho$ измеряют при помощи свинцовой проволоки, прокатывая ее между зубьями данной пары. Толщину сплюсненной проволоки, соответствующую величине зазора, измеряют микрометром.

На вновь устанавливаемых зубчатых передачах допускаются, в зависимости от модуля, следующие величины зазоров:

радиальный зазор:

$$\Delta\rho = (0,15 - 0,3) \cdot m, \text{ мм};$$

боковой зазор:

$$\Delta b = B \cdot m, \text{ мм,}$$

где B – коэффициент, принимаемый в зависимости от окружной скорости и типа передачи ($B = 0,02–0,1$, для необработанных зубьев $B = 0,16$).

Аналогичным способом можно измерить радиальный зазор в других собранных конических зубчатых передачах.

Боковой зазор Δb измеряют также при помощи свинцовой проволоки, прокатывая ее между зубьями данной конической пары. Толщина сплюсненной проволоки, соответствующая величине зазора, измеряется микрометром или индикатором (рис. 75).

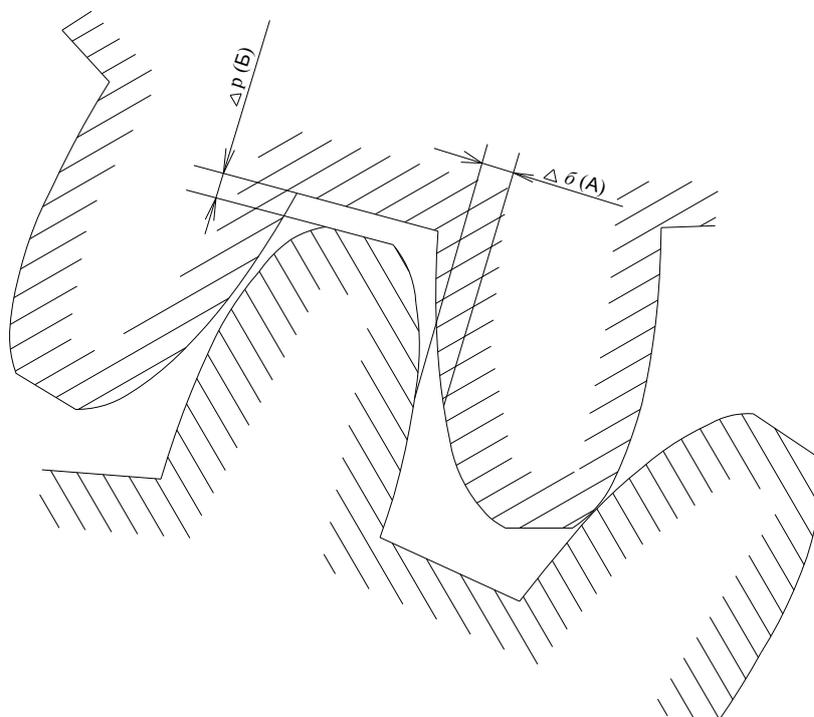


Рис. 75. Определение бокового и радиального зазоров в конических зубчатых соединениях: А – боковой зазор; Б – радиальный зазор

Результаты измерений зазоров сводим в табл. 19.

Таблица 19

Измерение радиального и бокового зазоров

Измерение величины	Радиальный зазор Δp , мм	Боковой зазор Δb , мм
1		
2		
3		
Среднее качание		

2.1.6. Определение правильности касания зубьев

Оборудование и приборы: коническая пара, закрепленная на стенде; краска.

При назначении норм контакта следует учитывать, что при работе конической передачи под нагрузкой пятно контакта смещается вдоль зуба к большему торцу колес. В связи с этим пятно контакта при контроле под легкой нагрузкой должно быть соответственно смещено к малому торцу колес (рис. 76).

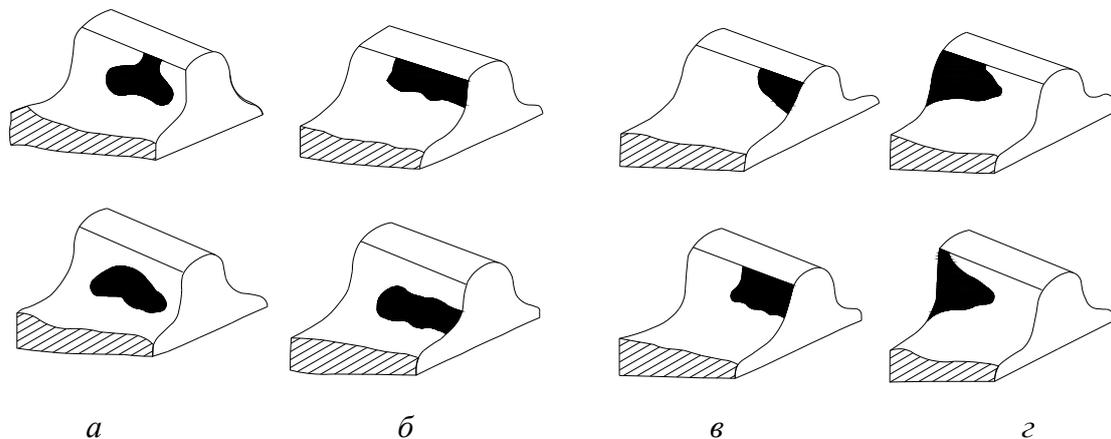


Рис. 76. Расположение пятен контакта при проверке зацепления конических зубчатых колес на краску: верхний ряд – зубья ведущего колеса, нижний ряд – зубья ведомого колеса; *a* – пятно контакта при правильном зацеплении; *б, в, г* – пятна контакта при неправильном зацеплении

В конических зубчатых передачах практически в соприкосновении находится $1/2 - 2/3$ длины зуба (табл. 20).

Таблица 20

Норма контактов зубьев конических зубчатых колес

Степень точности	Пятно контакта, %	
	по длине	по высоте
7	75	60
8	60	40
9	50	30
10	40	20

При сборке целесообразно добиваться контакта зубьев ближе к малому торцу, так как тонкая часть зуба быстрее прирабатывается и,

кроме того, деформируется при нагружении, за счет чего достигается прилегание зубьев на большей длине.

Форму и расположение отпечатков контакта обычно указывают в карте контроля сборки конической передачи.

Покрыв краской зубья меньшего колеса и сделав 3–4 оборота, полученные пятна сравнивают со значением, данным в табл. 20. Для шестерни 7-й степени точности они должны составлять по длине примерно 75 % и по высоте 60 %.

2.2. Учебно-исследовательская работа 2

Сборка червячных передач

Цель работы: научиться на практике пользоваться оборудованием и приборами, определять мёртвый ход червяка, степень прилегания профилей червяка и червячного колеса, а также постоянство момента вращения червяка.

2.2.1. Общие сведения

Червячные передачи нашли применение в самых разнообразных машинах и механизмах. Они служат для передачи вращательного движения от одного вала к другому. Зубчатые передачи, у которых геометрические оси валов скрещиваются под углом 90° (возможны и другие углы, но они встречаются редко), называются червячными передачами. Зубчатые передачи, у которых геометрические оси валов параллельны друг другу, осуществляются цилиндрическими колёсами с прямыми, косыми или шевронными зубьями. Передачи для преобразования вращательного движения в поступательные, и наоборот, осуществляются рейкой с цилиндрическим колесом.

Зубчатые колёса изготавливают из конструкционных углеродистых сталей или легированных конструкционных сталей типа 40Х, 40ХН, реже – из чугуна, пластмассы, текстолита и т. д.

Стальные зубчатые колёса после изготовления подвергают термообработке. Изготовление червячных передач имеет следующие особенности.

Материалы в червячной передаче должны иметь в сочетании низкий коэффициент трения, обладать повышенной износостойкостью и пониженной склонностью к заеданиям.

Обычно в червячных передачах применяют разнородные материалы. Червяки изготавливают в основном из сталей марок 40, 45, 50 с закалкой НРС 45–55, 15Х, 20Х, 4ХН с цементацией и закалкой до НРС 58–63. Червячные колёса (или их венцы) изготавливают только из антифрикционных материалов.

Для передач малой мощности и в приборах в качестве материалов используют текстолит, капрон, нейлон.

Решающее значение для увеличения срока службы редукторов имеет правильная сборка зубчатых передач. Она является главным критерием надёжности, бесшумности и долговечной работы червячных, цилиндрических, конических и других зацеплений, которые входят в состав различных механизмов.

По степени точности передачи делят на 12 классов. Наиболее широко применяются зубчатые пары 5–9-х классов точности. Каждый из классов точности отвечает определённым требованиям, предъявляемым к зубчатым передачам.

Стандартом установлена норма бокового зазора в передачах, который определяется её назначением и условием эксплуатации.

Зубчатые передачи в сравнении с другими передачами (ремённой, цепной и т. д.) имеют ряд преимуществ, таких как высокий КПД, большая надёжность, долговечность, малые габариты, постоянные передаточные отношения (отсутствие проскальзывания), возможность применения в широком диапазоне скоростей, моментов и передаточных отношений.

Правильно изготовленные, термообработанные и эксплуатируемые зубчатые передачи будут иметь большую степень надёжности при условии соблюдения правил монтажа и проверки на стенде.

Стенд состоит из червячного одноступенчатого редуктора 1, закреплённого на плите (рис. 77). Корпус редуктора и верхняя крышка имеют вырезы, которые позволяют ознакомиться с работой червячной пары и осуществлять визуальный контроль по регулировке пятна контакта и т. д.

2.2.2. Оборудование и приборы для выполнения работы

Боковой зазор между зубьями колеса и витками червяка на представленном стенде (рис. 77) можно измерить при помощи стрелки

9 и градуированного лимба 8, который служит для определения начала вращения червячного колеса.

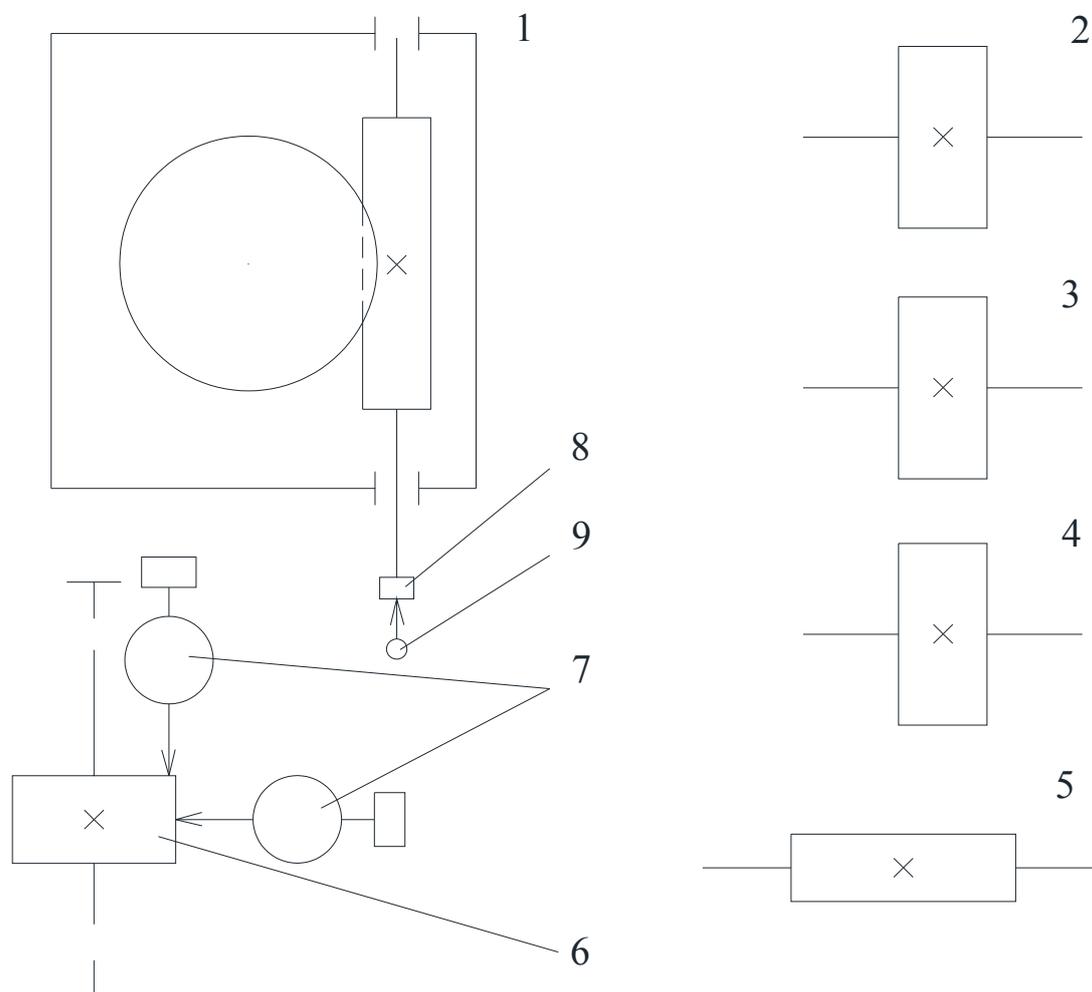


Рис. 77. Схема станка для монтажа и выверки конических зубчатых передач: 1 – червячный редуктор; 2, 3, 4 – зубчатые колеса с видами дефектов; 5 – червяк; 6 – зубчатое колесо с торцовым радиальным биением; 7 – индикатор; 8 – градуированный лимб; 9 – стрелка

На станке расположен червячный венец 6, насаженный на ступицу и имеющий радиальное и торцевое биения в результате неправильной посадки и перекоса венца и изношенных подшипников и шеек вала, которые можно определить при помощи иглы или индикатора 7. Расфрезерованные червячные колеса имеют следующие дефекты:

- а) износ шеек вала в местах посадки подшипников 5;
- б) износ венца червячного колеса под воздействием циклических и ударных нагрузок;
- в) износ венца червячного колеса;

г) неполное прилегание венца червячного колеса к буртику ступицы.

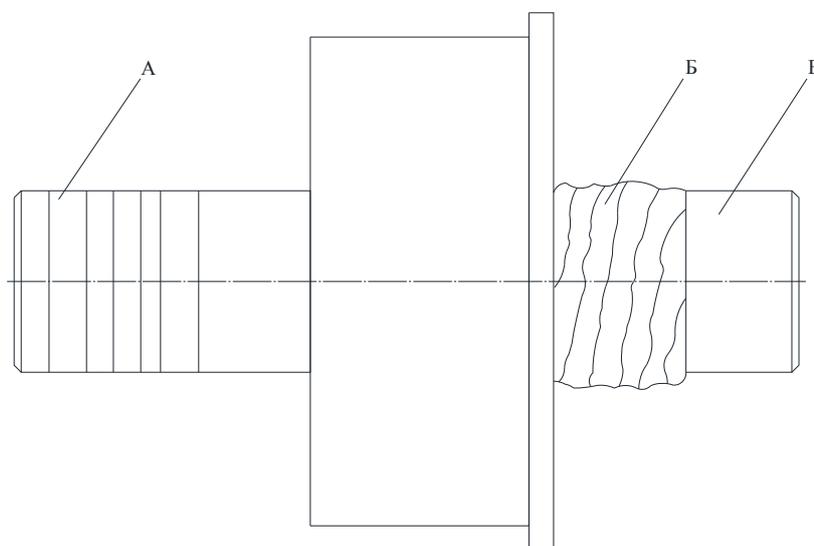


Рис. 78. Ступица червячного колеса с этапами восстановления места подшипниковых посадок: А – участок рабочей поверхности до восстановления; Б – участок, восстановленный методом наплавки; В – обработанный участок

В данной модели имеется возможность перемещения червячного колеса относительно червяка с уводом площади контакта с середины рабочей поверхности зуба в сторону.

На стенде представлена ступица червячного колеса (рис. 78) с этапами восстановления места подшипниковых посадок.

2.2.3. Проверка мёртвого хода червяка

Оборудование и приборы: червячный одноступенчатый редуктор, градуированный лимб, индикатор.

Для обеспечения правильной работы червячной передачи между нитками червяка и зубьями колёс должен быть боковой зазор, наличие которого вызывает мёртвый ход червяка, т. е. угловое перемещение при неподвижном колесе.

Величина боковых зазоров Δ_{δ} , мм, для новых передач

$$\Delta_{\delta} = (0,015 - 0,03) \cdot m,$$

где m – торцовый модуль передачи.

Проверку мёртвого хода червяка производят следующим образом (рис. 79). На вал червяка надевают диск 2 с градуированными делениями, а к одному из зубьев червячного колеса подводят индикатор 1.

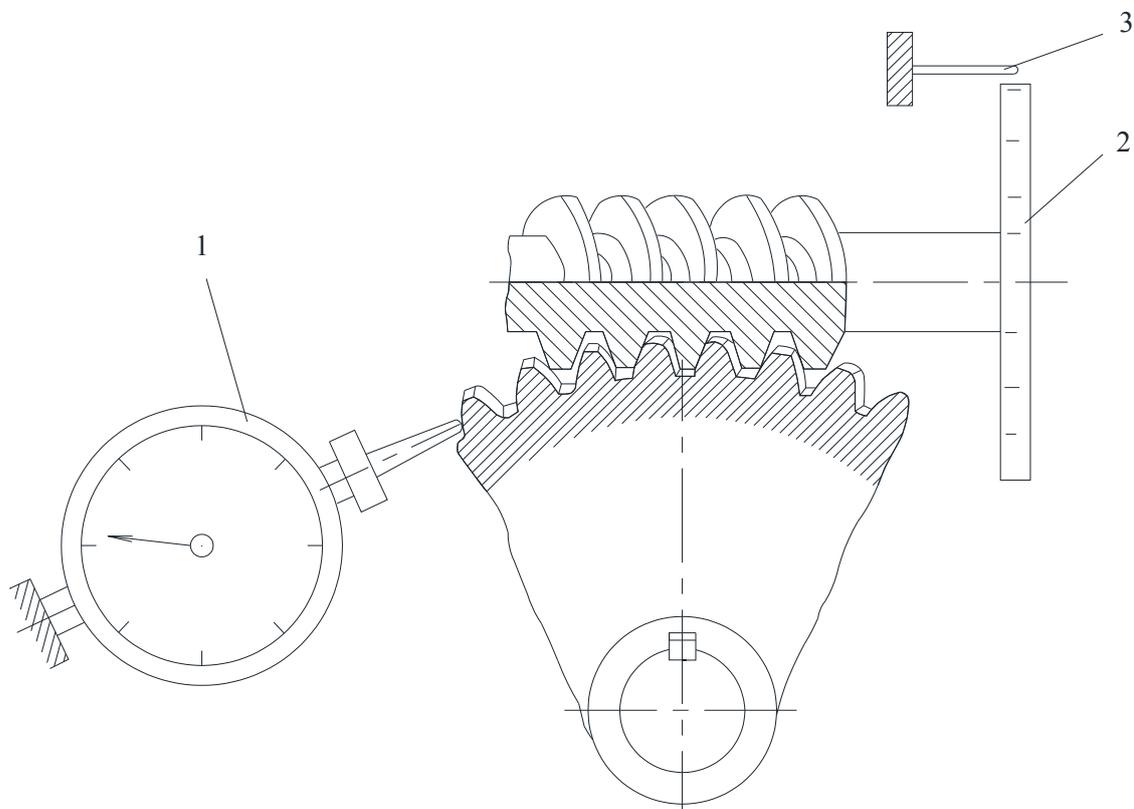


Рис. 79. Проверка мёртвого хода червяка: 1 – индикатор; 2 – градуированный лимб; 3 – стрелка

Угол мёртвого хода устанавливают при помощи стрелки 3 при подкручивании червяка, причём стрелка индикатора должна оставаться неподвижной. Результаты измерений фиксируют в произвольно составленной таблице.

В пределах 7-й и 8-й степеней точности мёртвый ход червяка должен быть около $8\text{--}12^\circ$ при однозаходном, $4\text{--}6^\circ$ при двухзаходном и $3\text{--}4^\circ$ при трёхзаходном червяках.

2.2.4. Проверка степени прилегания профилей червяка и червячного колеса

Оборудование и приборы: червячный одноступенчатый редуктор, красящее вещество.

Винтовую поверхность червяка покрывают тонким слоем краски (ультрамарином) и после медленного проворачивания червяка на колесе проверяют отпечатки, по расположению которых судят о правильности сборки передачи (рис. 79, табл. 21). При обнаружении смещения зубчатого колеса производят необходимое регулирование его положения. При правильном положении червяка краска должна покрывать поверхность зуба червячного колеса не менее чем на 50–60 % по длине и высоте. При неудовлетворительном прилегании рекомендуется пришабривать зубья и в последующем прирабатывать.

Таблица 21

Нормы площади контакта зубьев для червячных зубчатых передач

Тип передачи	Нормы площади контакта зубьев, %, при степени точности зубчатой передачи							
	3	4	5	6	7	8	9	10
Червячные передачи	–	–	60×75	60×70	60×65	50×50	30×35	–

Примечание. Первое число – средняя высота пятна, %, от высоты зуба, второе число – длина пятна, %, от длины зуба.

Для реверсивной работы редукторов производится двухсторонняя проверка контакта. Нарушение правильности контакта приводит к концентрации нагрузки на отдельных участках зубьев, снижению прочности, надёжности работы зубчатых передач. К червячным передачам, передающим большие нагрузки, но работающим с малыми скоростями, в первую очередь предъявляют требования высокой точности показателей контакта зубьев.

При сборке червячных передач в зацеплении необходимо учитывать изменение зазоров в результате нагрева деталей в процессе работы.

При работе механизма расстояние между осями зубчатых колёс в корпусе L_k , мм, вычисляют по формуле

$$L_k = T + L \cdot a_n \cdot t_k = T \cdot (1 + a_n \cdot t_k),$$

где T – расстояние между осями валов в холодном состоянии; a_n – коэффициент линейного расширения материала корпуса, 1/град; t_k – превышение температуры над окружающей средой.

Сумму радиусов колеса и червяка при увеличении их вследствие нагрева во время работы L , мм, вычисляют по формуле

$$L = T \cdot (1 + a_z \cdot t_z).$$

Следовательно, изменение в положении зацепляющихся зубьев колес, мм, вычисляют по формуле

$$l = L_k - L_z.$$

Зазоры между зубьями червячной пары необходимы для избежания заклинивания зубьев и витков червяка, для компенсации неточностей межцентровых расстояний, а также для компенсации тепловых деформаций.

При сборке червячной пары необходимо выдерживать установленные боковые зазоры между зубьями и витками червяка (рис. 80). Величины зазоров зависят от модуля и точности обработки колёс.

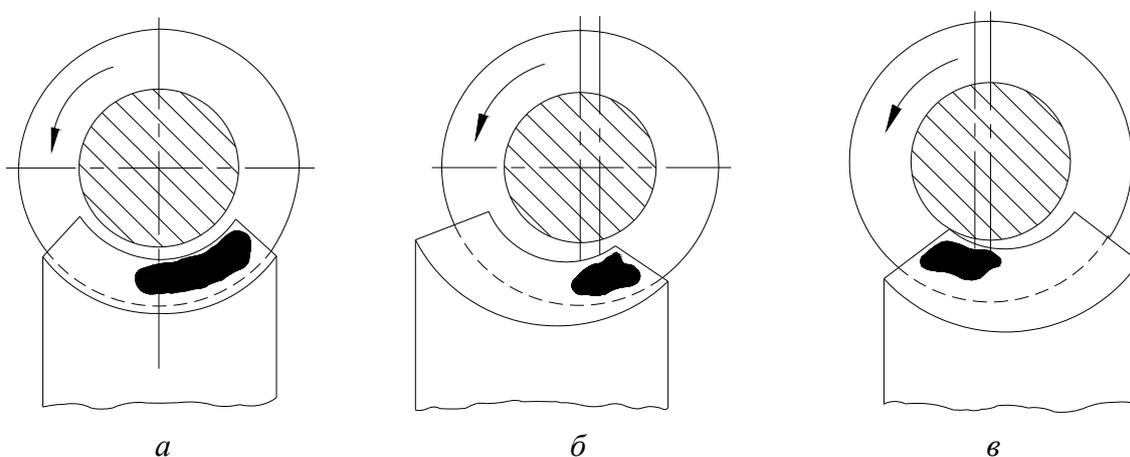


Рис. 80. Формы контакта зацепления на зубьях червячного колеса:
а – правильное; *б* – червяк смещён вправо; *в* – червяк смещён влево

Боковой зазор необходим для создания нормальных условий для смазки. При слишком малых зазорах между шестерней и червяком невозможно образование нормальной масляной пленки. Это приводит к ускоренному износу зубьев шестерни и витков червяка, повышению температуры редуктора, возникновению посторонних шумов в зацеплении и усиленному износу подшипников.

2.2.5. Проверка постоянства момента вращения червяка

Оборудование и приборы: червячный одноступенчатый редуктор, ключи.

Окончательно собранную червячную передачу проверяют на легкость, проворачивания вхолостую.

При любом положении червячного колеса крутящий момент, необходимый для вращения червяка, должен быть по возможности одинаков или, во всяком случае, не отличаться более чем на 30–40 % за период полного оборота червячного колеса. Регулировку проводят регулировочными болтами.

Проворачивая вхолостую собранную червячную пару, необходимо убедиться, что крутящий момент одинаков.

2.3. Учебно-исследовательская работа 3 Сборка валов на опорах качения

Цель работы: изучение вопросов сборки валов на подшипниках качения, методов измерения геометрических отклонений валов и посадочных мест корпусов машин, обеспечение параллельности и горизонтальности валов, проверка и регулировка зазоров в собранных подшипниковых узлах.

2.3.1. Общие сведения [12–14]

Проверка параллельности валов

При монтаже валов на опорах качения большую роль играют точность сборки и ее контроль. Параллельность валов в собранном корпусе машины определяется параллельностью расточек корпуса под наружные кольца подшипников качения. Параллельность расточек корпуса устанавливается при помощи двух калиброванных валов (фальшвалов) и замеров по двум крайним точкам или по двум ближайшим точкам (рис. 81). Фальшвалы при этом устанавливают в расточки корпуса на посадочные места.

Расстояние между фальшвалами измеряют штихмасами или блоками концевых мер. Отклонение от параллельности в общей плоскости определяют как разность показаний отсчетного прибора на длине нормируемого участка:

$$\Delta_{\text{пар}} = \frac{|\Delta l| \cdot l}{1\,000}, \text{ мм/м.} \quad (7)$$

При оценке параллельности пользуются допусками (табл. 22), которые зависят от степени точности изготовления (табл. 23) и вида изделий (табл. 23, 24).

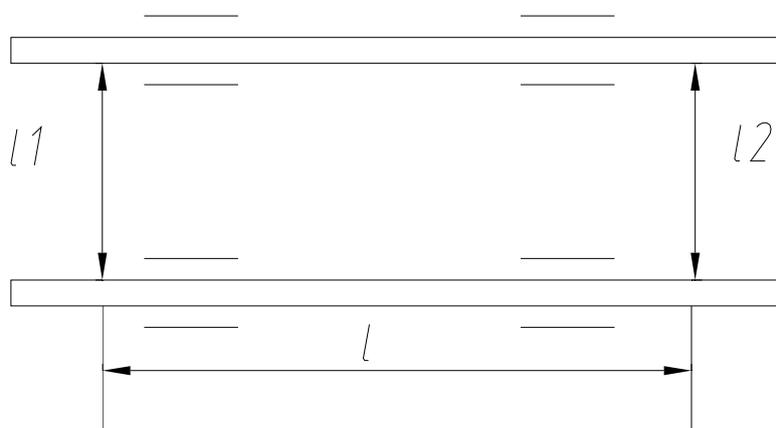


Рис. 81. Проверка параллельности валов

Таблица 22

Допуски параллельности валов

Номинальный размер диаметра вала, мм	Степень точности			
	V	VI	VII	VIII
	Допуски, мкм			
До – 10	2,5	4	6	10
10–25	4	6	10	16
25–60	6	10	16	25
60–160	10	16	25	40
160–400	16	25	40	60

Таблица 23

Примеры назначения допусков параллельности валов

Степень точности	Примеры применения
V–VI	Торцы подшипников качения степени точности 5–6. Оси отверстий в корпусах зубчатых передач высокой точности
VII–VIII	Торцы крышек и колец подшипников нормальной точности (6–8). Оси отверстий расточек корпусов зубчатых передач нормальной точности

Таблица 24

Допуски непараллельности осей зубчатых цилиндрических передач

Степень точности	Модуль зацепления, мм	Допуски, мкм, при ширине колеса или длине контактной линии, мм							
		55+90	55+100	110+160	160+220	220+320	320+450	450+630	630+900
IV	Св. 1 до 10	6,5	7,5	8,5	9,5	11	13	16	20
V	Св. 1 до 16	10,5	11,5	13	15	18	21	25	32
VI	Св. 1 до 16	13	15	17	19	22	26 -	32	40
VII	Св. 1 до 30	17	19	21	24	28	34	40	50
VIII	Св. 1 до 50	21	24	26	30	36	42	50	60
IX	Св. 2,5 до 50	26	30	34	38	45	52	60	80

Примечание. Св. обозначает свыше, то же – в других таблицах.

Проверка горизонтальности валов

Горизонтальность валов определяют конструктивно, обеспечивая её технологией изготовления корпуса машины, так как горизонтальность вала зависит от горизонтальности посадочных мест расточек корпуса. Проверяют горизонтальность посадочных мест при помощи контрольных оправок или фальшвала как отклонение оси от параллельности относительно плоскости.

Измеряют горизонтальность с помощью индикаторных головок, настраивая штифты поочередно в двух положениях индикаторных стоек на контрольную оправку, и по разности показаний отсчетного прибора судят об отклонении от горизонтальности (параллельности) относительно плоскости сравнения (рис. 81, 82):

$$\Delta_{\text{гор}} = \frac{(A_1 - A_2) \cdot l}{l_1}, \text{ мм.} \quad (8)$$

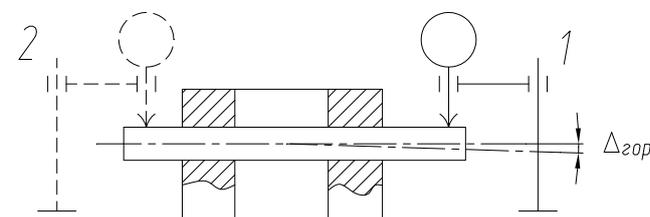


Рис. 82. Проверка горизонтальности общей оси отверстий

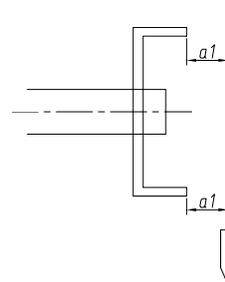


Рис. 83. Проверка горизонтальности вала с помощью скобы и отвеса

Если отклонение от параллельности измеряется в угловых единицах, то пересчет в линейные осуществляют по формуле

$$\Delta_{\text{гор}} = \frac{\angle\varphi \cdot l}{200}, \text{ мм.}$$

Существует также способ проверки горизонтальности вала относительно плоскости с помощью скобы и отвеса (рис. 83). В собранной машине на выходной конец вала надевают скобу и с помощью отвеса и нити определяют горизонтальность вала. Расстояния a_1 проверяют с помощью штангенса, они должны быть одинаковыми. Отклонение от горизонтальности $\Delta a = \pm(a_1 - a_2) = 0$, мм.

Проверка соосности осей вала и посадочных мест в корпусе

Соосность осей расточек в корпусе редуктора контролируют также при помощи фальшвала по расположению отпечатков краски в посадочных отверстиях, полученных при проворачивании в них фальшвала.

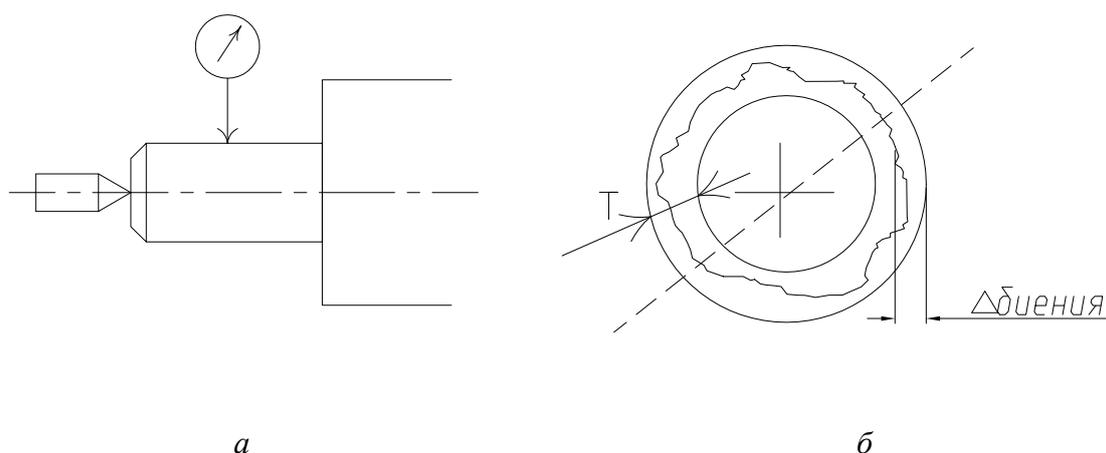


Рис. 84. Проверка соосности осей вала (а); посадочных мест в корпусе (б)

Отпечатки краски должны занимать не менее 70 % посадочной поверхности (рис. 84).

Проверка геометрических отклонений посадочных мест валов

Геометрические отклонения посадочных мест валов производят при помощи индикаторов и микрометров. Крутость посадочного места проверяют как отношение посадочных мест к общей оси вала.

Проверка ведется по отклонению стрелки индикатора при одном полном обороте (360°) зажатого в центрах вала (рис. 84). Если стрелка отклонилась от нуля, а по завершении поворота возвратилась в исходное положение, то это указывает на эксцентricность посадочной поверхности:

$$\Delta_{\text{кр}} = \frac{\Delta_{\text{max}} - \Delta_{\text{min}}}{2}.$$

Прямолинейность образующих шеек вала проверяют при помощи индикатора в трех сечениях с продольным перемещением индикаторной головки и углами поворота в каждом сечении: $0-90^\circ$; $90-180^\circ$, $180-270^\circ$; $270-360^\circ$ (рис. 85).

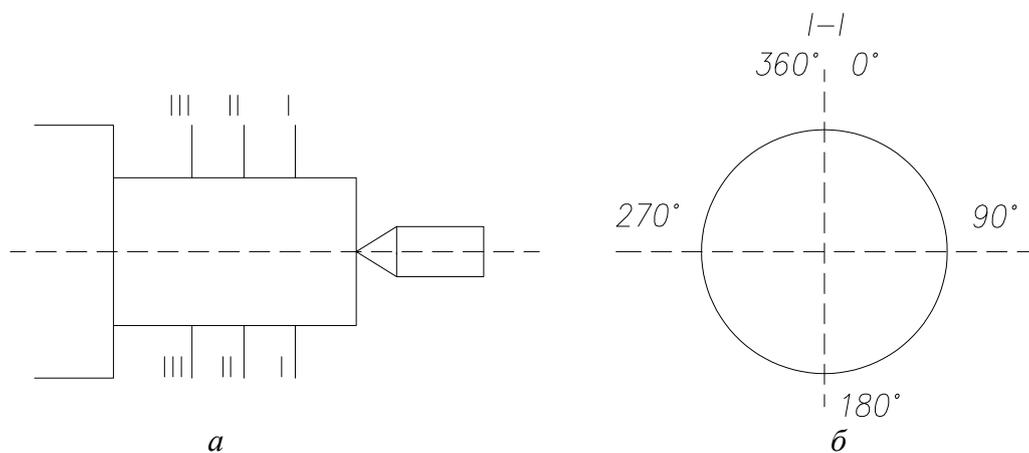


Рис. 85. Проверка формы шейки вала: *а* – прямолинейность образующей шейки; *б* – эксцентricность посадочной поверхности

Прямолинейность и форму шеек валов можно проверить также микрометром при трехкратном измерении диаметра в одном сечении с углом поворота 120° , после проверки в одном сечении измерения его переносят в следующее. По результатам замеренных отклонений судят о форме поверхности.

Торцевое биение (рис. 86) заплечиков валов проверяют с помощью индикаторной головки, настроенной на заплечик при зажатом в центрах вала. Угол поворота составляет $0-90^\circ$, $90-180^\circ$, $180-270^\circ$, $270-360^\circ$. Торцевое биение Δ определяют по формуле

$$\Delta = \frac{\Delta_{\text{max}} - \Delta_{\text{min}}}{2}, \text{ мкм.}$$

Допуск на перпендикулярность заплечиков валов под подшипником качения назначается по табл. 25.

Допускаемые отклонения формы посадочных поверхностей вала даны в табл. 26–31.

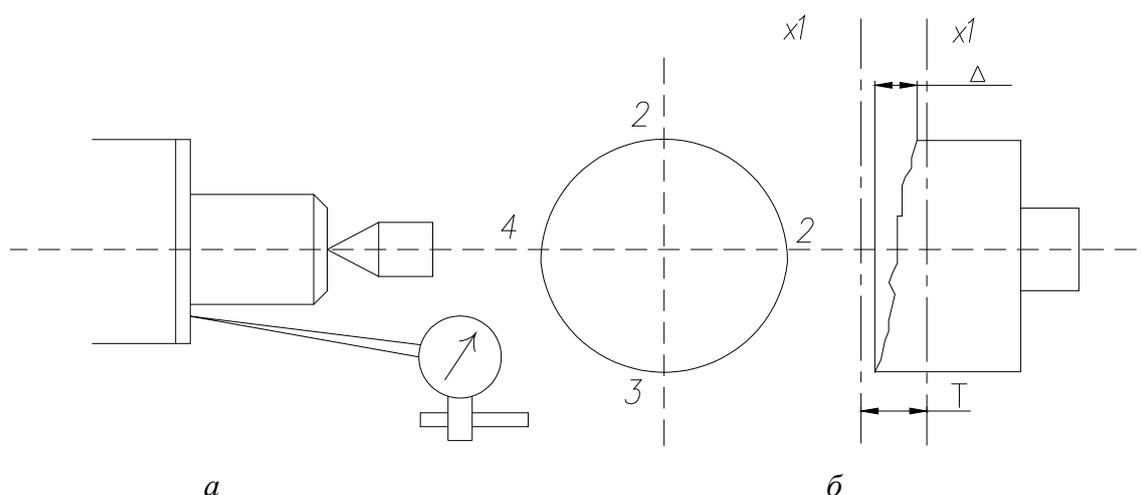


Рис. 86. Проверка торцевого биения заплечика шейки вала: *а* – проверка торцев биения при помощи индикаторной головки; *б* – обозначение торцевого биения

Таблица 25

Допуски на перпендикулярность заплечиков валов

Диаметр внутреннего кольца, мм	Класс точности подшипника			
	0	6	5	4
	Биение заплечика, мкм			
до 50	20	10	7	4
50–120	25	12	8	6
120–250	30	15	10	8
250–350	35	17	12	–

Таблица 26

Допускаемые отклонения формы посадочных мест вала от цилиндричности

Установка подшипника	Классы точности подшипников или поля допусков валов	Отклонения не более (овальность, конусообразность*, седлообразность, бочкообразность)
На вал или отверстие корпуса	0; 6 5; 4	0,5 Td (D) 0,25 Td(D)
На закрепительных втулках	h5, h9, h10, h11	0,25 Td

Примечания: Td(D) – допуск диаметра вала или отверстия разность Ø в крайних сечениях.

Таблица 27

Допуск диаметра вала или отверстия – $Td(D)$

Диаметр, мм	Степень точности				
	V	VI	VII	VIII	IX
	Допуски, мкм				
до 3	2	3	5	8	12
3–10	2,5	4	6	10	16
10–18	3	5	8	12	20
18–30	4	6	10	16	25
30–50	5	8	12	20	30
50–120	6	10	16	25	40
120–250	8	12	20	30	50

Таблица 28

Допуски соосности, симметричности и радиального биения посадочных мест вала

Диаметр, мм	Степень точности				
	V	VI	VII	VIII	IX
	Допуски, мкм				
До 3	5	8	12	20	30
3–10	6	10	16	25	40
10–18	8	12	20	30	50
18–30	10	16	25	40	60
30–50	12	20	30	50	80
50–120	16	25	40	60	100
120–250	20	30	50	80	120

Таблица 29

Степени точности в зависимости от качества допуска диаметра

Геометрическая точность	Квалитет допуска ЕСДП СЭВ				
	5	6	7	8	9
	Степень точности				
Нормальная	V	VI	VII	VIII	IX
Повышенная	IV	V	VI	VII	VII

Таблица 30

Примеры назначения допусков формы цилиндрических поверхностей

Степень точности	Примеры применения
V–VI	Посадочные поверхности подшипников нормальной точности и сопрягаемые с ними шейки валов и отверстия корпусов
VII–VIII	Подшипники скольжения тихоходных валов, отверстия корпусов

Таблица 31

Примеры назначения допусков соосности и радиального биения

Степень точности	Примеры применения
V–VI	Кольца подшипников качения нормальной точности, поверхности валов под зубчатые передачи нормальной точности
VII–VIII	Отверстия корпусов под подшипники качения нормальной точности, под вкладыши подшипников скольжения

Регулирование зазоров в подшипниковых опорах качения

Регулирование зазоров производят в установленных в корпус подшипниках качения. В данной работе рассмотрены вопросы регулировки радиально-упорных роликоподшипников. В радиально-упорных роликоподшипниках регулируемых типов осевая игра достигается путем перемещения в осевом направлении колец подшипника.

Регулирование осевой игры на учебном стенде производят с помощью гаек, упирающихся в регулировочное упорное кольцо, которое в свою очередь упирается в наружное кольцо роликоподшипника. Регулировочной гайкой зажимают регулируемое кольцо подшипника до тугого проворачивания вала, затем гайку отпускают до свободного вращения вала и стопорят. Угол поворота гайки находят опытным путем или по выражению

$$\alpha = 360^\circ \cdot \frac{C}{t}, \quad (9)$$

где C – величина осевой игры, мкм; t – шаг резьбы, мкм.

Проверку осевой игры осуществляют, как показано на рис. 87.

В установленных на место подшипниках качения осевую игру проверяют с помощью индикатора, установленного в торец вала или упертого в зубчатое колесо, отжимая вал вдоль оси поочередно в обе стороны.

Проверку осевой игры в подшипнике качения с помощью щупа проводят с отжимом вала в противоположных направлениях и вводом щупа между дорожкой наружного кольца и телами качения, измеряя зазор по линии давления λ (рис. 88).

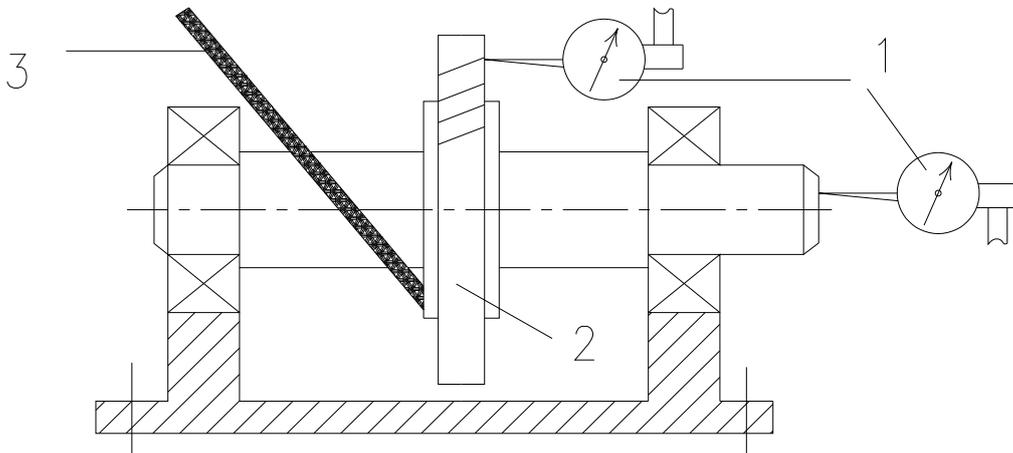


Рис. 87. Проверка осевой игры в подшипнике качения с помощью индикатора: 1 – индикатор; 2 – зубчатое колесо; 3 – щуп

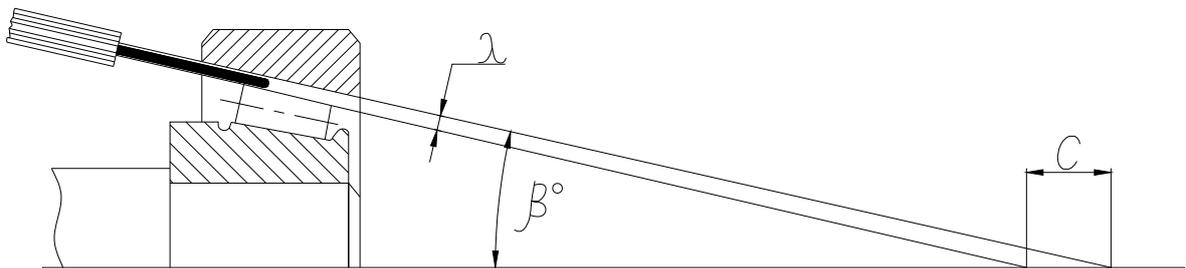


Рис. 88. Проверка осевой игры в подшипнике качения с помощью щупа

Пересчет на значение осевой игры в этом случае ведется по выражению

$$C = \frac{\lambda}{2 \sin \beta}, \text{ мкм,} \quad (10)$$

где λ – зазор по линии давления, мм; C – осевая игра, мм; β° – угол конусности беговой дорожки наружного кольца.

Радиальный зазор в коническом роликоподшипнике регулируется смещением наружного кольца на величину C до рекомендуемого значения (табл. 32). Зависимости между смещением C , радиальным зазором e и зазором по линии давления λ таковы:

$$e = 2C \cdot g \cdot \beta^\circ, \quad \lambda = 2C \cdot \sin \beta^\circ, \text{ мкм.}$$

Рекомендуемая осевая игра, мкм, для конических
однорядных роликоподшипников

Диаметр отверстия подшипника d , мм	Угол контакта, α°			Расстояние между подшипни- ками при установке по одному в каждой опоре
	10–16		25–90	
	Ряд 1	Ряд 2	Ряд 1	
До 30	20/40	40/70	–	$14d$
30–50	40/70	50/100	20/40	$12d$
50–80	50/100	80/150	30/50	$11d$
80–120	80/150	120/200	40/70	$10d$
120–180	120/200	200/300	50/100	$9d$
180–260	160/250	250/350	80/150	$6,5d$
260–360	200/300	–	–	–
360–400	250/350	–	–	–

Примечание. Ряд 1 – для подшипников по два в одной опоре, ряд 2 – по одному в опоре; в числителе даны наименьшие, в знаменателе наибольшие допустимые пределы игры.

Выбор посадки подшипников качения [15–17]

Выбор посадки зависит от характера нагружения колец подшипника:

а) местное нагружение, если кольцо не вращается относительно нагрузки, т. е. нагрузка воспринимается ограниченным участком дорожки качения;

б) циркуляционное нагружение, если нагрузка воспринимается всей окружностью дорожки качения, а кольцо вращается;

в) колебательное нагружение, если на подшипник совместно действуют постоянная по направлению и вращающаяся нагрузка.

Теоретический натяг, необходимый для посадки циркуляционно-нагруженного кольца на шейку вала определяют по формуле

$$N_{\min} = 1,4 \cdot 10^{-2} \frac{R}{B}, \text{ мкм}, \quad (11)$$

где R – радиальная нагрузка на подшипник, кН; B – ширина внутреннего кольца, м.

Усилие напрессовки внутреннего кольца подшипника на стальной вал вычисляют по формуле

$$P = 3,30 N_c \cdot f \cdot B \cdot \left(1 - \frac{d^2}{d_0^2} \right), \text{ кН}, \quad (12)$$

где: N_c – расчетный натяг, мкм; f – коэффициент трения ($f = 0,1-0,15$); d – диаметр внутреннего кольца, м; d_0 – приведенный наружный диаметр внутреннего кольца,

$$d_0 = \frac{D + 3d}{4}, \text{ м},$$

где D – наружный диаметр подшипника, м.

По найденному расчетному натягу определяют поле допуска вала (рис. 89, табл. 32, 33) с учетом отклонения отверстия внутреннего кольца подшипника (табл. 33).

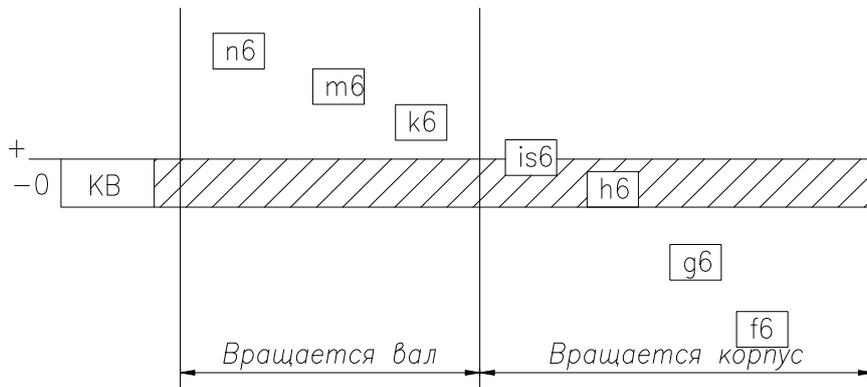


Рис. 89. Схема образования полей допусков вала в системе отверстия

Таблица 33

Предельные отклонения диаметра отверстия d_m внутренних колец радиальных и радиально-упорных подшипников

Диаметр, мм	Класс точности подшипника				
	0	6	5	4	2
Нижние предельные отклонения (E_1) диаметра d_m , мкм					
2,5–10	–8	–7	–5	–4	–2,5
10–18	–8	–7	–5	–4	–2,5
18–30	–10	–8	–6	–5	–2,5
30–50	–12	–10	–8	–6	–2,5
50–80	–15	–12	–9	–7	–4
80–120	–20	–15	–10	–8	–5
120–180	–25	–18	–13	–10	–7

Примечание. Верхнее предельное отклонение ES равно нулю.

Диаметр наружного кольца в подшипниках принимают за основной вал, поле допуска которого обозначается hВ (буква В обозначает подшипник от английского слова Bearing), диаметр внутреннего кольца d принимают за основное отверстие, поле допуска которого обозначается КВ (табл. 34).

Основная характеристика кольца, учитываемая при выборе посадки, это средний диаметр отверстия внутреннего кольца:

$$d_m = (d_{\max} + d_{\min}) / 2, \quad (13)$$

где d_{\max} , d_{\min} – наибольшее и наименьшее значения диаметра кольца, определенные двухточечным измерением в одной радиальной плоскости, перпендикулярной к оси.

Таблица 34

Предельные натяги и зазоры подшипников качения классов точности 0,6 при посадках на вал

Интервал диаметров d , мм	Поле допуска вала																					
	<i>f</i> 6	<i>g</i> 6	<i>h</i> 5	<i>h</i> 6	<i>is</i> 5	<i>i</i> 5	<i>is</i> 6	<i>i</i> 6	<i>k</i> 5	<i>k</i> 6	<i>m</i> 5	<i>m</i> 6	<i>n</i> 5	<i>n</i> 6	<i>p</i> 6							
	Предельные натяги и зазоры в посадке, мкм																					
До 3	2	6	8	8	10	10	11	12	12	14	14	16	16	18	20							
	-12	-8	-4	-6	2	-2	11	-3	2	12	0	14	0	14	2	16	2	4	4	6		
Св. 3 до 6	-2	4	6	6	10,5	11	12	14	14	17	17	20	20	21	24	28						
	-18	-2	-5	-8	-2,5	-2	12	-4	2	14	1	17	1	17	4	20	4	21	8	24	8	28
Св. 6 до 10	-5	3	8	8	11	12	12,5	15	15	18	18	23	23	24	27	32						
	-22	-14	-6	-9	3	-2	-4,5	2	1	18	1	20	6	23	6	24	10	10	10	15		
Св.10 до 18	-8	2	8	8	12	13	13,5	16	17	20	20	23	23	28	31	37						
	-27	-17	-8	-11	4	-3	-5,5	3	1	1	7	26	7	12	12	16						
Св.18 до 30	-10	3	10	10	14	15	16,5	19	21	25	25	27	27	34	38	45						
	-33	-20	-9	-13	5	4,5	-4	-6,5	-4	21	2	25	2	27	8	34	8	15	15	22		
Св.30 до 50	-13	3	12	12	17	16	20	23	25	30	30	32	32	40	45	54						
	-41	-25	-11	6	5	5,5	-5	-6	-5	25	2	30	2	32	9	37	9	17	17	26		
Св.50 до 80	-15	5	15	15	21	21	24,5	27	30	36	36	39	39	48	54	66						
	-19	-29	-13	-19	5	6,5	-7	-9,5	-7	30	2	36	11	11	20	20	32					
Св.80 до 120	-16	6	20	20	27	26	31	33	38	45	45	48	48	56	65	79						
	-58	-34	-15	-22	5	7,5	-9	-11	-9	38	3	45	3	13	13	23	23	23	23	37		
Св.120 до 180	-18	11	25	25	34	32	37,5	39	46	53	53	58	58	70	77	93						
	-68	-39	-18	-25	-9	-11	-12,5	-11	46	3	53	3	15	j	15	27	27	27	27	43		

Примечание. Зазоры указаны со знаком «минус», остальное – натяги.

2.3.2. Опытные установки и порядок работы

1. Опытная установка для проверки горизонтальности вала

Установка состоит (рис. 90) из корпуса 1, установленного на основание 2. В корпусе закреплен вал 3, корпус крепится к основанию с помощью болтов 4. На вал устанавливается и центруется с помощью винтовых упоров скоба 5. На горизонтальную штангу стойки 6 крепятся нить 7 и отвес 8.

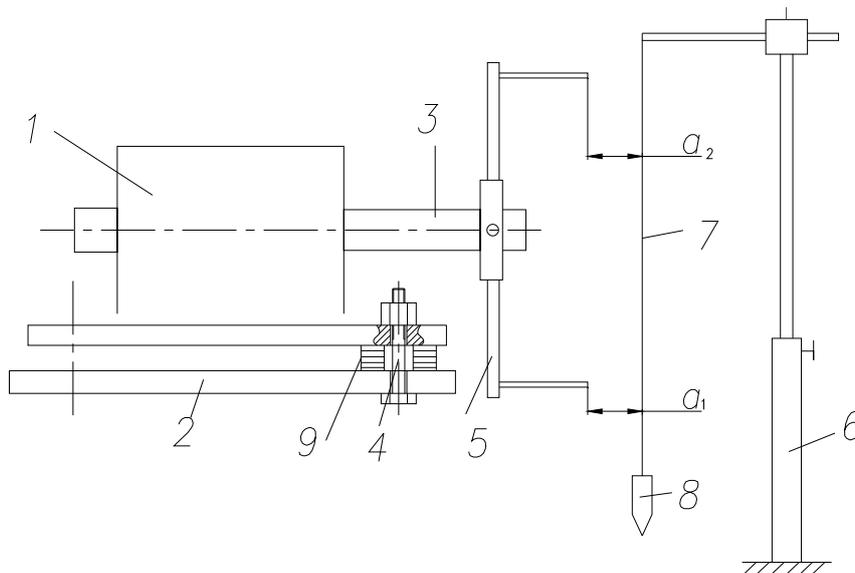


Рис. 90. Схема опытной установки для проверки горизонтальности вала

Расстояние между нитью и лапами скобы измеряется штангмасом. Если $a_1 \neq a_2$, то вал и корпус не отгоризонтированы. Положение вала с корпусом изменяют с помощью пакета подкладок 9, меняя их толщину.

Порядок работы на установке

Проверку горизонтальности вала осуществляют следующим образом:

1. Устанавливают скобу 5 на вал (рис. 90);
2. Регулируют стойку 6 по высоте и навешивают нить и отвес на горизонтальную штангу стойки;
3. С помощью штангмаса измеряют расстояния a_1 и a_2 между нитью и лапами скобы. Определяют разность между значениями:

$$\Delta = \pm(a_1 - a_2), \text{ мм.}$$

4. В зависимости от значения Δ горизонтируют вал с помощью подкладок под основание 2 корпуса 1. Результаты измерений заносят в таблицу.

2. Опытная установка для определения геометрических отклонений шейки вала

Установка состоит (рис. 91) из центров 1, закрепленных на основании 2, в которых закреплен проверяемый вал 3; отклонения формы шейки вала измеряются с помощью индикаторной головки 4, закрепленной в стойке 5.

Порядок работы на установке

Проверка отклонения от окружности

Проверка проводится прибором для измерения радиального биения – индикаторной головкой часового типа.

1. Измеряемая деталь типа валов, имеющая центровые отверстия, базируется в центрах установки (рис. 91).

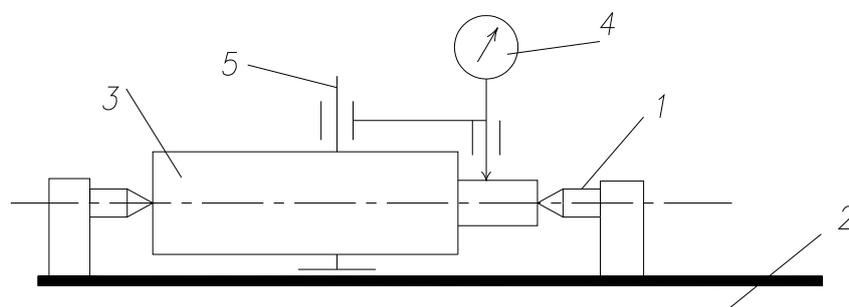


Рис. 91. Схема опытной установки для определения геометрических отклонений шейки вала

2. Индикаторную головку настраивают на деталь с натягом (1 оборот стрелки) и вращают деталь.

3. При одном полном обороте детали вокруг своей оси фиксируют показания стрелки индикатора, при этом разность наибольшего и наименьшего показаний принимают за отклонение от окружности в данном сечении:

$$\Delta_{\text{окр}} = \frac{\Delta_{\text{max}} - \Delta_{\text{min}}}{2} .$$

Запись показаний индикатора ведут при углах поворота детали 0–90°, 90–180°, 180–270°, (270–360° проверочная).

4. Допуск округлости выбирают по табл. 26 при 100 %-м использовании допуска диаметра Td , согласуя выбор степени точности при выборе допуска с табл. 27–29.

5. Результаты измерений заносят в таблицу.

Проверка формы профиля продольного сечения

При проверке формы профиля продольного сечения или цилиндричности шейки вала используют тот же метод, но деталь проверяют в нескольких сечениях, продольно перемещая индикатор вдоль шейки вала без отрыва штифта от поверхности, при этом измеряют радиальное биение, которое принимают за отклонение от цилиндричности.

Порядок проведения опыта следующий:

1. Настраивают штифт индикатора на шейку вала с натягом в сечении I–I (рис. 85).

2. Вращают образец, записывая показания индикатора при углах поворота $0-90^\circ$, $90-180^\circ$, $180-270^\circ$, $270-360^\circ$.

3. Не отрывая штифт, перемещают индикатор в сечение II–II; измерения повторяют.

4. Таким же образом проводят измерение в сечении III–III.

5. Полученные замеры заносят в таблицу, сравнивая с допуском формы поверхности по табл. 26 в диаметральном выражении, согласуя выбор допуска с табл. 27 – 29:

$$\Delta_{\text{пр}} = \frac{\Delta_{\text{max}} - \Delta_{\text{min}}}{2}, \text{ мкм.}$$

6. Таким же образом проверяют остальные образцы.

7. При назначении допуска следует руководствоваться тем, что посадочная поверхность шейки вала предназначена для подшипников качения с точностью 0 и 6.

Проверка перпендикулярности заплечиков вала

Перпендикулярность заплечиков валов относительно оси вращения необходимо проверять в следующей последовательности:

1. Настроить индикатор на заплечик вала, установленного в центрах (рис. 86).

2. Вращая образец в центрах, записать показания стрелки при углах поворота $0-90^\circ$, $90-180^\circ$, $180-270^\circ$, $270-360^\circ$ (рис. 86).

3. Результаты проведения исследований занести в таблицу, сравнивая с допуском T по табл. 25.

Проверка формы шейки вала

Она проводится микрометром в следующей последовательности:

1. В сечении I–I (рис. 85, а) измеряют диаметр шейки вала 3 раза при углах поворота 120° .

2. Переносят измерения в сечения II–II и III–III. Полученные замеры сводят в таблицу и сравнивают с полем допуска по табл. 26 и 27, трактуя полученные значения как отклонение от цилиндричности. Отклонение от округлости замеряют в среднем сечении шейки трехкратным измерением диаметра:

$$\Delta = \frac{d_{\max} - d_{\min}}{2}, \text{ мм.}$$

3. Опытная установка для определения горизонтальности, параллельности, соосности посадочных мест корпуса

Установка состоит из корпуса двухступенчатого цилиндрического редуктора 1, установленного на отгоризонтированное основание 2 (рис. 92). Подшипниковые узлы состоят из конических радиально-упорных подшипников регулируемого типа (рис. 93).

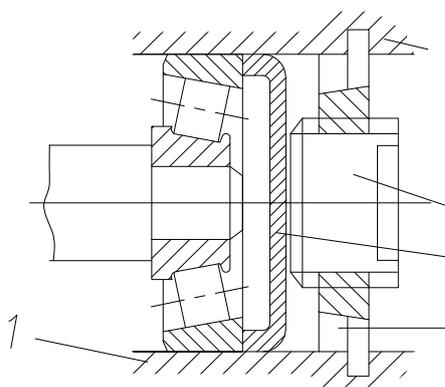


Рис. 92. Схема опытной установки для определения горизонтальности, параллельности, соосности посадочных мест корпуса

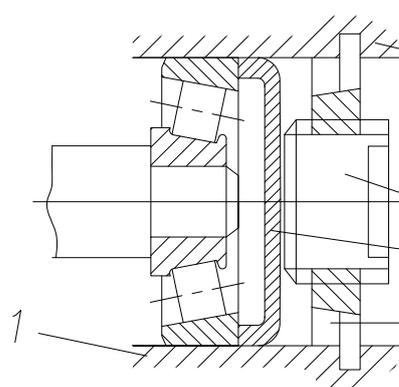


Рис. 93. Конструкция подшипникового узла установки

Осевая игра роликоподшипников регулируется с помощью гайки, установленной в торцевую крышку корпуса. Гайка упирается в регулировочное кольцо, в свою очередь упирающееся в наружное кольцо подшипника. Для проверки горизонтальности, соосности, параллельности

лельности посадочных мест корпуса прилагаются калиброванные фальшвалы.

Измерительными средствами для определения данных параметров являются: плоский щуп, штихмас, микрометр.

Порядок работы на установке

Проверка горизонтальности и параллельности валов в корпусе

Порядок выполнения опытов по установке горизонтальности и параллельности валов в корпусе таков:

1. Устанавливают фальшвалы в посадочные расточки корпуса.
2. С помощью штихмаса измеряют расстояние между фальшвалами L_1 , затем расстояние L_2 (рис. 81).
3. Разность показаний определяют по формуле (7).
4. Сравнивают полученные значения с табличными (табл. 21–23).
5. Проверяют горизонтальность посадочных мест корпуса редуктора.
 - 5.1. Устанавливают редуктор на предварительно отгоризонтированное с помощью уровня основание или поверочную плитку (рис. 82).
 - 5.2. В посадочные отверстия помещают фальшвалы.
 - 5.3. Устанавливают индикаторную стойку в положение 1 (рис. 82), настраивают штифт индикатора на фальшвал с небольшим натягом (1 оборот стрелки).
 - 5.4. Переносят индикаторную стойку в положение 2 (рис. 82). Разницу показаний принимают за отклонение от горизонтальности и по формуле (8) пересчитывают на нормируемую длину.
6. Сравнивают полученные данные с табличными (табл. 21–23).

Проверка соосности расточек корпуса

Она проводится в следующей последовательности:

1. Наносят на посадочные поверхности фальшвала тонкий слой краски.
2. Устанавливают фальшвал в посадочные расточки корпуса редуктора, закрывают корпус крышкой и крышку затягивают.
3. Пытаются повернуть фальшвал в корпусе.
4. Снимают крышку, убирают фальшвал и по расположению отпечатков фаски в расточках корпуса судят о соосности посадочных поверхностей.

5. В правильно изготовленном корпусе отпечатки краски должны занимать не менее 70 % посадочных поверхностей расточек.

Проверка осевой игры подшипника качения

Она проводится в сборе на опытной установке 4 (рис. 94).

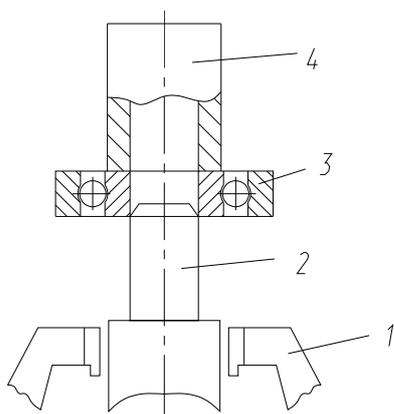


Рис. 94. Схема опытной установки для напрессовки подшипника на вал

1. Регулировочной гайкой 4 (рис. 95) зажимают регулируемое кольцо подшипника до тугого проворачивания вала, затем гайку отпускают до свободного вращения вала и стопорят. Угол отворота гайки находят по формуле (9). Шаг резьбы регулировочной гайки (рис. 95) следует принять при измерении линейкой, угол конусности беговой дорожки принят $\beta = 16^\circ$.

2. Осевую игру подшипников качения проверяют с помощью индикатора (рис. 87), упертого в зубчатое колесо или торец вала.

3. Проверку осевой игры проводят другим способом, измеряя плоским щупом зазор по линии давления λ , вводя щуп между дорожкой наружного кольца и телами качения (рис. 88). Делают пересчет на осевую игру по формуле (10).

4. Полученные разными способами замеры заносят в таблицу, сравнивая с допуском по табл. 33.

4. Опытная установка для напрессовки подшипника на вал

Опытная установка для напрессовки подшипника на вал состоит из тисков 1, вала 2, подшипника качения 3 и прессового устройства 4 (рис. 94).

Порядок работы на установке

Определение посадки подшипника качения

Посадка радиального подшипника качения на вал выполняется с определением действительного диаметра внутреннего кольца (dm) с последующим сравнением отклонения по табл. 33, 34. Исходные данные для расчета посадки внутреннего кольца радиального подшипника качения на стальную шейку вала приведены в табл. 35.

Исходные данные для расчета посадки подшипника качения

Номер подшипника	Класс точности	Диаметр наружного кольца D , мм	Диаметр внутреннего кольца d , мм	Радиальная реакция опоры R , н	Ширина кольца B , мм
204	0	27	20	1000	14
204	0	27	20	2000	14
204	0	27	20	2500	14
204	0	27	20	3000	14
204	0	27	20	3500	14

1. Действительный диаметр определяют, измеряя внутреннее кольцо штихмасом в одной радиальной плоскости, перпендикулярной к оси подшипника, два раза (d_{\max} , d_{\min}). Средний диаметр вычисляют по формуле (13).

2. Теоретический натяг циркуляционно-нагруженного кольца определяют по формуле (11), взяв исходные данные из задания.

3. Усилие напрессовки внутреннего кольца на стальной вал определяют по формуле (12).

4. По найденному расчетному натягу находят поле допуска вала (рис. 89, табл. 34), учитывая при выборе посадки средний диаметр вала d_m .

5. Диаметр шейки вала контролируют микрометром.

6. Данные расчетов и замеров заносят в таблицу.

Напрессовка подшипника на вал

В тиски 1 (рис. 94) зажимают вал 2, на который напрессовывают подшипник качения 3 с помощью прессового устройства, обеспечивая при этом установленное прессовое усилие.

2.3.3. Составление отчета

В соответствии с порядком работ, предусмотренным для выполнения на каждой установке, следует составить отчет по требованиям стандарта вуза, составить следующие таблицы и диаграммы (табл. 36–44).

Таблица 36

Проверка параллельности и горизонтальности вала

Вид отклонения	Фактическое Δ , мкм	Допускаемое мкм
Параллельность Горизонтальность посадочного отверстия относительно плоскости сравнения		

Таблица 37

Проверка соосности на краску

Отверстие		Отпечатки краски	
		Фактические, %	Требуемые, %
Быстроходный вал	Крышка		
	Корпус		
Промежуточный вал	Крышка		
	Корпус		

Таблица 38

Проверка горизонтальности вала скобой

Зазоры a_1 и a_2 до горизонтирования, мм		Зазоры a_1 и a_2 после горизонтирования	
a_1	a_2	a_1	a_2

Таблица 39

Проверка осевой игры роликоподшипников

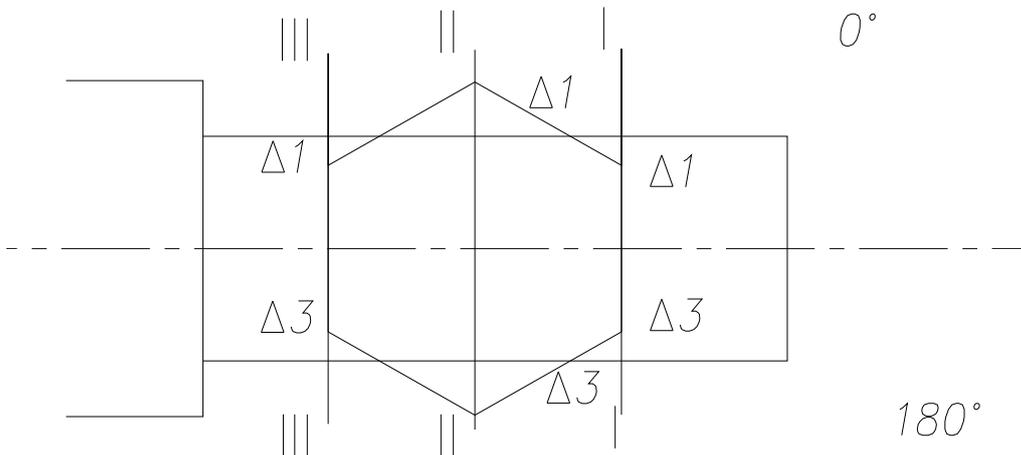
Вал и диаметр подшипника, мм	Индикатором, мкм		Щупом, мкм		Требуемая игра СТ, мкм
	До регулировки, мкм	После регулировки, мкм	До регулировки	После регулировки	
Быстроходный, \emptyset					
Промежуточный, \emptyset					
Тихоходный, \emptyset					

Таблица 40

Проверка цилиндричности индикатором

Номер образца	Сечение	Угол поворот, α°				$\Delta_{\text{ср}}$	Допуск T_d , мкм
		0°	90°	180°	270°		
		Δ_1	Δ_2	Δ_3	Δ_4		
Образец 1	I-I II-II III-III						
Образец 2							

Используя замеры при углах поворота 0 и 180° , построить диаграммы профиля продольного сечения:



Дать определение виду отклонения.

Таблица 41

Проверка округлости в среднем сечении шейки вала индикатором

Номер образца	Угол поворота, α°				$\Delta_{\text{ср}}$, мкм	Допуск $\frac{1}{2} T_d$, мкм
	Δ_1	Δ_2	Δ_3	Δ_4		
Образец 1 и т. д.						

Используя полученные замеры, построить диаграммы отклонений от круглости:

Дать определение виду отклонения.

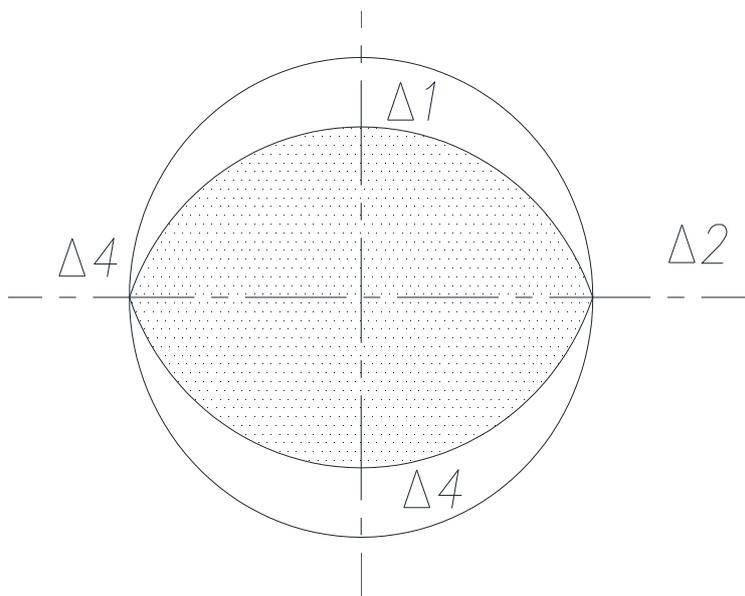


Таблица 42

Проверка торцевого биения заплечика вала индикатором

Номер образца	Угол поворота α				$\Delta_{\text{ср}}$, мкм	Допуск, мкм
	0°	90°	180°	270°		
	$\Delta 1$	$\Delta 2$	$\Delta 3$	$\Delta 4$		
1 и т. д.						

Построить диаграммы отклонений:

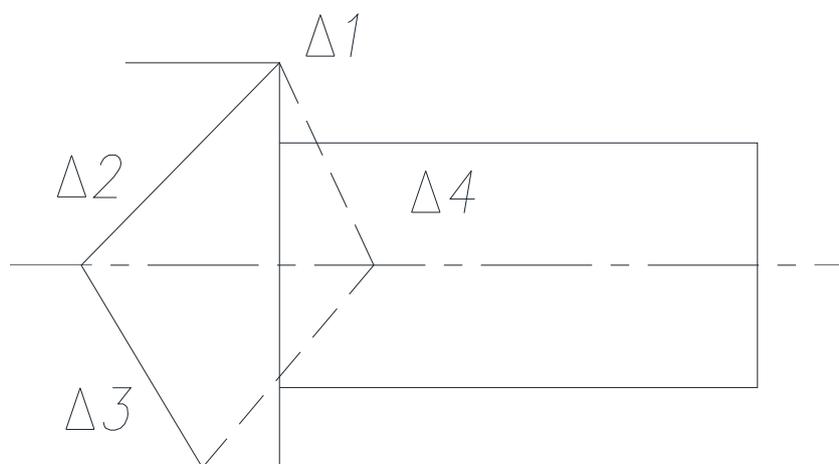


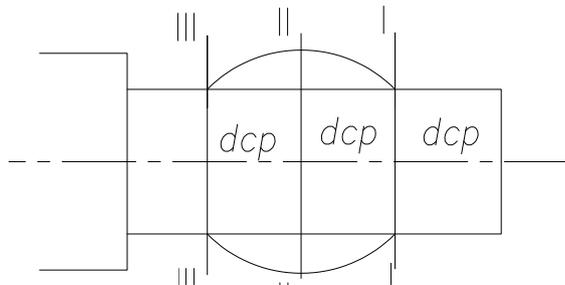
Таблица 43

Проверка формы шейки вала микрометром

Номер образца	Сечение	Угол поворота			$\Delta_{кр, МКМ}$	$\Delta_{прод, МКМ}$	Допуск $1/2Td$
		0°	120°	240°			
		d1	d2	d3			
1	I						
	II						
	III						
и т.д.							

Построить схемы отклонений профиля продольного сечения.

$$d_{ср,г} = \frac{d_{max} + d_{min}}{2}, \text{ мм}$$



Дать определение виду отклонения.

Таблица 44

Посадка внутреннего кольца на шейку вала

$d_{ном, ММ}$	$d_{max, ММ}$	$d_{min, ММ}$	$N_{min, МКМ}$	$N_{max, МКМ}$	$N_{ср, МКМ}$	$P, кН$

2.4. Учебно-исследовательская работа 4

Сборка валов на опорах скольжения

Цель работы: изучение исследовательской установки для сборки валов и вкладышей, определение радиального зазора в подшипниках скольжения, проверка правильности прилегания вкладышей к валу, проверка осевого зазора.

2.4.1. Общие сведения

При определении величины зазора и подборе посадки в подшипниках жидкостного трения пользуются следующими данными о подшипниковом узле:

$d_{н.с}$ – номинальный диаметр соединения «вал-подшипник», мм;

l – длина подшипника, м;

p – величина удельного давления смазки, Н/м² (кг/см²);

ω – угловая скорость вала, рад/с, $\omega = \frac{\Pi \cdot n}{30}$;

n – частота вращения вала, об/мин;

t_n – рабочая температура подшипника, °С;

μ – динамическая вязкость смазки, Н С/м².

Расчёт посадки выполняют в следующей последовательности.

1. Задаются высотами неровностей трущихся поверхностей:

$$RaD = Rad, \text{ мкм (табл. 45).}$$

Таблица 45

Нормирование шероховатостей поверхности деталей

Характеристика поверхности		Значение параметра Ra , мкм		
		Квалитеты		Жидкостный режим трения
		6–9	10–12	
Посадочные поверхности подшипников скольжения	Вал	0,4–0,8	0,8–3,2	0,1–0,4
	Отверстие	0,8–1,6	1,6–3,2	0,2–0,8

Определяют допускаемую толщину масляного слоя $[h_{\min}]$, мкм:

$$[h_{\min}] = k(4 \cdot RaD + 4 \cdot Rad + \gamma_d), \quad (14)$$

где $k \geq 2$ – коэффициент запаса надёжности по толщине масляного слоя; $\gamma_d = 2-3$ мкм – добавка на неразрывность масляного слоя,

2. Задаются рабочей температурой подшипника t_n при динамической вязкости $\mu = \mu_{\text{табл}}$ (табл. 46).

В соответствии с принятой рабочей температурой t_n динамическую вязкость масла μ , Н с/м², вычисляют по формуле

$$\mu = \mu_{\text{табл}} \frac{(50)^{2,8}}{(t_n)}. \quad (15)$$

Основные смазочные масла для машин и приборостроения

Наименование	Вязкость		Температура		Примечание
	кинематическая, мм ² /с	динамическая, Па·С	вспышки, С°	застывания, С°	
Лёгкие промышленные И-5А (велосит)	4,0–5,0	3,6–4,5	120	–25	Точные механизмы при $\omega = 1\ 500\text{--}2\ 000$ рад/с, приборы КИПиА
Приборные ВМП	6,5–8,0	5,8–7,2	125	–60	Приборы КИПиА, автоматизаторы машин
Средние промышленные И-12К (И-12)	10–14	9–12,6	165	–30	Механизмы с $\omega = 1\ 000$ рад/с, гидросистемы лёгких механизмов
И-20А (И-20)	17–23	15,3–20,7	180	–15	Средние станки при высоких скоростях, пневматика
И-30А (И-30)	28–33	25,2–29,7	190	–15	Все области промышленности (тяжёлые станки, поршневые насосы)
И-40А (И-40)	35–45	31,5–40,5	200	–15	Тяжёлые станки с малыми скоростями
И-50А (И-50)	47–55	42–49,5	200	–20	Осветительные механизмы со скоростью менее 1 м/с и частыми остановками
И-70А (И-65)	65–75	58,5–67,5	200	–10	Зубчатые и червячные передачи, паровые машины при больших нагрузках и малых скоростях
Тяжёлые промышленные:					
цилиндровое 38	32–50	28,8–45	300	+17	
цилиндровое 52	50–70	45–63	310	–5	
Автомобильные:					
АС – 6	≥ 6	$\geq 5,4$	190	–30	Для смазывания автомобильных двигателей, тракторов
АС – 8	$8\pm 0,5$	7,2	200	–25	
АС – 10	$10\pm 0,5$	9	200	–15	
Трансформаторные:					
$T_{\text{кп}}$	9,0	8,1	135	–45	Заливка трансформаторов, масляных выключателей и т. д.
$T_{\text{к}}$	9,8	8,6	135	–45	
Компрессорные:					
К12	11–14	9,9–12,6	216	–25	Смазка поршневых и ротационных компрессоров
К19	17–21	15,3–18,9	245	–5	

3. Определяют величину, зависящую от относительного эксцентриситета X и отношения $\frac{l}{d_h}$.

Значение A_h , ед, при данной толщине масляного слоя h_{\min} вычисляют по формуле

$$A_h = \frac{2 \cdot [h_{\min}]}{d_{\text{н.с}} \sqrt{\frac{\mu \cdot \omega}{P}}}. \quad (16)$$

4. По графику определяют минимальный относительный эксцентриситет X_{\min} при толщине масляного слоя $[h_{\min}]$. Определяют его по найденному значению A_h и отношению $\frac{l}{d_{\text{н.с}}}$ по графику (рис. 95).

5. По найденному значению X_{\min} минимальный допускаемый зазор $[S_{\min}]$, мкм, вычисляют по формуле

$$[S_{\min}] = \frac{2 \cdot [h_{\min}]}{1 - X_{\min}}. \quad (17)$$

Если величина $X_{\min} < 0,3$, то для определения $[S_{\min}]$ поступают так:

а) определяют по графику значение A при $\frac{l}{d_{\text{н.с}}}$ и $X_{\min} = 0,3$ (A_x);

б) минимальный допускаемый зазор $[S_{\min}]$, мкм вычисляют по формуле

$$[S_{\min}] = 2,857 \cdot [h_{\min}] \frac{A_x}{A_h}. \quad (18)$$

6. По найденному значению A_h и отношению $\frac{l}{d_{\text{н.с}}}$ по графику (рис. 95, б) находят максимальный относительный эксцентриситет X_{\max} , при котором толщина масляной плёнки $h = [h_{\min}]$.

Максимальный допускаемый зазор $[S_{\max}]$, мкм, рассчитывают по формуле

$$[S_{\max}] = \frac{2 \cdot [h_{\min}]}{1 - X_{\max}}. \quad (19)$$

7. Для выбора посадки используют дополнительное условие, что средний зазор S_c в посадке должен быть примерно равен оптимальному зазору $S_{\text{опт}}$. Оптимальный зазор $S_{\text{опт}}$, мкм, вычисляют по формуле

$$S_{\text{опт}} = \frac{2 \cdot [h_{\text{мин}}]}{1 - X_{\text{опт}}} \cdot \frac{A_{\text{опт}}}{A_h}, \quad (20)$$

$X_{\text{опт}}$ и $A_{\text{опт}}$ находят по графику (рис. 95).

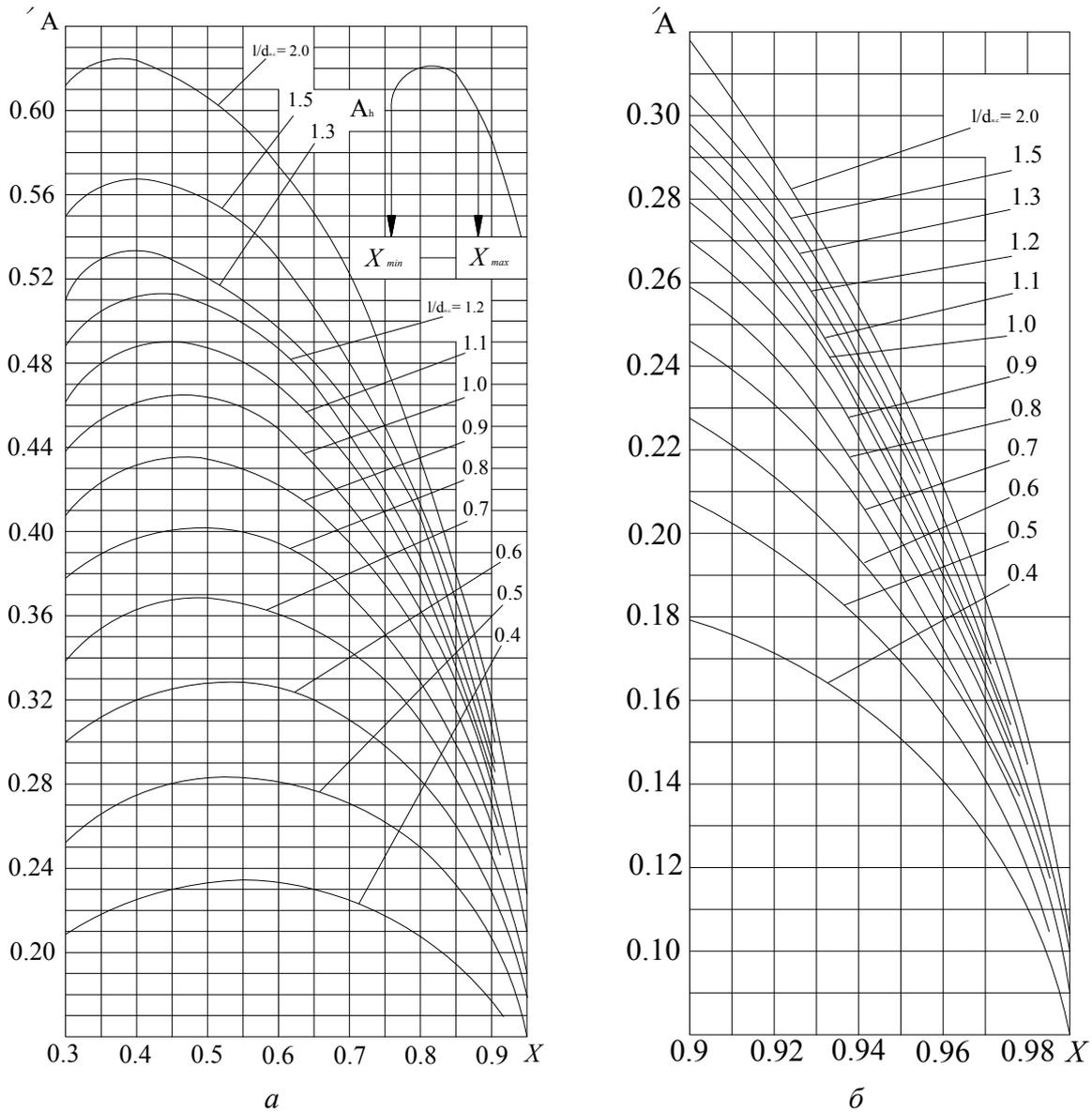


Рис. 95. Значения относительного эксцентриситета X (X_{min} , X_{max} , $X_{\text{опт}}$):
 a – по найденному значению A_h ; b – по отношению $\frac{l}{d_{\text{н.с}}}$

8. Из Справочника «Допуски и посадки» ЕСДП СЭВ (табл. 47–49) в соответствии с нормальным размером соединения (диаметр), при-

держиваясь расчёта зазора и ориентируясь на предельные отклонения (S_{\max}), подбирают в системе отверстия $\frac{H}{e}$, $\frac{H}{f}$, $\frac{H}{h}$ или в системе вала $\frac{E}{h}$, $\frac{E}{h}$, $\frac{C}{h}$ и т. д. стандартную, рекомендованную системой посадку.

Таблица 47

Предельные зазоры в посадках с зазором при размерах от 1 до 500 мм

Номинальные размеры, мм	Посадки в системе отверстия							
	$\frac{H5}{g4}$	$\frac{H5}{h4}$	$\frac{H6}{f6}$	–	$\frac{H6}{g5}$	$\frac{H6}{h5}$	–	$\frac{H7}{d8}$
	Посадки в системе вала							
	$\frac{G5}{h4}$	$\frac{H5}{h4}$	–	$\frac{F7}{h5}$	$\frac{G6}{h5}$	$\frac{H6}{h5}$	$\frac{D8}{h6}$	$\frac{D8}{h7}$
Предельные зазоры S_{\max} , МКМ								
S_{\min}								
От 1 до 3	9	7	18	20	42	10	40	44
	2	0	6	6	2	0	20	20
Св. 3 до 6	13	9	26	27	17	13	56	60
	4	0	10	10	4	0	30	30
Св. 6 до 10	15	10	31	34	20	15	71	77
	5	0	13	13	5	0	40	40
Св. 10 до 18	19	13	38	42	25	19	88	95
	6	0	16	16	6	0	50	50
Св. 18 до 30	22	15	46	50	29	22	111	119
	7	0	20	20	7	0	65	65
Св. 30 до 50	27	18	57	61	36	27	135	144
	9	0	25	25	9	0	80	80
Св. 50 до 80	31	21	68	73	42	32	165	176
	10	0	30	30	10	0	100	100
Св. 80 до 120	37	25	80	86	49	37	196	209
	12	0	36	36	12	0	120	120
Св. 120 до 180	44	30	93	101	57	43	233	248
	14	0	43	43	14	0	145	145
Св. 180 до 250	49	34	108	116	64	49	271	288
	15	0	50	50	15	0	170	170
Св. 250 до 315	56	39	120	131	72	55	303	323
	17	0	56	56	17	0	190	190
Св. 315 до 400	61	43	134	144	79	61	335	356
	18	0	62	62	18	0	210	210
Св. 400 до 500	67	47	148	158	87	67	367	390
	20	0	68	68	20	0	230	230

Продолжение табл. 47

Номинальные размеры, мм	Посадки в системе отверстия							
	$\frac{H7}{e7}$	–	$\frac{H7}{e8}$	$\frac{H7}{f7}$	–	–	$\frac{H7}{g6}$	$\frac{H7}{h6}$
	Посадки в системе вала							
	–	$\frac{E8}{h6}$	$\frac{E8}{h7}$	$\frac{F7}{h7}$	$\frac{F7}{h6}$	$\frac{F8}{h6}$	$\frac{G7}{h6}$	$\frac{H7}{h6}$
Предельные зазоры S_{max} , мкм								
S_{min}								
От 1 до 3	34	34	38	26	22	26	18	16
	14	14	14	6	6	6	2	0
Св. 3 до 6	44	46	50	34	30	36	24	20
	20	20	20	10	10	10	4	0
Св. 6 до 10	55	56	62	43	37	44	29	24
	25	25	25	13	13	13	5	0
Св. 10 до 18	68	70	77	52	45	54	35	29
	32	32	32	16	16	16	6	0
Св. 18 до 30	82	86	94	62	54	66	41	34
	40	40	40	20	20	20	7	0
Св. 30 до 50	100	105	114	75	66	80	50	41
	50	50	50	25	5	25	9	0
Св. 50 до 80	120	125	136	90	79	95	59	49
	60	60	60	30	30	30	10	0
Св. 80 до 120	142	148	161	106	93	112	69	57
	72	72	72	36	36	36	12	0
Св. 120 до 180	165	173	188	123	108	131	79	65
	85	85	85	43	43	43	14	0
Св. 180 до 250	192	201	218	142	125	151	90	75
	100	100	100	50	50	50	15	0
Св. 250 до 315	214	223	243	160	140	169	101	84
	110	110	110	56	56	56	17	0
Св. 315 до 400	239	250	271	176	155	187	111	93
	125	125	125	62	62	62	18	0
Св. 400 до 500	261	272	295	191	171	205	123	103
	135	135	135	68	68	68	20	0

Номинальные размеры, мм	Посадки в системе отверстия								
	$\frac{H8}{d8}$	$\frac{H8}{d9}$	$\frac{H8}{e8}$	$\frac{H8}{e9}$	$\frac{H8}{f7}$	$\frac{H8}{f8}$	$\frac{H8}{f9}$	$\frac{H8}{h7}$	$\frac{H8}{h8}$
	$\frac{H9}{d8}$	$\frac{H9}{d9}$	$\frac{H9}{e8}$	$\frac{H9}{e9}$	$\frac{H9}{f7}$	$\frac{H9}{f8}$	$\frac{H9}{f9}$	$\frac{H9}{h7}$	$\frac{H9}{h8}$
	Посадки в системе вала								
	$\frac{D8}{h8}$	$\frac{D9}{h8}$	$\frac{E8}{h8}$	$\frac{E9}{h8}$	$\frac{F8}{h7}$	$\frac{F8}{h8}$	$\frac{F9}{h8}$	$\frac{H8}{h7}$	$\frac{H8}{h8}$
Предельные зазоры S_{max} , мкм									
S_{min}									
От 1 до 3	48	59	42	53	30	34	45	24	28
	20	20	14	14	6	6	6	0	0
Св. 3 до 6	66	78	56	68	40	46	58	30	36
	30	30	20	20	10	10	10	0	0
Св. 6 до 10	44	98	69	83	50	57	71	37	44
	40	40	25	25	13	13	13	0	0
Св. 10 до 18	104	120	86	102	61	70	86	45	54
	50	50	32	32	16	16	15	0	0
Св. 18 до 30	131	150	106	125	74	86	105	54	66
	65	65	40	40	20	20	20	0	0
Св. 30 до 50	158	181	128	151	89	103	126	64	78
	80	80	50	50	25	25	25	0	0
Св. 50 до 80	192	220	152	180	106	122	150	76	92
	100	100	60	60	30	30	30	0	0
Св. 80 до 120	228	261	180	213	125	144	177	89	108
	120	120	72	72	36	36	36	0	0
Св. 120 до 180	271	308	211	248	146	169	206	103	126
	145	145	85	85	43	43	43	0	0
Св. 180 до 250	314	357	244	287	168	194	237	118	144
	170	170	100	100	50	50	50	0	0
Св. 250 до 315	352	401	272	321	189	218	267	133	162
	190	190	110	110	56	56	56	0	0
Св. 315 до 400	388	439	303	354	208	240	291	146	178
	210	210	125	125	62	62	62	0	0
Св. 400 до 500	424	482	329	387	228	262	320	160	194
	230	230	135	135	68	68	68	0	0

Пример: $\frac{H}{e} \frac{ES}{EI}$ – по табл. 48 «Отклонения отверстий», $\frac{es}{ei}$ – по табл. 49 «Отклонение валов»

*Система отверстия. Предельные отклонения
основных отверстий, при размерах от 1 до 500 мм*

Интервал размеров, мм	Поля допусков								
	H4	H5	H6	H7*	H8*	H9*	H10	H11*	H12
	Предельные отклонения, мкм								
От 1 до 3	+3	+4	+6	+10	+14	+25	+40	+60	+100
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Св. 3 до 6	+4	+5	+8	+12	+18	+30	+48	+75	+120
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Св. 6 до 10	+4	+6	+9	+15	+22	+36	+58	+90	+150
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Св. 10 до 18	+5	+8	+11	+17	+27	+43	+70	+110	+180
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Св. 18 до 30	+6	+9	+13	+21	+33	+52	+84	+130	+210
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Св. 30 до 50	+7	+11	+16	+25	+39	+62	+100	+160	+250
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Св. 50 до 80	+8	+13	+19	+30	+46	+74	+120	+190	+300
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Св. 80 до 120	+10	+15	+22	+35	+54	+87	+140	+220	+350
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Св. 120 до 180	+12	+18	+25	+40	+63	+100	+160	+250	+400
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Св. 180 до 250	+14	+20	+29	+46	+72	+115	+185	+290	+460
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Св. 250 до 315	+16	+23	+32	+52	+81	+130	+210	+320	+520
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Св. 315 до 400	+18	+35	+36	+57	+89	+140	+230	+360	+570
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Св. 400 до 500	+20	+27	+40	+63	+97	+150	+250	+400	+630
	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Примечание. * – предпочтительные поля допусков.

Предельные отклонения валов для посадок с зазором

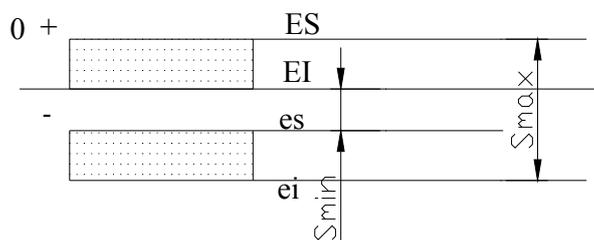
Номинальные размеры, мм	Квалитет						
	6						
	Поля допусков валов						
	(d6)	(e6)	(ef6)	(f6)	(fg6)	(g6)	(h6)
	Предельные отклонения es , мкм ei						
До 1	-20	-14	-10	-6	-4	-2	0
	-26	-20	-16	-12	-10	-8	-6
От 1 до 3	-20	-14	-10	-6	-4	-2	0
	-26	-20	-16	-12	-10	-8	-6
Св. 3 до 6	-30	-20	-14	-10	-6	-4	0
	-38	-28	-22	-18	-14	-12	-8
Св. 6 до 10	-40	-25	-18	-13	-8	-5	0
	-49	-34	-27	-22	-17	-14	-9
Св. 10 до 18	-50	-32	-	-16	-	-6	0
	-61	-43	-	-27	-	-17	-11
Св. 18 до 30	-65	-40	-	-20	-	-7	0
	-78	-53	-	-33	-	-20	-13
Св. 30 до 50	-80	-50	-	-25	-	-9	0
	-96	-66	-	-41	-	-25	-16
Св. 50 до 80	-100	-60	-	-30	-	-10	0
	-119	-79	-	-49	-	-29	-19
Св. 80 до 120	-120	-72	-	-36	-	-12	0
	-142	-94	-	-58	-	-34	-22
Св. 120 до 180	-145	-85	-	-43	-	-14	0
	-170	-110	-	-68	-	-39	-25
Св. 180 до 250	-170	-100	-	-50	-	-15	0
	-199	-129	-	-79	-	-44	-29
Св. 250 до 315	-190	-110	-	-56	-	-17	0
	-222	-142	-	-88	-	-49	-32
Св. 315 до 400	-210	-125	-	-62	-	-18	0
	-246	-161	-	-98	-	-54	-36
Св. 400 до 500	-230	-135	-	-68	-	-20	0
	-270	-175	-	-108	-	-60	-40

Номинальные размеры, мм	Квалитет							
	7							
	Поля допусков валов							
	<i>cd7</i>	<i>(d7)</i>	<i>e7</i>	<i>(ef7)</i>	<i>f7</i>	<i>fg7</i>	<i>(g7)</i>	<i>h7</i>
	Предельные отклонения <i>es</i> , мкм <i>ei</i>							
До 1	-34	-20	-14	-10	-6	-4	-	0
	-44	-30	-24	-20	-16	-14		-10
От 1 до 3	-	-20	-14	-10	-6	-	-2	0
		-30	-24	-20	-16		-12	-10
Св. 3 до 6	-	-30	-20	-14	-10	-	-4	0
		-42	-32	-26	-22		-16	-12
Св. 6 до 10	-	-40	-25	-18	-13	-	-5	0
		-55	-40	-33	-28		-20	-15
Св. 10 до 18	-	-50	-32	-	-16	-	-6	0
		-68	-50		-34		-24	-18
Св. 18 до 30	-	-65	-40	-	-20	-	-7	0
		-86	-61		-41		-28	-21
Св. 30 до 50	-	-80	-50	-	-25	-	-9	0
		-105	-75		-50		-34	-25
Св. 50 до 80	-	-100	-60	-	-30	-	-10	0
		-130	-90		-60		-40	-30
Св. 80 до 120	-	-120	-72	-	-36	-	-12	0
		-155	-107		-71		-47	-35
Св. 120 до 180	-	-145	-85	-	-43	-	-14	0
		-185	-125		-83		-54	-40
Св. 180 до 250	-	-170	-100	-	-50	-	-15	0
		-216	-146		-96		-61	-46
Св. 250 до 315	-	-190	-110	-	-56	-	-17	0
		-242	-162		-108		-69	-52
Св. 315 до 400	-	-210	-125	-	-62	-	-18	0
		-267	-182		-119		-75	-57
Св. 400 до 500	-	-230	-135	-	-68	-	-20	0
		-293	-198		-131		-83	-63

Номиналь- ные размеры, мм	Квалитет									
	8							9		
	<i>c8</i>	<i>cd8</i>	<i>d8</i>	<i>e8</i>	<i>(ef8)</i>	<i>f8</i>	<i>h8</i>	<i>(a9)</i>	<i>(b9)</i>	<i>(c9)</i>
	Предельные отклонения <i>es</i> , мкм <i>ei</i>									
До 1	–	–34	–20	–14	–10	–6	0	–	–	–
		–48	–34	–28	–24	–20	–14			
От 1 до 3	–60	–	–20	–14	–10	–6	0	–270	–140	–60
	–74		–34	–28	–24	–20	–14	–295	–165	–85
Св. 3 до 6	–70	–	–30	–20	–14	–10	0	–270	–140	–70
	–88		–48	–38	–32	–28	–18	–300	–170	–100
Св. 6 до 10	–80	–	–40	–25	–18	–13	0	–280	–150	–80
	–102		–62	–47	–40	–35	–22	–316	–186	–116
Св. 10 до 18	–95	–	–50	–32	–	–16	0	–290	–150	–95
	–122		–77	–59	–	–43	–27	–330	–193	–138
Св. 18 до 30	–110	–	–65	–40	–	–20	0	–300	–160	–110
	–143		–98	–73	–	–53	–33	–352	–212	–162
Св. 30 до 40	–120	–	–80	–50	–	–25	0	–310	–170	–120
	–159		–119	–89	–	–64	–39	–372	–232	–182
Св. 40 до 50	–130	–	–80	–50	–	–25	0	–320	–180	–130
	–169		–119	–89	–	–64	–39	–382	–242	–192
Св. 50 до 65	–140	–	–100	–60	–	–30	0	–340	–190	–140
	–186		–146	–106	–	–76	–46	–414	–264	–214
Св. 65 до 80	–150	–	–100	–60	–	–30	0	–360	–200	–150
	–196		–146	–106	–	–76	–46	–434	–274	–224
Св. 80 до 100	–170	–	–120	–72	–	–36	0	–380	–220	–170
	–224		–174	–126	–	–90	–54	–467	–307	–257
Св. 100 до 120	–180	–	–120	–72	–	–36	0	–410	–240	–180
	–234		–174	–126	–	–90	–54	–497	–327	–267
Св. 120 до 140	–200	–	–145	–85	–	–43	0	–460	–260	–200
	–263		–208	–148	–	–106	–63	–560	–360	–300
Св. 140 до 160	–210	–	–145	–85	–	–43	0	–520	–280	–210
	–273		–208	–148	–	–106	–63	–620	–380	–310
Св. 160 до 180	–230	–	–145	–85	–	–43	0	–580	–310	–230
	–293		–208	–148	–	–106	–63	–680	–410	–330

Номинальные размеры, мм	Квалитет									
	8							9		
	<i>c8</i>	<i>cd8</i>	<i>d8</i>	<i>e8</i>	<i>(ef8)</i>	<i>f8</i>	<i>h8</i>	<i>(a9)</i>	<i>(b9)</i>	<i>(c9)</i>
	Предельные отклонения <i>es</i> , мкм <i>ei</i>									
Св. 180 до 200	-240	—	-170	-100	—	-50	0	-660	-340	-240
	-312	—	-242	-172	—	-122	-72	-775	-455	-355
Св. 200 до 225	-260	—	-170	-100	—	-50	0	-740	-380	-260
	-332	—	-242	-172	—	-122	-72	-855	-495	-375
Св. 225 до 250	-280	—	-170	-100	—	-50	0	-820	-420	-280
	-352	—	-242	-172	—	-122	-72	-935	-535	-395
Св. 250 до 280	-300	—	-190	-110	—	-56	0	-920	-480	-300
	-382	—	-271	-191	—	-137	-81	-1050	-610	-430
Св. 280 до 315	-330	—	-190	-110	—	-56	0	-1050	-540	-330
	-411	—	-271	-191	—	-137	-81	-1180	-670	-460
Св. 315 до 355	-360	—	-210	-125	—	-62	0	-1200	-600	-360
	-449	—	-299	-214	—	-151	-89	-1340	-740	-500
Св. 355 до 400	-400	—	-210	-125	—	-62	0	-1350	-680	-400
	-489	—	-299	-214	—	-151	-89	-1490	-820	-540
Св. 400 до 450	-440	—	-230	-135	—	-68	0	-1500	-760	-440
	-537	—	-327	-232	—	-165	-97	-1655	-915	-595
Св. 450 до 500	-480	—	-230	-135	—	-68	0	-1650	-840	-480
	-577	—	-327	-232	—	-165	-97	-1805	-995	-635

9. Делают проверку оптимального зазора $S_{\text{опт}}$:



$$S_c = \frac{S_{\text{max}} + S_{\text{min}}}{2} \approx S_{\text{опт}}. \quad (21)$$

10. Если данные (частота вращения вала h , рабочая температура подшипника t_n , величина давления смазки P и т. д.) о подшипниковом узле отсутствуют, то при расчёте радиального зазора и подборе посадки можно воспользоваться упрощённой формулой

$$S_{\text{рад}} = (0,0005 \div 0,0015) \cdot d_{\text{н.с}}, \text{ мкм} . \quad (22)$$

При этом условия подбора посадки не меняются.

11. Боковой зазор B , мкм, между вкладышем и валом в плоскости разъёма принимают равным половине радиального зазора:

$$B = \frac{1}{2} \cdot S . \quad (23)$$

12. Величину осевого зазора e между галтелями вала и вкладышем подшипника скольжения либо упорным подпятником скольжения принимают исходя из предположения, что вал удлиняется при нагреве на 40°C на $0,5$ мм на 1 м длины.

2.4.2. Оборудование и приборы

В качестве опытной установки собран стенд сборки валов и вкладышей (рис. 96, 97). Тонкостенные вкладыши и крышки подшипников взяты от автомобиля, вал подобран по диаметру. В стенде представлены подшипники, работающие в условиях жидкостного трения, и упорные подпятники скольжения, фиксирующие осевые перемещения вала.

Помимо демонстрационного значения стенд предусматривает проведение опытов по проверке радиального зазора, бокового зазора, осевого зазора.

2.4.3. Порядок выполнения работы

Расчёт измеряемых параметров следует проводить в соответствии с вариантом, данным в табл. 50.

Для определения зазора на шейку вала положить свинцовую проволочку диаметром $0,5$ – 1 мм. Собрать подшипник и затянуть крышку. Затем разобрать подшипник и микрометром измерить свинцовый оттиск, величина которого и будет фактической величиной радиального зазора $S_{\text{факт}}$ и $S_{\text{расч}}$ величины, и в случае необходимости отрегулировать зазор подкладыванием прокладок из тонкого листового железа в плоскость разъёма между крышкой и корпусом.

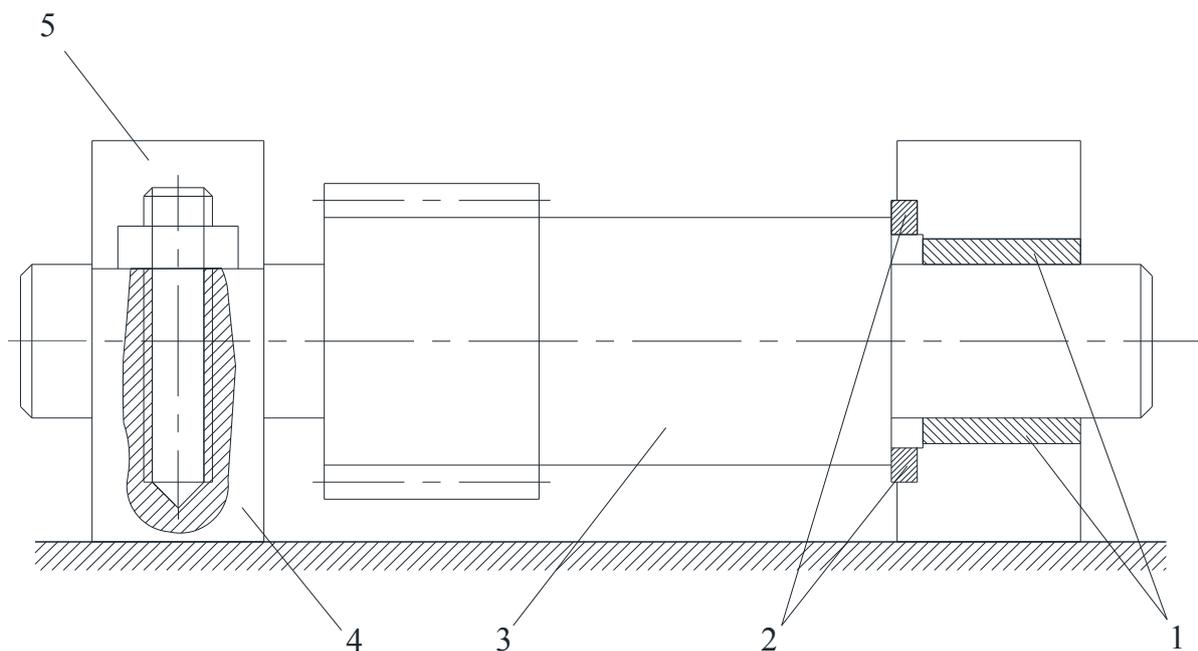


Рис. 96. Схема установки для сборки валов и вкладышей: 1 – верхний и нижний вкладыши подшипника; 2 – верхний и нижний вкладыши упорных подпятников скольжения; 3 – вал-шестерня; 4 – корпус подшипника; 5 – крышка корпуса

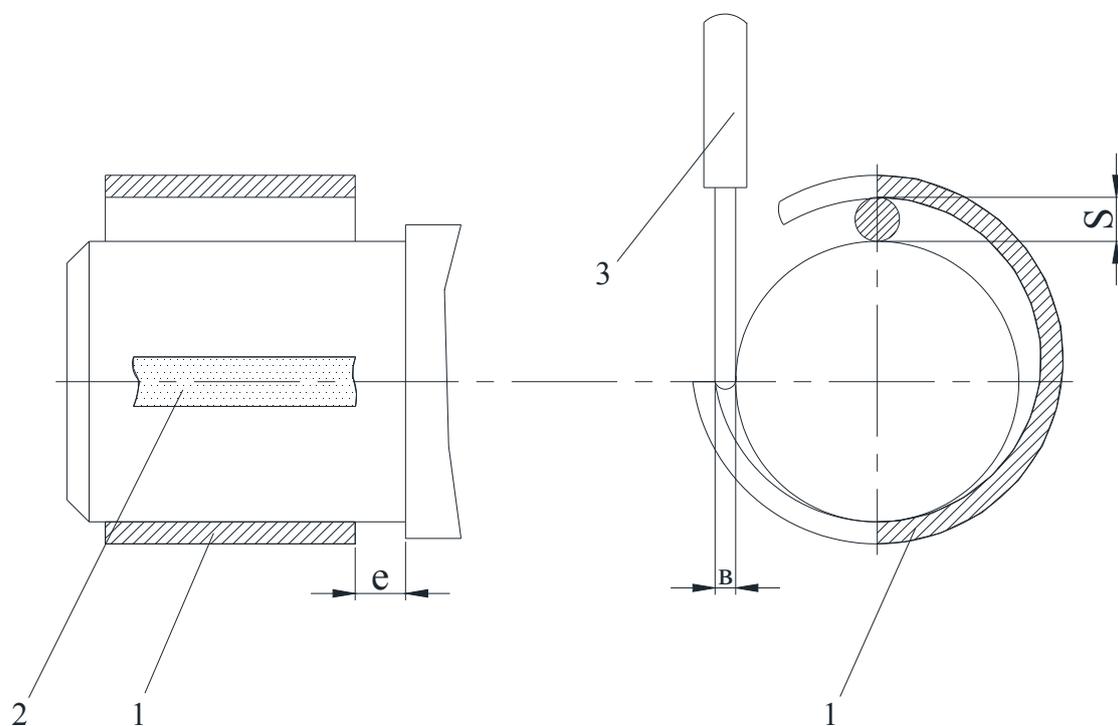


Рис. 97. Измерение зазоров в подшипнике скольжения:
1 – вкладыши; 2 – свинцовая проволока $\varnothing 0,5 - 1$ мм; 3 – плоский щуп

Варианты расчета

Номер работы	Номинальный диаметр соединения	Длина подшипника	Система и сорт смазки	Рабочая температура подшипника	Скорость вращения вала
	$d_{н.с.}$, мм	l , мм	Марка	t_n , °C	ω , рад/с
1	60	25	АС-8	60	575,9
2	60	25	22Л	50	157
3	60	25	АС-6	45	325
4	60	25	АС-10	70	750
5	60	25	И12-К	80	500
6	60	25	И30-А	80	795
7	60	25	И50-А	60	1100
8	60	25	И70-А	70	1250
9	60	25	И5-А	60	1500
10	60	25	И5-А	60	2000

2.4.4. Пример расчета

Дано: Подшипники жидкостного трения и вал, номинальный диаметр соединения $d_{ном.с} = 60$ мм, $l = 25$ мм – длина подшипника.

Смазка централизованная маслом марки АС-8 для смазки автомобильных двигателей.

$t_n = 60$ °C – рабочая температура подшипника.

$\omega = 575,9$ рад/с – скорость вращения узла ($n = 5\ 500$ об/мин)

Расчёт посадки выполняем в следующей последовательности.

1. Задаёмся высотами неровностей трущихся поверхностей вала и вкладыша (табл. 45):

$$Rad = 0,8 \text{ мкм} - \text{вал,}$$

$$RaD = 0,8 \text{ мкм} - \text{вкладыш.}$$

Допускаемую толщину масляного слоя $[h_{min}]$, мкм, вычисляем по формуле

$$[h_{min}] = k(4 \cdot RaD + 4 \cdot Rad + \gamma_d) \approx 2(4 \cdot 0,8 + 4 \cdot 0,8 + 2) \cdot 10^{-5} = 16,8 \cdot 10^{-5} = 16,8 \text{ мкм,}$$

где $k \geq 2$ – коэффициент запаса надёжности; $\gamma_d = 2$ – добавка на неразрывность масляного слоя.

2. Зададимся рабочей t° подшипника $t_{\text{п}} = 60^\circ\text{C}$ при $\mu = \mu_{\text{табл}}$ (табл. 46). Выберем из табл. 46 значения $\mu_{\text{табл}} = 7,2 \cdot 10^{-3} \text{ Н} \cdot \text{С/мм}$ при $t_{\text{п}} = 50^\circ\text{C}$.

В соответствии с принятой рабочей температурой динамическую вязкость масла μ , Н с/м^2 , вычислим по формуле

$$\mu = \mu_{\text{табл}} \frac{(50)^{2,8}}{(60)} = 7,2 \cdot 10^{-3} \frac{(50)^{2,8}}{(60)} = 4,3 \cdot 10^{-3} \text{ Н с/м}^2.$$

3. Значение A_h определим по формуле

$$A_h = \frac{2 \cdot [h_{\text{min}}]}{d_{\text{н.с}} \sqrt{\frac{\mu \cdot \omega}{P}}} = \frac{2 \cdot 16,8 \cdot 10^{-6}}{60 \cdot 10^{-3} \sqrt{\frac{4,3 \cdot 10^{-3} \cdot 575,9}{0,6 \cdot 10^6}}} = 0,216.$$

4. Предварительно найдём отношение $\frac{l}{d_{\text{н.с}}} = \frac{25}{60} = 0,4$.

5. По диаграмме на рис. 80 найдём, используя значения $A_h = 0,216$ и $\frac{l}{d_{\text{н.с}}} = 0,4$, минимальный относительный эксцентриситет $X_{\text{min}} \geq 0,3$, $X_{\text{min}} = 0,32$.

Минимальный допускаемый зазор $[S_{\text{min}}]$, мкм, вычислим по формуле

$$[S_{\text{min}}] = \frac{2 \cdot [h_{\text{min}}]}{1 - X_{\text{min}}} = \frac{2 \cdot 16,8 \cdot 10^{-6}}{1 - 0,32} = 49,4 \cdot 10^{-6} = 49 \text{ мкм}.$$

6. По значениям $A_h = 0,216$ и $\frac{l}{d_{\text{н.с}}} = 0,4$ найдём максимальный эксцентриситет $X_{\text{max}} = 0,78$ (рис. 78).

Максимальный допускаемый зазор $[S_{\text{max}}]$, мкм, вычислим по формуле

$$[S_{\text{max}}] = \frac{2 \cdot [h_{\text{min}}]}{1 - X_{\text{max}}} = \frac{2 \cdot 16,8 \cdot 10^{-6}}{1 - 0,78} = 152 \cdot 10^{-6} = 152 \text{ мкм}.$$

7. Минимальный S_{min} , мкм, и максимальный S_{max} , мкм, зазоры определим по формуле

$$S_{\text{min}} = [S_{\text{min}}] = 49 \text{ мкм},$$

$$S_{\text{max}} = [S_{\text{max}}] - 8 \cdot (Rad + RaD) = 152 - 8 \cdot (0,8 + 0,8) = 139 \text{ мкм}.$$

При выборе посадки используем условие, что средний зазор S_c посадки примерно равен оптимальному $S_{\text{опт}}$:

$$S_{\text{опт}} = \frac{2 \cdot [h_{\text{min}}]}{1 - X_{\text{опт}}} \cdot \frac{A_{\text{опт}}}{A_h} = \frac{2 \cdot 16,8 \cdot 10^{-6}}{1 - 0,55} \cdot \frac{0,235}{0,216} = 81 \text{ мкм.}$$

Значение $A_{\text{опт}} = 0,235$ найдем по графику, представленному на рис. 82;

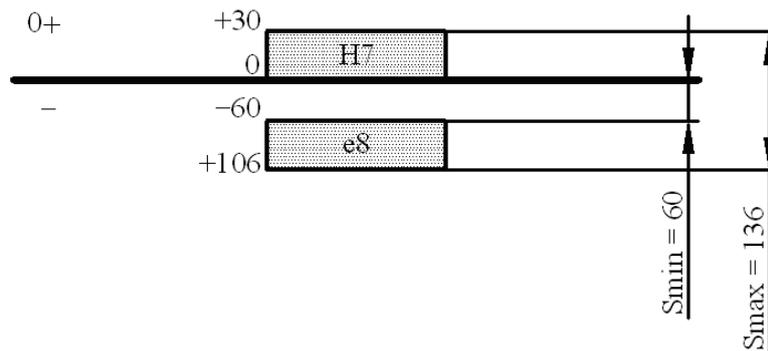
$$X_{\text{опт}} = 0,55.$$

8. Используя табл. 46, определим, что условиям подбора посадки соответствует предпочтительная посадка в системе отверстия:

$$(+30)$$

$$\text{Ø}60 \frac{H7}{e8} \begin{matrix} (0) \\ (-60) \end{matrix}$$

$$(-106)$$



Средний зазор S_c , мкм, вычислим по формуле

$$S_c = \frac{136 + 60}{2} = 98 \text{ мкм} \approx S_{\text{опт}}.$$

9. Боковой зазор B , мкм, найдем по формуле

$$B = \frac{S_c}{2} = \frac{98}{2} = 49 \text{ мкм.}$$

10. Осевой зазор e принимаем равным $e = 0,30$ мм.

Опытной установкой (в соответствии с методикой) проводим измерение; расчётные и измеренные данные заносим в таблицу:

Расчётные зазоры				Действительные измеренные		
$S_{\text{опт. расч.}}$, мкм	S средний стандартный, мкм	B , мкм	B , мкм	$S_{\text{ф.}}$, мкм	B , мкм	e , мкм
81	98	49	50	170	40	350

Составление отчёта

На основании методики следует рассчитать оптимальный зазор в подшипнике, назначить посадку из ряда стандартных, провести исследования зазоров на опытной установке; все полученные значения свести в таблицу.

2.5. Учебно-исследовательская работа 5 Проверка соосности валов

Цель работы: изучение основных операций при проверке соосности и центровки секций валов, определение отклонений валов от соосности и анализ полученных результатов.

2.5.1. Общие сведения

Центрирование валов включает две операции: выверку линии валов и устранение всех видов смещений (рис. 98).

В действительности центрируют между собой не валы, а установленные на них муфты. Соосность секций валов проверяют скобами или индикаторами при четырех положениях вала с углом поворота через 90° . При проверке соосности один вал принимают за основной А, второй за центрируемый вал Б.

Запись результатов замеров производят по круговой диаграмме (рис. 99).

Абсолютные значения переводят в относительные, принимая их начальные значения за нуль.

Сумму замеров проверяют равенствами

$$a_1 + a_2 = a_3 + a_4 \text{ и } S_1 + S_2 = S_3 + S_4.$$

Радиальные смещения вала А относительно вала Б вычисляют по следующим формулам:

а) в горизонтальной плоскости – по формуле

$$S_r = \frac{S_3 - S_4}{2}, \text{ мм}; \quad (24)$$

б) в вертикальной плоскости – по формуле

$$S_B = \frac{S_1 - S_2}{2}, \text{ мм}; \quad (25)$$

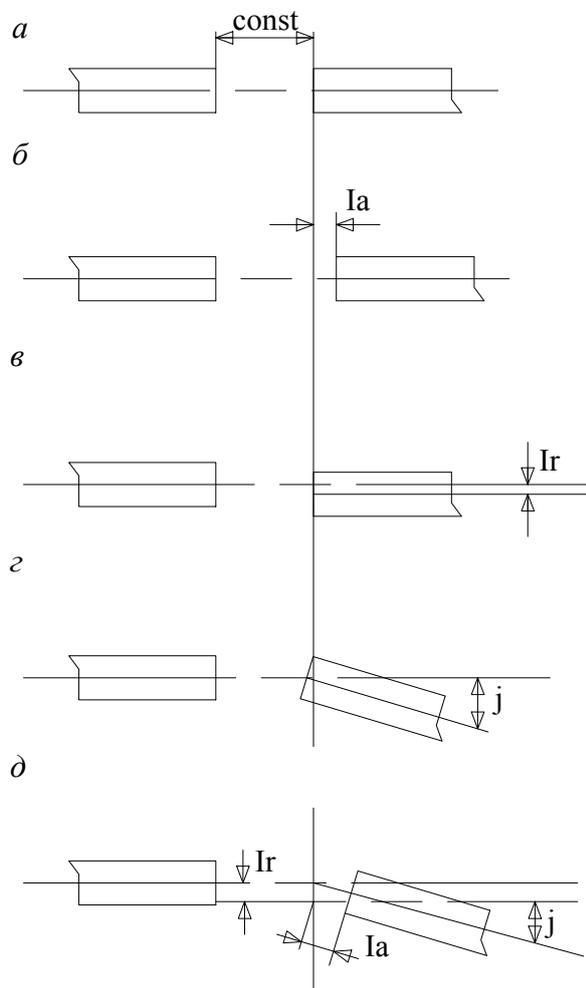


Рис. 98. Возможные смещения валов:
a – идеальное соосное положение;
б – осевое смещение I_a ; *в* – радиальное смещение I_r ; *г* – угловое смещение j ;
д – комбинированное смещение I_a, I_r, j

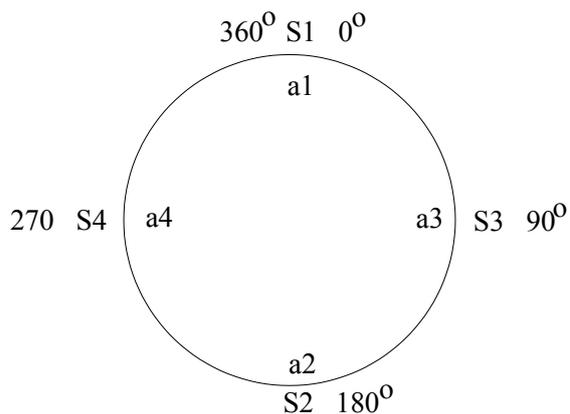


Рис. 99. Запись замеров

в) в пространстве – по формуле

$$S = \sqrt{S_r^2 + S_B^2}, \text{ мм}. \quad (26)$$

Угловое смещение вала А относительно вала Б вычисляют по формулам:

а) в горизонтальной плоскости – по формуле

$$\operatorname{tg} \beta_r = \frac{a_3 - a_4}{2D}, \quad \text{мм}; \quad (27)$$

б) в вертикальной плоскости – по формуле

$$\operatorname{tg} \beta_B = \frac{a_1 - a_2}{2D}, \quad \text{мм}; \quad (28)$$

в) в пространстве – по формуле

$$\operatorname{tg} \beta = \sqrt{\operatorname{tg}^2 \beta_r + \operatorname{tg}^2 \beta_B}, \quad \text{мм}, \quad (29)$$

где D – диаметр, на котором производились замеры.

Величину смещения опор центрируемого вала (рис. 100) вычисляют следующим образом:

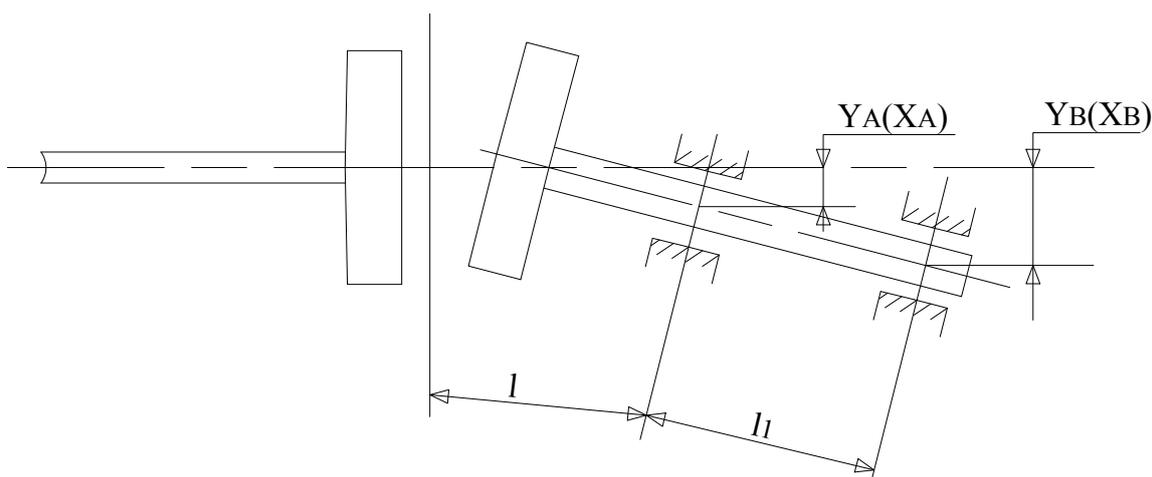


Рис. 100. Схема смещения опор вала для обеспечения центровки

а) в вертикальной плоскости – по формулам

$$Y_A = \frac{I}{D}(a_3 - a_4) + \frac{S_3 - S_4}{2}, \quad \text{мм}, \quad (30)$$

$$Y_B = \frac{I + I_1}{2} Y_A, \quad \text{мм}, \quad (31)$$

а также по альтернативным формулам

$$Y_A' = S_B + I \operatorname{tg} \beta_B, \quad (32)$$

$$Y_A' = S_B + I_1 \operatorname{tg} \beta_B \quad (33)$$

б) в горизонтальной плоскости – по формулам

$$X_A = \frac{I}{D}(a_1 - a_2) + \frac{S_1 - S_2}{2}, \text{ мм}, \quad (34)$$

$$Y_B = \frac{I + I_1}{2} X_A, \text{ мм}, \quad (35)$$

а также по альтернативным формулам

$$X'_A = S_r + I \operatorname{tg} \beta_r, \quad (36)$$

$$X'_B = S_r + I_1 \operatorname{tg} \beta_r. \quad (37)$$

2.5.2. Оборудование и приборы

Опытная установка приведена на рис. 101.

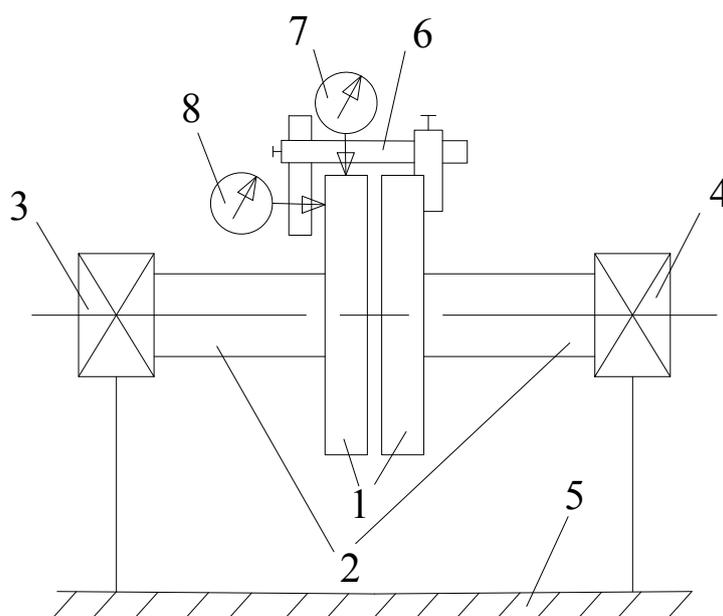


Рис. 101. Схема опытной установки для определения отклонений от соосности валов

В схеме опытной установки присутствуют полумуфты 1 втулочно-пальцевые, соединяющие секцию валов 2. Валы установлены в корпусах подшипников качения 3 и 4. Корпуса подшипников опираются на опору 5. На валу крепится приспособление 6, в котором предусмотрены крепления для установки индикаторов 7 и 8.

Данную установку можно использовать только для определения отклонений от соосности валов. Измерительный инструмент – индикаторы часового типа.

2.5.3. Порядок выполнения работ

1. Устанавливают индикаторное приспособление на выбранный за основной вал А (рис. 101).

2. Вставляют в индикаторное приспособление измерительные головки, делают натяг (1 оборот стрелки) и фиксируют винтовыми упорами.

3. Проводят измерения, поворачивая валы совместно, последовательно через 90° снимая замеры с измерительных головок. При этом нужно следить, чтобы штифты индикаторов упирались в одни и те же площадки, которые помечают мелом.

4. Результаты замеров записывают в круговые диаграммы (рис. 102) при различных углах поворота:

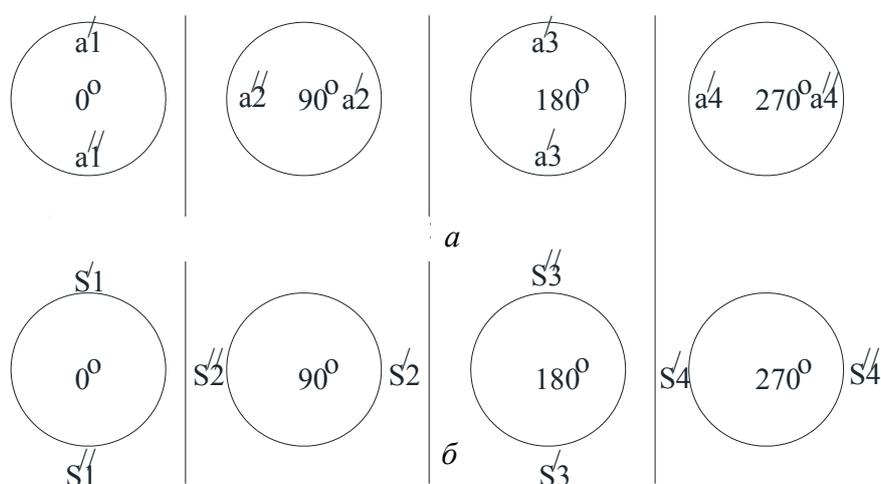


Рис. 102. Условная запись замеров при проверке соосности валов: a – форма записи торцевых зазоров, b – форма записи радиальных зазоров: a'_1 ; a'_2 ; a'_3 ; a'_4 – торцевые зазоры, мкм; S'_1 ; S'_2 ; S'_3 ; S'_4 – радиальные зазоры, мкм

5. Для увеличения точности замеров проводят измерения на противоположном конце диаметра полумуфта. При этом индикаторное приспособление перенастраивают на противоположное положение диаметра, сняв и установив его с другой стороны полумуфта. После чего операцию измерения повторяют, записывая результаты измере-

ний в те же условные диаграммы, но с противоположной стороны от ранее измеренных (рис. 102, где a_1'' ; a_2'' ; a_3'' ; a_4'' – торцевые зазоры, мкм; S_1'' ; S_2'' ; S_3'' ; S_4'' – радиальные зазоры, мкм).

6. Затем составляют расчетную схему замеров.

По приведенным формулам в круговых диаграммах (рис. 103, а, б) зазоры рассчитывают и заносят в результирующую круговую диаграмму (рис. 103, в). Сумму замеров проверяют равенствами:

$$a_1 + a_2 = a_3 + a_4 \text{ – для торцевых зазоров,}$$

$$S_1 + S_2 = S_3 + S_4 \text{ – для радиальных зазоров.}$$

7. Форма записи и расчета радиальных зазоров та же, что и торцевых зазоров (рис. 103).

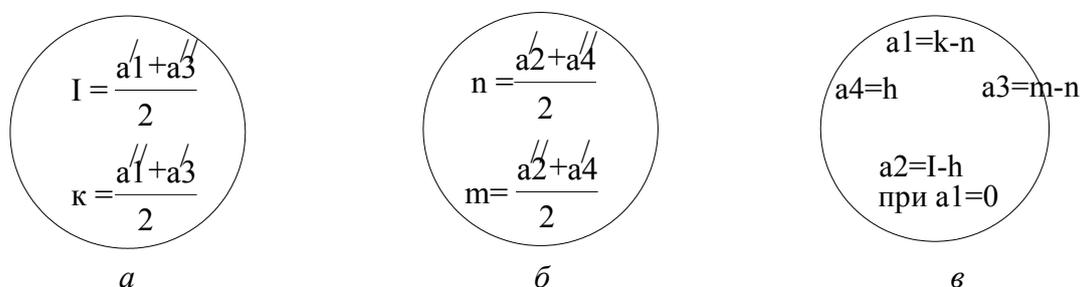


Рис. 103. Расчетная схема записей замеров торцевых зазоров:
а, б – расчетные; в – результирующая

8. С помощью формул 24–29 рассчитывают и определяют отклонения валов от соосности. Сравнивают их с допускаемыми (табл. 51).

9. При расхождении расчетных и табличных данных рассчитывают смещение валов с целью улучшения их соосности по формулам 30–37.

Таблица 51

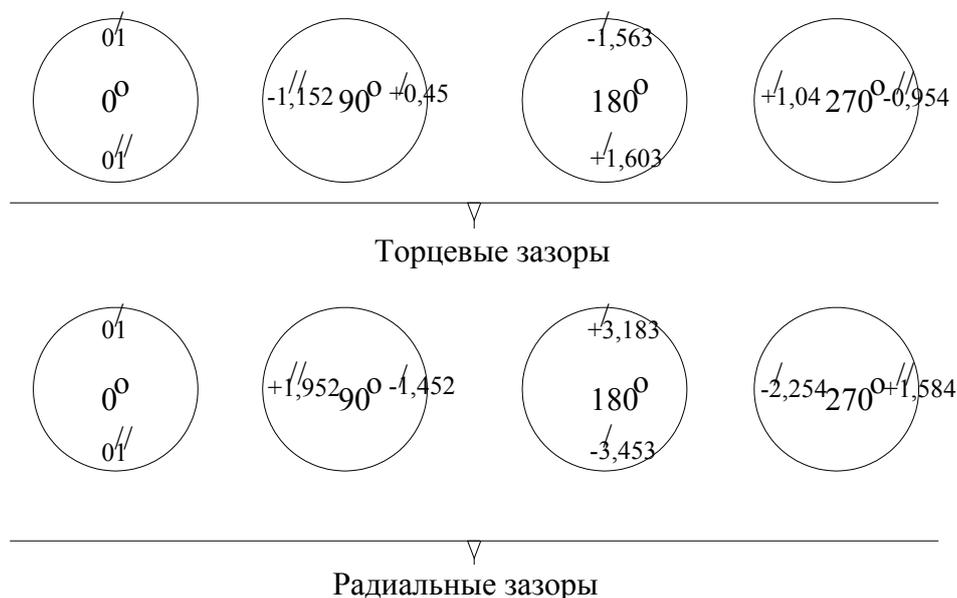
Допуски на несоосность валов, мм

Диаметр муфты, мм	Зубчатые и пружинные муфты				Примечание
	Быстроходный вал		Тихоходный вал		
	Радиальное	Угловое	Радиальное	Угловое	
До 290	0,25	0,001	0,50	0,002	Для упругих втулочно-пальцевых муфт радиальное смещение в 2 раза меньше, чем у зубчатых того же размера, угловое смещение – то же
320	0,27	(1мм/м)	0,55	(2 мм/м)	
350	0,32		0,66		
380	0,39		0,77		
430	0,4		0,80		
490	0,45		0,90		
545	0,49		0,97		
590	0,60		1,2		

При расчетах следует измерить диаметры полумуфта D , расстояние l (рис. 98), величину l принять равной $l = 500$ мм.

2.5.4. Пример расчета

1. Проводим измерение отклонения от соосности вала Б относительно вала А на стенде, показания индикаторов сводим в круговые диаграммы:



1. Расчетная схема

$$I = \frac{0I + (-1,563)}{2} = 0,78$$

$$k = \frac{0I + (-3,45)}{2} = -1,72$$

$$n = \frac{+0,45 + (-0,95)}{2} = -0,25$$

$$m = \frac{1,952 + (-2,25)}{2} = -0,15$$

2. Результирующая

$$a1 = k - h = 1,50$$

$$a4 = h = 0,25 \quad a3 = m - h = +0,10$$

$$a2 = I - h = -0,53$$

Проверка:

$$a_1 + a_2 = a_3 + a_4,$$

$$-1,50 + (-0,53) \neq 0,10 + (-0,25).$$

Радиальные зазоры:

1. Расчетная схема

2. Результирующая

$$I = \frac{01+3,183}{2} = 1,59$$

$$k = \frac{01+(-3,45)}{2} = -1,72$$

$$h = \frac{-1,452+1,584}{2} = 0,06$$

$$m = \frac{1,952+(-2,25)4}{2} = -0,15$$

$$S1=k-h=-1,78$$

$$S4=h=0,06 \quad S3=m-h=-1,17$$

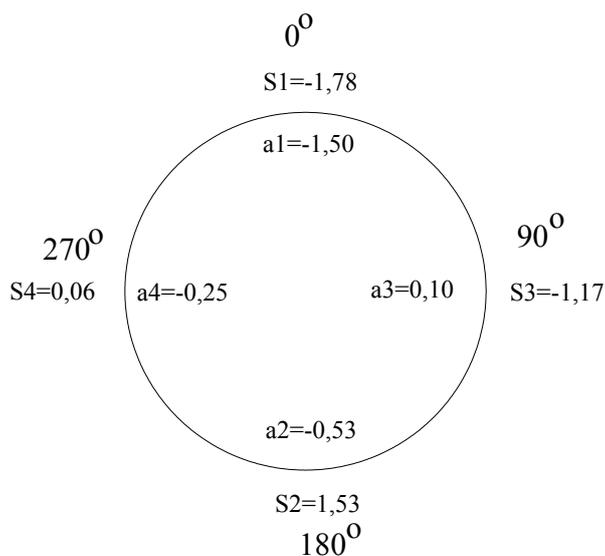
$$S2=I-h=1,53$$

Проверка:

$$S_1 + S_2 = S_3 + S_4,$$

$$-1,78 + 1,53 \neq -1,17 + 0,06.$$

2. Сводим полученные расчеты в общую результирующую схему:



3. Определяем радиальные смещения вала Б относительно вала А:

а) в горизонтальной плоскости

$$S_r = \frac{S_3 - S_4}{2} = \frac{-1,17 - 0,06}{2} = 0,6 \text{ мм};$$

б) в вертикальной плоскости

$$S_B = \frac{S_1 - S_2}{2} = \frac{-1,78 - 1,53}{2} = -1,6 \text{ мм}.$$

4. Вычисляем угловое смещение вала Б относительно вала А:

а) в горизонтальной плоскости

$$\operatorname{tg} \beta_r = \frac{a_3 - a_4}{2D} = \frac{0,10 - (-0,25)}{2 \cdot 124} = 0,0014 \text{ мм};$$

б) в вертикальной плоскости

$$\operatorname{tg} \beta_B = \frac{a_1 - a_2}{2D} = \frac{-1,50 - (-0,53)}{2 \cdot 124} = 0,0039 \text{ мм},$$

где D – диаметр, на котором производились замеры, $D = 124$ мм

5. Находим величины смещения опор центрируемого вала:

а) в вертикальной плоскости

$$Y_A = \frac{I}{D}(a_3 - a_4) + \frac{S_3 - S_4}{2} = \frac{200}{124}(0,10 - (-0,25)) + \frac{-1,17 - 0,06}{2} = -0,05 \text{ мм} -$$

смещение опоры подшипника, ближайшего к полумуфте;

$$Y_B = \frac{I + I_1}{2} Y_A = \frac{200 + 500}{200}(-0,05) = -0,17 \text{ мм} - \text{ смещение опоры}$$

подшипника второй по счету от муфты,

где I – замеренное расстояние от торца полумуфты до ближайшей опоры, $I = 200$ мм; I_1 – принятое расстояние между 1-й и 2-й опорами, $I_1 = 500$ мм;

б) в горизонтальной плоскости

$$X_A = \frac{I}{D}(a_1 - a_2) + \frac{S_1 - S_2}{2} = \frac{200}{124}(-1,50 - (-0,53)) + \frac{-1,78 - 1,53}{2} = -3,13 \text{ мм} -$$

горизонтальное смещение опоры ближайшего к муфте подшипника;

$$X_B = \frac{I + I_1}{2} X_A = \frac{200 + 500}{200}(-3,15) = -11,02 \text{ мм} - \text{ смещение вто-}$$

рой по счету полумуфты опоры.

6. Результаты расчетов сводят в таблицу:

Отклонение валов от соосности фактические, мм				Допускаемые, мм		Смещение опор с целью улучшения соосности, мм			
Радиальные		Угловые		Радиальные, мм	Угловые, мм	Горизонтальные		Вертикальные	
S_r	S_B	$\operatorname{tg} \beta_B$	$\operatorname{tg} \beta_B$			X_A	X_B	Y_A	Y_B
0,6	-1,6	0,0014	0,0039	0,25	0,001	-3,15	-11,02	-0,05	-0,17

Составление отчета

В соответствии с методикой (п. 1.2, 1.4) провести измерения, определить отклонения валов от соосности, величины смещения валов с целью улучшения соосности, результаты исследований занести в таблицу.

2.6. Учебно-исследовательская работа 6 Статическая балансировка деталей

2.6.1. Цель и задачи статической балансировки

Не следует забывать, что основным недостатком статической балансировки, заключающийся в невозможности обнаружить моментную неуравновешенность роторов, устранить нельзя. Поэтому область применения в технике статической балансировки роторов ограничена. В настоящее время статическая балансировка используется для уравнивания роторов дискообразной формы, некоторых узлов, вращающихся с малыми скоростями, а также когда единственной целью уравнивания является приведение центра массы детали на ось вращения.

Требования к оборудованию для статической балансировки

Статическая балансировка представляет собой специфическую технологическую операцию, состоящую из двух этапов: измерения величины и угловой координаты неуравновешенности. Оборудование для статической балансировки должно иметь устройства для измерения неуравновешенности и ее устранения, причем лучшим вариантом решения будет объединение этих устройств в общем агрегате.

Задачей балансировки является получение статически уравновешенного ротора, поэтому основным, определяющим качество уравнивания, будет эффективность измерения неуравновешенности. Это накладывает на измерительные приборы, а также на устройство для устранения и на агрегат в целом ряд требований, для удовлетворения которых

балансировочное оборудование должно обладать соответствующей разрешающей способностью, точностью и производительностью.

В настоящее время уравнивание роторов производится или в статическом, или в динамическом режиме. В первом случае во время балансировочного процесса ротор только поворачивается на небольшие углы, а во втором – вращается с постоянной угловой скоростью. Нами будет рассмотрена методика статической балансировки в статическом режиме.

В большинстве случаев балансировочное оборудование, кроме специального, предназначено для балансировки группы роторов, масса которых изменяется в некотором интервале. Измерительное устройство должно обеспечивать получение заданной точности на всем диапазоне, охватывающем данную группу роторов. Если измерение параметров статической неуравновешенности ротора производится с помощью балансировочного устройства, работающего в режиме статики, то точность измерения определяется уровнем ошибок, вносимых трением, возникающим между опорными шейками ротора или его оправкой и направляющими. При балансировке трение препятствует ротору занять однозначное положение устойчивого равновесия и этим ограничивает чувствительность балансировочного устройства к малым неуравновешенностям.

Конструкция балансировочного устройства должна обладать жесткостью, не допускающей деформацию его при нагружении ротором. Качество обработки и точность изготовления направляющих, точность установки их в горизонтальной плоскости, параллельность и совпадение осей опор также определяют качество работы балансировочного оборудования первого вида.

Чаще всего статической балансировке подвергают дисковые роторы, не имеющие опорных шеек, и установка их на балансировочный станок выполняется с применением технологического вала, называемого оправкой. Собственная неуравновешенность оправки и погрешность ее изготовления также вносят ошибки в измерение параметров статической неуравновешенности ротора. Так, например, смещение оси оправки относительно ее шеек при балансировке в статическом режиме или оси оправки относительно оси шпинделя при балансировке в динамическом режиме на 0,01 мм вносит ошибку в процессе измерения величины см/кг. Следовательно, балансировочную неуравновешенность ротора, равную 1 гр. оборудование должно

иметь устройство, позволяющее исключить влияние собственной неуравновешенности оправки или шпинделя на точность измерения статической неуравновешенности ротора.

Конструкция балансировочного оборудования должна обеспечивать удобный отсчет величины угловой координаты неуравновешенности. Настройка оборудования, работающего в статическом режиме, несложна и сводится к точной установке его в горизонтальной плоскости, тщательной выверке параллельности направляющих и обеспечению совпадения осей опор [1]. Балансировочное оборудование и связанное с ним устройство для удаления неуравновешенности должны быть надежны. Следовательно, механическая система балансировочного устройства должна быть простой, несложной и надежной в эксплуатации, не требующей точной выверки или установки, состоять по возможности из унифицированных узлов и деталей, легко заменяемых при поломке и износе.

Механическую и измерительную системы необходимо защищать от проникновения влаги, металлической пыли, стружки и попадания в движущиеся части других посторонних предметов. Процесс установки, крепления и съема балансируемых роторов должен быть простым и обеспечивать надежное крепление ротора.

2.6.2. Устройство и принцип работы стенда

Всем перечисленным в предыдущей главе требованиям удовлетворяет разработанная нами конструкция учебно-исследовательского стенда «Статическая балансировка вращающихся деталей горной техники», представленная на рис 104.

Устройство стенда

Основными узлами стенда являются: основание; весовой механизм; поворотный механизм; механизм регулировки чувствительности весов; механизм подъема весов.

Основание состоит из рамы 1 (рис. 104) с жестко закрепленной на ней плитой 2 и является несущей конструкцией всего стенда. На плите закреплены две призмы 3, азимутальная шкала 4 и шкала моментов, проградуированная в безразмерных (условных) единицах. На призмах устанавливается весовой механизм, состоящий из фланца 7,

на котором установлены седла призм 8 и стержни 9 с подвижными грузами 10. На стержнях нанесены деления через 5 мм для отсчета показаний положения грузов. Во избежание спадания грузов со стержней на их концы навинчены ограничители 11, являющиеся и стрелками для отсчета показаний шкалы моментов.

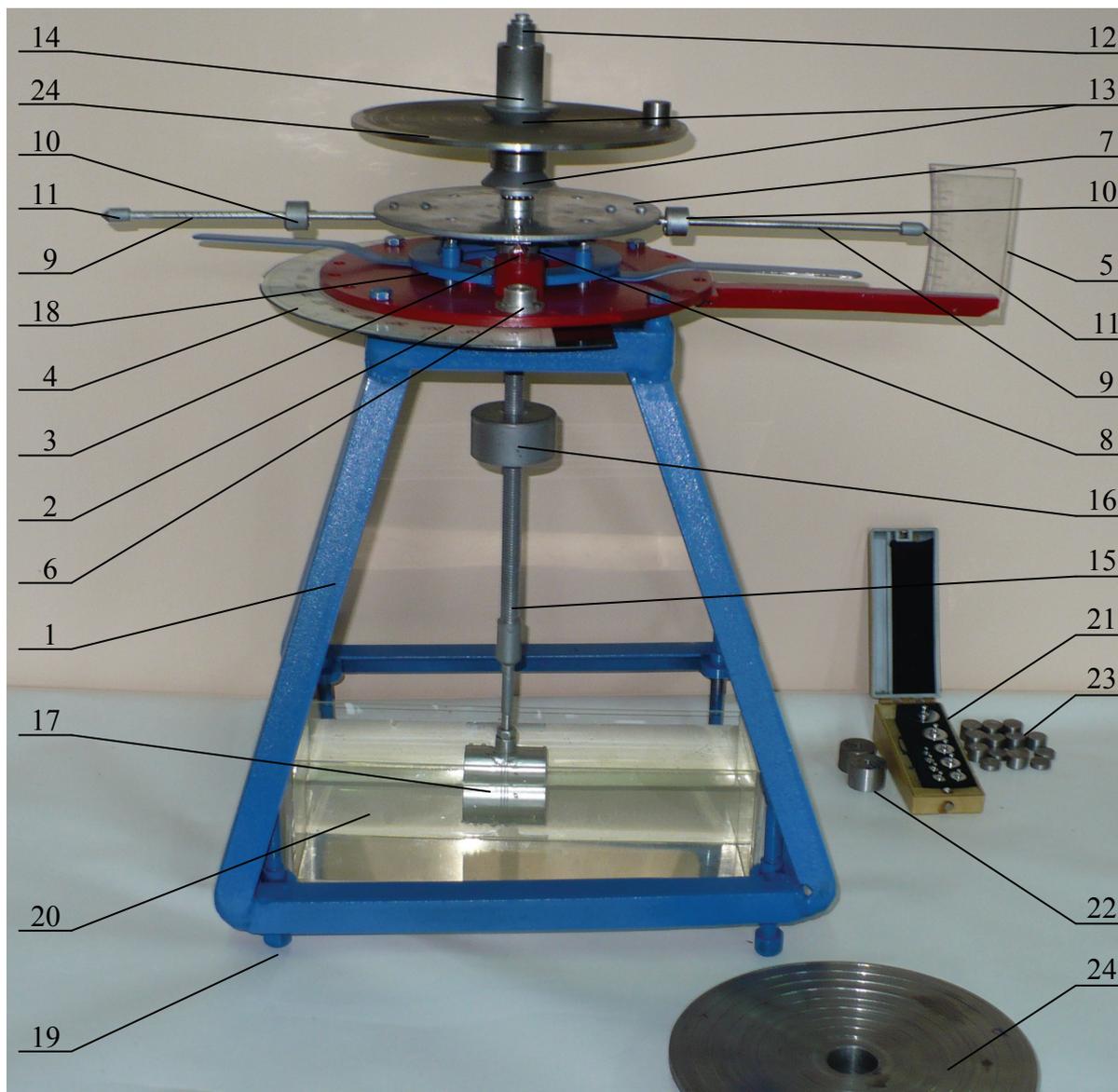


Рис. 104. Стенд для статической балансировки вращающихся деталей: 1 – рама; 2 – плита; 3 – призма; 4 – шкала азимута; 5 – шкала момента; 6 – круговой уровень; 7 – фланец; 8 – седло; 9 – стержень; 10 – подвижные грузы; 11 – стрелки-ограничители; 12 – поворотный механизм; 13 – конусные втулки; 14 – гайка; 15 – винт; 16 – груз; 17 – демпфер; 18 – механизм подъема; 19 – винтовая опора; 20 – емкость с демпфирующей жидкостью; 21 – разновесы (1–100 г); 22 – дополнительные подвижные грузы; 23 – набор балансировочных грузов; 24 – балансируемые изделия

В верхней части фланца расположен поворотный механизм 12, с помощью которого установленное на нем балансируемое изделие может поворачиваться вокруг своей оси на 360° в горизонтальной плоскости. Балансируемое изделие на поворотном механизме закрепляется с помощью двух конусных втулок 13 и гайки 14. Применение конусных втулок позволяет закреплять балансируемые изделия с посадочными отверстиями разного диаметра.

В нижней части фланца по центру расположен длинный винт 15, по которому может перемещаться груз 16, служащий для перевода общего центра тяжести весового механизма и балансируемого изделия в плоскость, лежащую ниже опор (призм), а также для выбора оптимальной чувствительности весового механизма.

На нижний конец винта 15 устанавливается демпфер, погруженный в жидкость с высокой вязкостью (масло, глицерин и т. д.). Жидкость заливается в емкость 20.

Для снятия весового механизма с призм в конструкции стенда предусмотрен механизм подъема 18. Он служит для жесткого закрепления весового механизма при установке или снятии балансируемых изделий.

Для того чтобы установить весовой механизм стенда в горизонтальную плоскость, его опоры 19 снабжены резьбой и могут выворачиваться из основания или вворачиваться в него. Контроль горизонтальности осуществляется с помощью кругового уровня 6.

Для проведения балансировочных работ на стенде он комплектуется разновесами 21 массой 1–100 г и набором балансировочных грузов 23.

Для расширения возможностей балансировки тяжелых изделий к стенду прилагается комплект более тяжелых подвижных грузов 22.

Принцип работы стенда

Принцип работы балансировочного стенда основан на измерении координат и величины избыточных масс в изделиях, имеющих форму тел вращения с центральными посадочными отверстиями, с последующим удалением или компенсацией этих масс.

Величина и координаты избыточной массы измеряются на равноплечих весах, снабженных поворотным механизмом, на котором устанавливается изделие (рис. 104).

Процесс балансировки состоит из нескольких этапов:

- подготовки стенда к работе;
- проведении измерений координат и величины избыточной массы;
- удалении или компенсации избыточной массы;
- проверки качества балансировки.

2.6.3. Методика статической балансировки вращающихся деталей на стенде

Подготовка стенда к работе

На первом этапе подготовки к работе плита стенда 2 устанавливается в горизонтальной плоскости с помощью винтовых опор 19. Точность установки контролируется с помощью кругового уровня 6. При этом весовой механизм может быть поднят с призм и зафиксирован с помощью механизма подъема.

Далее на поворотный механизм 12 устанавливаются конусные втулки 13 и гайка 14 (без изделия). Подвижные грузы (левый и правый 10) устанавливаются на нулевые отметки шкал, нанесенных на стержни 9 с шагом 5 мм. Груз 16 по винту 15 поднимается или опускается в зависимости от веса балансируемого изделия (чем больше вес изделия, тем ниже опускается груз, и, наоборот, чем меньше вес изделия, тем выше поднимается груз). Эта операция носит предварительный характер.

Положение груза может корректироваться в зависимости от необходимой и достаточной чувствительности весового механизма. Выполнив эту операцию, весовой механизм устанавливается на призмы и разблокируется с помощью механизма подъема. Тем самым он приводится в рабочее состояние.

Следующий этап подготовки заключается в балансировке собственно весового механизма. Данная операция проводится посредством перемещения левого подвижного груза 10 по стержню 9 до установки правой стрелки 11 в нулевое положение по шкале моментов 5. Затем, поворачивая поворотный механизм вокруг оси, определяют положение, при котором присутствует самый большой дисбаланс (если таковой имеет место), и в этом положении поворотного механизма производится корректировка балансировки левым подвижным грузом.

Состояние весов в равновесии (нулевые показания стрелки) при обходе поворотного механизма на 360° свидетельствует о качественной настройке балансирующего стенда и готовности его к работе.

Завершающим этапом подготовки является снятие весового механизма с призм и его фиксация путем поворота механизма подъема 18 против часовой стрелки до упора.

Проведение измерений координат и избыточной массы балансируемых изделий

После проведения подготовительных операций на поворотный механизм 12 устанавливается балансируемое изделие 24 между конусными втулками 13 и туго зажимается гайкой 14, как показано на рис. 104.

Далее весовой механизм устанавливается на призмы путем поворота механизма подъема по часовой стрелке до упора.

Затем, поворачивая поворотный механизм с изделием вокруг своей оси, добиваются наибольшего разбаланса весов по шкале моментов сил 5. Если стрелка весов при этом выходит за пределы шкалы, то чувствительность весов уменьшают, опуская груз 16 по винту 15, а если стрелка отклоняется на небольшую величину, то чувствительность весов увеличивают, поднимая груз. При небольшом разбалансе весов избыточная масса балансируемого изделия лежит в плоскости, проходящей через ось вращения балансируемого изделия перпендикулярно плоскости опор, т. е. совпадает с направлением стержней. Для удобства дальнейшей работы на изделии (в его торце или другом удобном месте) маркером ставится метка. Таким образом, определяется угловая координата расположения избыточной массы.

Следующим этапом является соответственно балансировка изделия путем установки на изделие балансирующих грузов 23 или разновесов 21 со стороны, противоположной расположению избыточной массы, добиваясь нулевых показаний стрелки по шкале моментов сил.

Предварительное качество балансировки оценивается путем поворота изделия на 360° с выбранным шагом (например, 10° , 20°), при этом равновесие весов не должно нарушаться. (Стрелка должна оставаться на нулевой отметке шкалы.)

Затем весы снимаются с призм и фиксируются механизмом подъема. Место установки балансирующих грузов помечается маркером, и фиксируется их вес.

Удаление или компенсация избыточной массы балансируемых изделий

Компенсация избыточной массы производится в месте установки балансировочных грузов путем крепления к изделию груза, равного по весу балансировочным грузам. Крепление груза может осуществляться как механически, с помощью винтовых соединений, клепки, запрессовки и т. д., так и с помощью пайки, заливки металлами с большим удельным весом (свинец, олово), сварки.

Удаление избыточной массы производится в месте, диаметрально противоположном установке балансировочных грузов. Удаление может осуществляться как с помощью механической обработки (сверление, фрезеровка, обработка абразивом и т. д.), так и химическим или электрохимическим травлением.

Если при проведении работ на данном этапе не используется механическая обработка, то балансируемое изделие может не сниматься с балансировочного стенда.

Проверка качества балансировки

Последним этапом балансировочных работ является проверка качества балансировки. Для этого изделие устанавливается на поворотный механизм стенда и выполняются операции, описанные в п. 2.6.2. При обходе изделием вокруг оси полного оборота (360°) с заданным шагом (10, 15, 20) равновесие весов не должно нарушаться. Если избыточная масса изделия не полностью компенсирована или удалена, то повторяют операции по п. 2.6.2–2.6.4, при необходимости несколько раз увеличивая чувствительность весового механизма путем подъема груза (рис. 104, 16) по винту (рис. 104, 15).

2.6.4. Выполнение исследований на балансировочном стенде

Исследования на балансировочном стенде проводились с целью уточнения его технических характеристик и оценки погрешностей измерений избыточной массы балансируемых изделий.

Порядок проведения исследований

Проведение исследований, как и проведение работ по балансировке, состоит из нескольких этапов, а именно:

- подготовки стенда к работе;
- определения цены деления шкалы моментов силы;
- снятия зависимости моментов сил избыточной массы изделия от угла поворота изделия в горизонтальной плоскости (вокруг своей оси);
- обработки результатов измерений;
- оформления отчета о проведенных исследованиях.

Подготовка стенда к работе

Подготовка балансировочного стенда к работе ничем не отличается от подготовки его к балансировочным работам и подробно описана в п. 2.6.3.

Определение цены деления шкалы моментов сил

После проведения подготовительных операций на поворотный механизм 12 устанавливается балансируемое изделие 24 между конусными втулками 13 и туго зажимается гайкой 14, как показано на рис. 104.

Дальнейшие операции рассмотрим на примере исследований конкретного изделия 24. Изделие имеет форму тела вращения диаметром 240 мм, весом 1,5 кг, с посадочным отверстием диаметром 25 мм.

Далее весовой механизм устанавливается на призмы путем поворота механизма подъема по часовой стрелке до упора. Затем, поворачивая поворотный механизм с изделием вокруг своей оси, добиваются наибольшего разбаланса весов по шкале моментов сил 5. Если стрелка весов при этом выходит за пределы шкалы, то чувствительность весов уменьшают, опуская груз 16 по винту 15, а если стрелка отклоняется на небольшую величину, то чувствительность весов увеличивают, поднимая груз. Таким образом добиваются оптимальной чувствительности весов для проведения измерений применительно к конкретному изделию.

После того, как чувствительность весов подобрана, приступают к определению цены деления шкалы моментов сил. Для этого плоскость расположения избыточной массы совмещают с плоскостью призм весового механизма, при этом весы приходят в равновесие. (Стрелка устанавливается на ноль шкалы.)

Для определения цены деления шкалы сдвигаем правый подвижный груз 10 по стержню 9 вправо таким образом, чтобы стрелка

отклонилась на целое, по возможности максимальное число делений. В нашем конкретном случае при перемещении подвижного груза весом 31 г на расстояние по стержню 125 мм стрелка отклонилась на 5 делений:

- вес груза $P = 31$ г;
- изменение плеча весов $L = 125$ мм;
- отклонение стрелки – 5 делений.

Таким образом, момент сил M_r , отклонивший стрелку на 5 делений, равен

$$M_r = P \cdot L = 31 \text{ г} \cdot 125 \text{ мм} = 3875 \text{ г} \cdot \text{мм} \quad (38)$$

Цена деления шкалы момента сил $M_{ц}$ соответственно равна

$$M_{ц} = M_r / K = 3875 / 5 = 775 \text{ г} \cdot \text{мм}. \quad (39)$$

Снятие зависимости моментов сил избыточной массы от угла поворота изделия вокруг своей оси

После того, как мы определили цену деления шкалы моментов сил для данного конкретного изделия, возвращаем подвижный груз 10 в исходное положение на нулевую отметку шкалы, нанесенной на стержень, и приступаем к снятию зависимости моментов сил избыточной массы изделия от угла поворота.

Напомним, что изделие на поворотном механизме установлено так, что плоскость, проходящая через ось вращения изделия и центр тяжести его избыточной массы, совпадает с плоскостью призмы, т. е. весовой механизм находится в равновесии. На изделии в нулевой точке шкалы азимутов (в плоскости призмы) маркером ставится метка.

Далее, поворачивая изделие последовательно на 20° (совмещая метку на изделии с отметками шкалы азимутов, кратными 20°), делаем полный оборот изделия (360°), занося при этом показания стрелки весов по шкале моментов в табл. 52. Для оценки случайных погрешностей измерений эту операцию проводим пять раз.

Обработка результатов исследований

По результатам пяти измерений, занесенных в табл. 52, по строкам вычисляем среднее значение показаний (стб. 8). Далее в каждой строке вычисляем наибольшую из пяти абсолютную погрешность однократного измерения (стб. 9) как разность показаний, наиболее отличающихся от среднего значения.

Результаты исследований

№ п/п	Угол поворота, град	Показания по шкале моментов								M, г·мм
		1 измерение	2 измерение	3 измерение	4 измерение	5 измерение	среднее	\Delta	\delta	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0
3	20	-1,6	-1,6	-1,5	-1,4	-1,4	-1,50	0,10	0,07	-1162,5
4	40	-2,6	-2,6	-2,5	-2,4	-2,5	-2,52	0,08	0,03	-1953,0
5	60	-3,6	-3,5	-3,5	-3,5	-3,4	-3,50	0,10	0,03	-2712,5
6	80	-4,0	-4,0	-4,0	-4,0	-4,0	-4,00	0,00	0,00	-3100,0
7	90	-4,2	-4,3	-4,2	-4,3	-4,2	-4,24	0,06	0,01	-3286,0
8	100	-4,0	-4,0	-4,0	-4,0	-4,0	-4,00	0,00	0,00	-3100,0
9	120	-3,5	-3,6	-3,5	-3,5	-3,4	-3,50	0,10	0,03	-2712,5
10	140	-2,5	-2,6	-2,5	-2,5	-2,4	-2,50	0,10	0,04	-1937,5
11	160	-1,6	-1,5	-1,4	-1,5	-1,4	-1,48	0,12	0,08	-1147,0
12	180	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0
13	200	+1,5	+1,6	+1,5	+1,5	+1,5	+1,52	0,08	0,05	+1178,0
14	220	+2,5	+2,5	+2,5	+2,4	+2,5	+2,48	0,08	0,03	+1922,0
15	240	+3,6	+3,5	+3,4	+3,6	+3,4	+3,50	0,10	0,03	+2712,5
16	260	+4,0	+4,1	+4,0	+4,0	+3,9	+4,00	0,10	0,03	+3100,0
17	270	+4,3	+4,3	+4,2	+4,2	+4,2	+4,24	0,06	0,01	+3286,0
18	280	+4,0	+4,1	+4,0	+4,0	+4,0	+4,02	0,08	0,02	+3115,5
19	300	+3,5	+3,5	+3,5	+3,5	+3,4	+3,48	0,08	0,02	+2697,0
20	320	+2,5	+2,6	+2,5	+2,4	+2,5	+2,50	0,10	0,04	+1937,5
21	340	+1,5	+1,6	+1,5	+1,4	+1,5	+1,50	0,10	0,07	+1162,5
22	360	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0

Например, в стр. 7 во втором и четвертом измерении (стб. 4, 6) имеем показания 4,3, отнимая среднее значение (стб. 8), получаем 0,06.

Далее находим относительную погрешность однократного измерения по каждой строке, разделив соответствующую абсолютную погрешность Δ на среднее значение показаний шкалы. Результаты вычислений занесены в стб. 10.

Выводы и рекомендации

На основании обработки результатов измерений мы можем сделать вывод о том, что относительная погрешность измерений уменьшается с приближением плоскости, в которой расположена избыточная масса к 90° (270°), т. е. в плоскости, перпендикулярной плоскости опор (призм), и составляет в нашем случае 1% табл. 52 (стр. 7 и 17). Чем ближе плоскость избыточной массы приближается к плоскости опор, тем точность измерений уменьшается. Например, при 160° (стр. 11) погрешность составляет 8 %.

В целом приведенная погрешность однократного измерения, вычисленная как частное от деления наибольшей абсолютной погрешности (стб. 9, стр. 11) $\Delta = 0,12$. На наибольшее среднее значение показаний шкалы (стб. 8, стр. 7,17), равное 4,24, равна 2,8 %.

На основании данных табл. 52 (стб. 11) для наглядности анализа результатов исследований можно построить график в координатах моментов сил избыточной массы исследуемого изделия от угла расположения плоскости избыточной массы относительно плоскости опор (призм) (рис. 105).

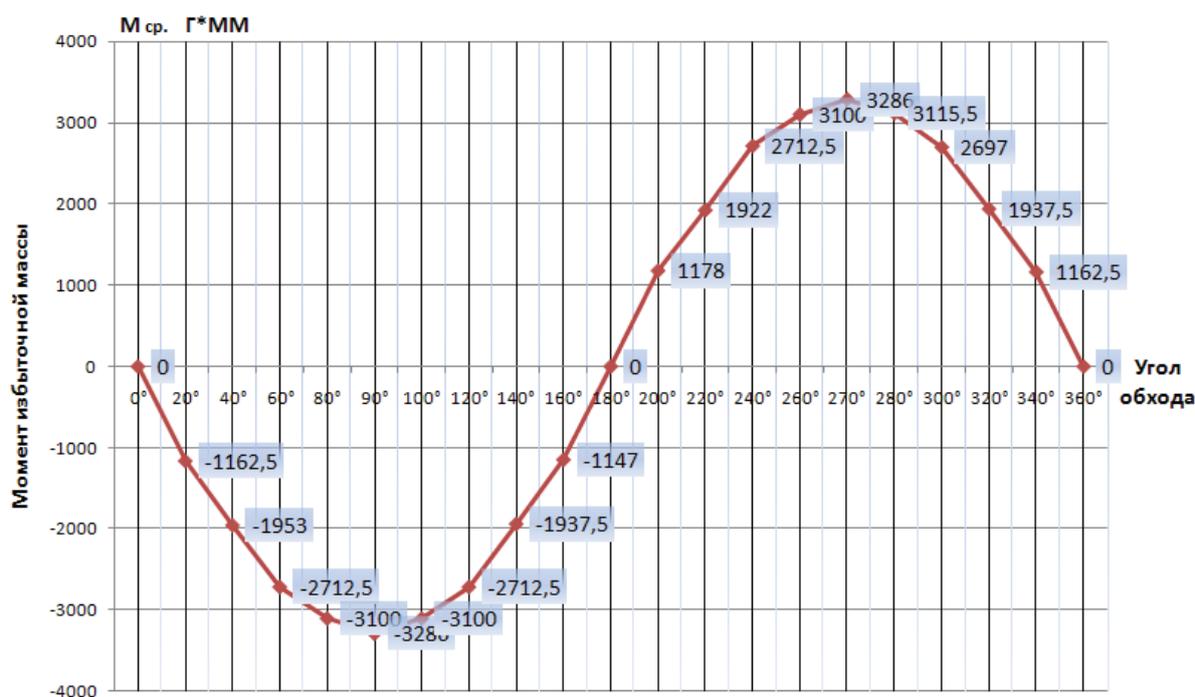


Рис. 105. Зависимость моментов избыточной массы от угла обхода

Если при исследованиях изделия данный график будет иметь несимметричный характер, то можно сделать вывод о том, что в изде-

лии кроме статической неуравновешенности присутствует и динамическая неуравновешенность. Как видно из обзорной главы, такой вид неуравновешенности нельзя устранить статической балансировкой. В этом случае необходимо применить динамическую балансировку.

Оформление отчета о выполненных исследованиях

Отчет о выполненных исследованиях должен содержать в себе несколько пунктов:

- цель проведения исследований (техническое задание);
- параметры исследуемого изделия (при необходимости чертеж или эскиз);
- краткое описание и технические характеристики оборудования, на котором будут проводиться исследования;
- результаты исследований в виде таблиц, графиков;
- выводы.

2.7. Учебно-исследовательская работа 7 Исследование такелажной оснастки для сборочных и монтажных работ

Цель работы: изучить и исследовать такелажную оснастку для монтажных работ.

Задачи работы:

1. Изучить классификацию такелажного оборудования.
2. Ознакомиться с видами чалочных узлов и способами их строповки на крановые подвески. Научиться завязывать чалочные узлы.
3. Изучить устройство и принцип работы ручной рычажной лебедки и научиться ею пользоваться.
4. Сделать расчет усилий в канатах и выбор стропов. Результаты занести в таблицу.
5. Приобрести практические и теоретические навыки по такелажной оснастке.

Приборы и оборудование: стенды такелажного оборудования и оснастки (рис. 106); модель ручной рычажной лебедки.

На стенде размещены следующие схемы:

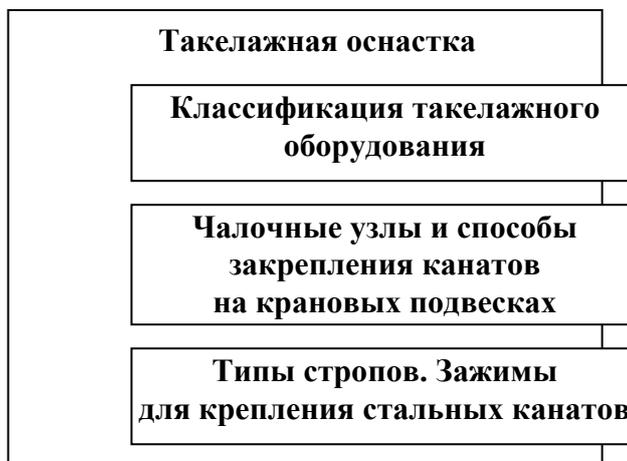


Рис. 106. Структура стенда такелажной оснастки

2.7.1. Классификация такелажного оборудования

Такелажные работы – это операции по захвату и освобождению, подъему и опусканию, перемещению, удержанию на весу груза при его монтаже, ремонте, погрузке и выгрузке. По мере повышения уровня заводской готовности и блочности поставляемого в монтаже оборудования, индустриализации монтажа и ремонта, увеличения массы поднимаемых и перемещаемых грузов роль и значение такелажных работ растут.

Такелажное оборудование имеет широкую номенклатуру, значительное распространение и повышенную грузоподъемность: от 100 до 1 000 т.

По мере переноса большей части сборочных операций на заводы-изготовители и в ремонтные цеха доля такелажных работ в общей трудоемкости монтажа и ремонта неуклонно растет.

Такелажное оборудование различают (рис. 107) по назначению, роли в такелажных работах (пассивная – средства, устройства; активная – механизмы и машины), подвижности, конструкции привода, виду используемой для перемещения среды (суша, воды, воздуха) и физических явлений [18, 19].

Классификация грузоподъемных кранов определена СТ СЭВ 723–77 (рис. 107). Краны классифицируют по конструкции (стрелового и мостового типа и с несущим канатами), по подвижности

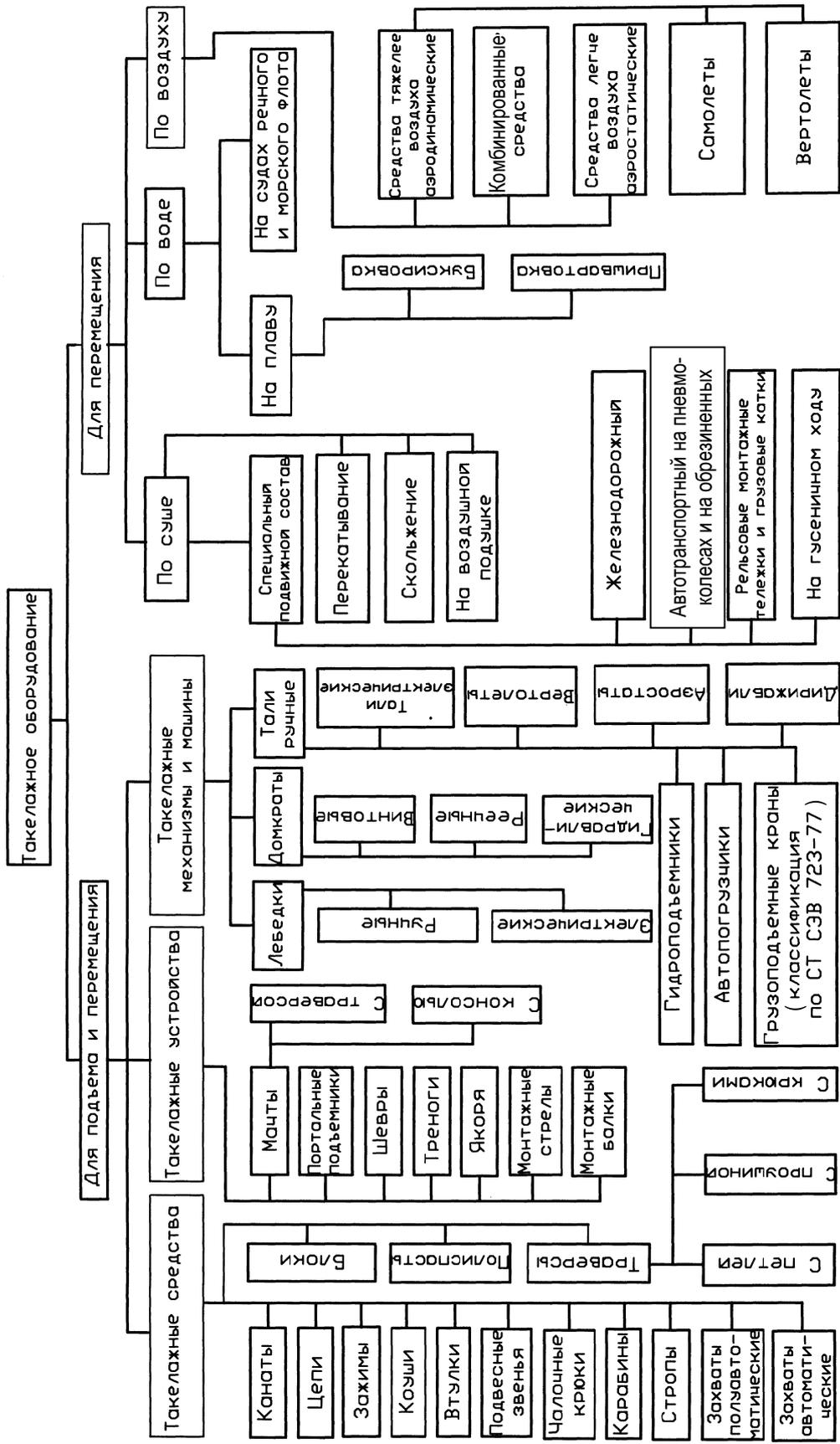


Рис. 107. Классификация такелажного оборудования

(стационарные, приставные, самоподъемные, переставные, радиальные, передвижные, самоходные и прицепные). При монтаже находят наибольшее применение башенные (ГОСТ 13555–79) передвижные и стреловые самоходные краны (ГОСТ 22827–77). По конструкции ходовых устройств передвижные краны подразделяют на рельсовые, железнодорожные, плавучие и шагающие, а самоходные – на автомобильные (установленные на шасси автомобильного типа), пневмоколесные, гусеничные и тракторные. Башенные краны относят к кранам стрелового типа, по способу изменения вылета стрелы различают краны с подъемной стрелой и с горизонтальной стрелой, оснащенной грузовой тележкой.

2.7.2. Назначение и виды такелажных работ

Такелажными называются работы по увязке узлов оборудования гибкими подвесками (строповке), их подъему и транспортировке к месту установки. Такелажные работы выполняют с помощью различных грузоподъемных средств и механизмов, приспособлений и машин.

От завода-изготовителя до монтажной площадки и по ней оборудование и конструкции чаще всего перевозят железнодорожным, реже автомобильным или водным транспортом. Поперечные размеры грузов, доставляемых по железной дороге, не должны превышать общероссийского габарита очертания подвижного состава. Перевозка негабаритных грузов согласуется с управлением железной дороги в соответствии с правилами Министерства путей сообщения.

При перевозках безрельсовых транспортом грузы массой до 12 т транспортируют автомашинами, свыше 12 т – на тяжеловозах-трайлерах, буксируемых тягачами или трактором.

Для перемещения грузов при монтаже наиболее эффективное применение стандартных средств – тракторов, передвижных кранов, трубоукладчиков, автопогрузчиков и проч. При отсутствии указанного оборудования применяют электрические лебедки, монтажные блоки, полиспасты, тали, а также простейшие приспособления – сани, доски и катки – или металлический лист с загнутым передним концом и приваренными к нему петлями для тягового каната.

При выполнении такелажных работ, в особенности при подъеме грузов, весьма важной и ответственной операцией является стропов-

ка. Особенно тщательно следует увязывать крупные узлы оборудования большой массы.

Все углы оборудования, по которым происходит касание стропов, должны быть скручены специальными предохранительными подкладками (рис. 108). Строповку можно разделить на два вида:

- 1) путем обвязки грузов канатами, стропами или цепями;
- 2) путем увязки строповочных канатов на приливах, цапфах, лапах, рым-болтах и других деталях, специально предусмотренных на оборудовании для его подъема и транспортировки.

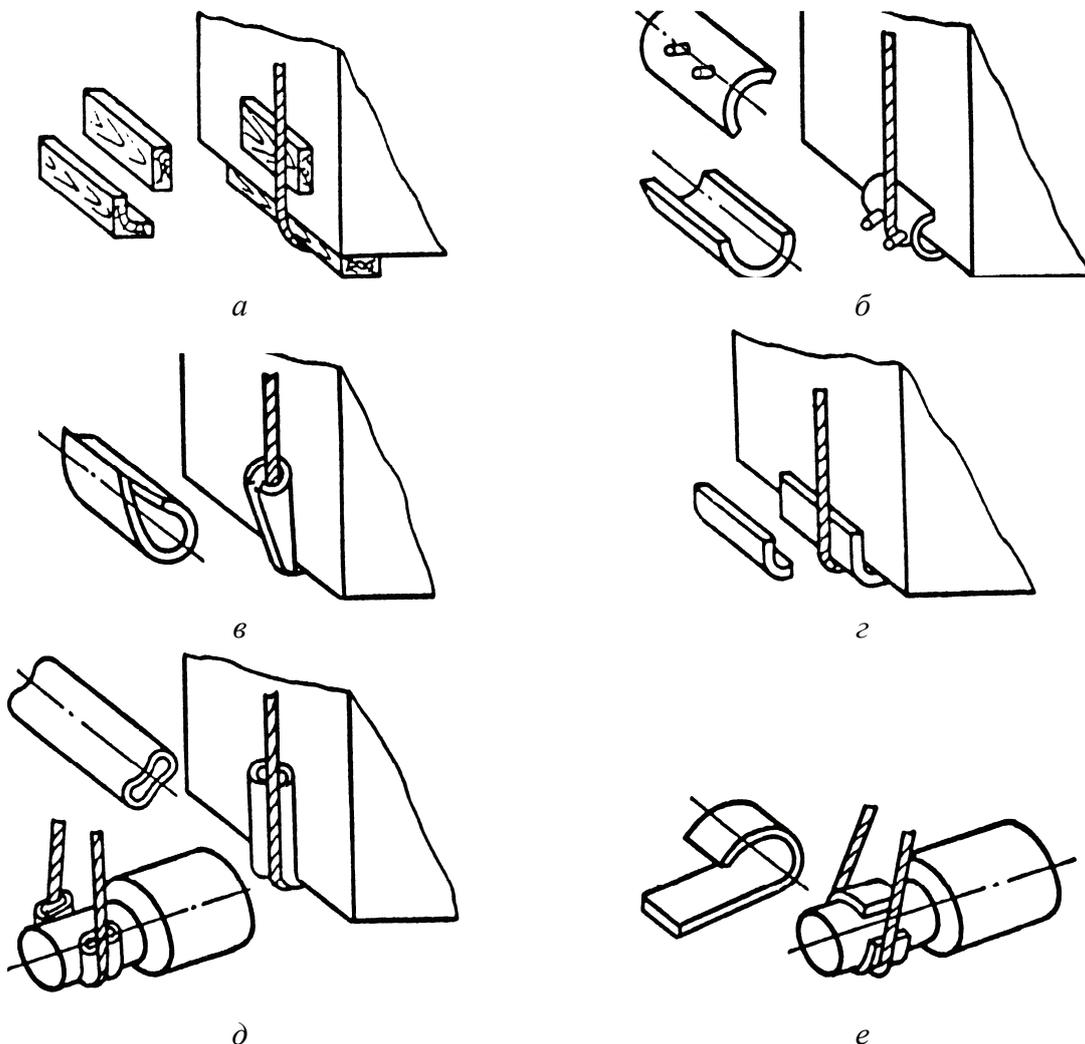


Рис. 108. Установка предохранительных подкладок под строп при увязке узлов оборудования: *a* – деревянных; *б* – из разрезанной трубы с приварными бабushками; *в, д* – изогнутых из труб; *г, е* – изогнутых из листового металла

Наиболее часто применяемые узлы обвязки грузов (чалочные узлы) показаны на рис. 109.

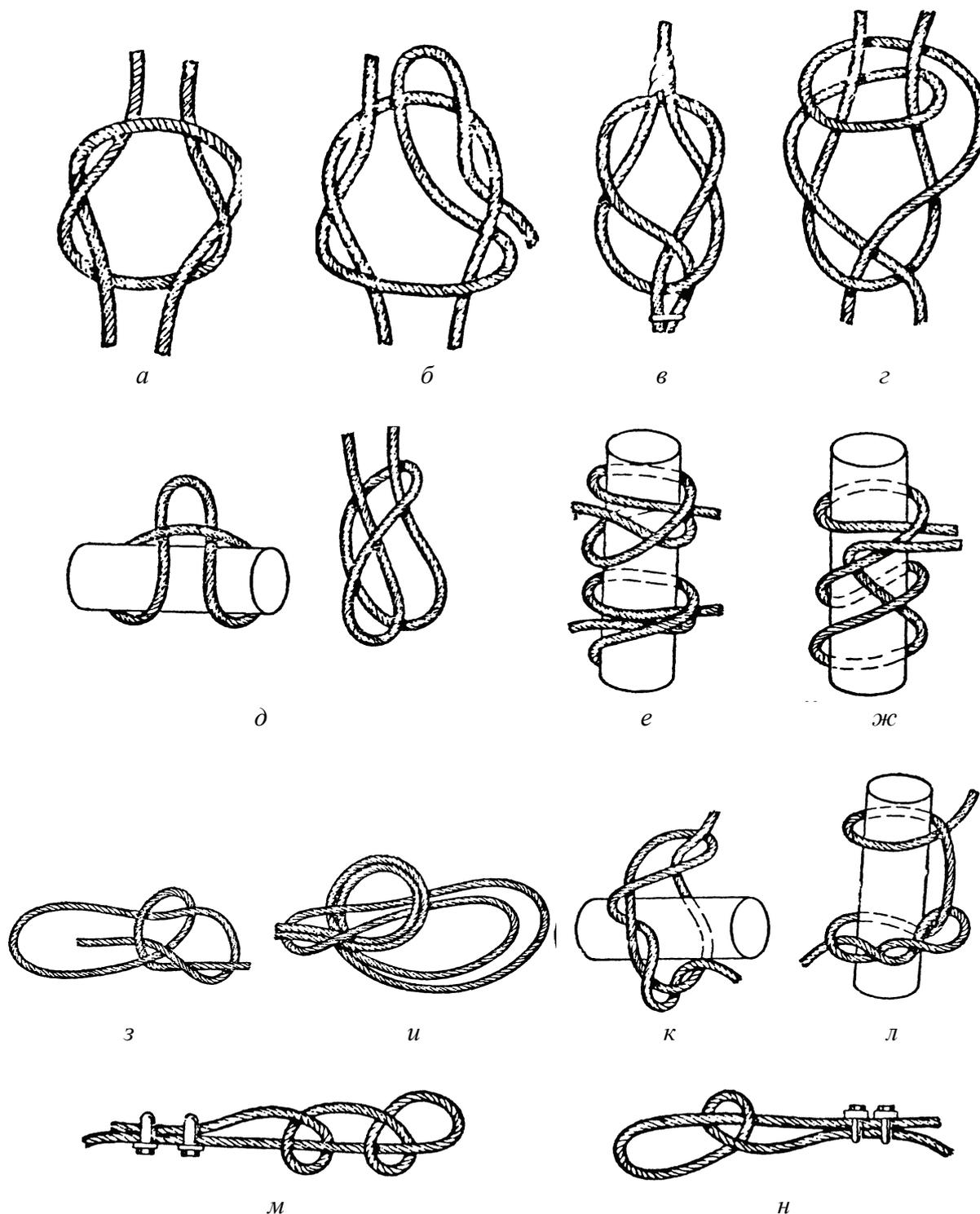


Рис. 109. Чалочные узлы: *а* – прямой; *б* – рифовый; *в* – вязка в петлю; *г* – брамшкотовый; *д* – мертвая петля; *е* – выбленочный; *ж* – двойной выбленочный; *з* – морской узел; *и* – двойной морской узел; *к* – плотничный узел (удавка); *л* – удавка с нахлесткой; *м* – штыковой; *н* – полуштыковой

На рис. 110 показаны рекомендуемые способы закрепления канатов на крюковых подвесках.

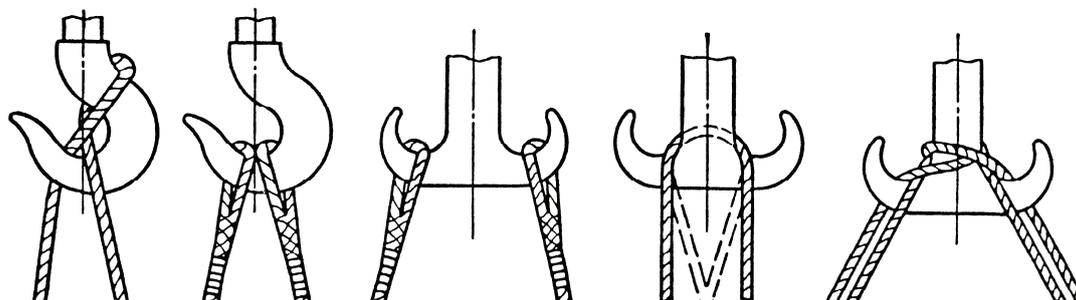


Рис. 110. Рекомендуемые способы закрепления канатов на крюковых подвесках

При строповке важно правильно определить центр тяжести груза. Стropовка должна быть выполнена так, чтобы центр тяжести груза и ось блоков крюковой подвески подъемного механизма находилась на одной вертикали.

Масса укрупненных узлов и блоков оборудования не должна превышать грузоподъемности имеющихся на монтажной площадке грузоподъемных средств, а габаритные размеры – размеров монтажных проемов. При монтаже крупногабаритного и тяжелого оборудования могут быть одновременно использованы два крана или более. Такую работу проводят по письменному разрешению главного инженера СМУ или начальника участка под руководством опытного специалиста.

2.7.3. Такелажные средства и приспособления

К такелажным средствам и приспособлениям относятся стальные и пеньковые канаты, цепи, стропы, траверсы, захваты, блоки, полиспасты, тали, лебедки, домкраты.

Стропами (рис. 111) называют отрезки канатов или цепей, соединенные в кольца или снабженные специальными подвесными приспособлениями, обеспечивающими быстрое, удобное и безопасное закрепление груза. Число ветвей стропа, на которых подвешивают груз, выбирают в зависимости от массы груза и диаметра каната.

С целью повышения производительности и безопасности работ применяют полуавтоматические стропы (рис. 112), которые позволя-

ют выполнять расстроповку поднятого груза, не поднимаясь на высоту. Для строповки груза верхнюю петлю каната 1 накидывают на крюк крана, а двумя свободно висящими концами стропового каната обхватывают груз. Петли каната с коушами 3 надевают на запорный штырь 6, который для этого тросиком 4 оттягивается влево. После заведения петель в скобу 7 тросик отпускают, штырь под действием пружины 5 запирает петлю и строповку груза заканчивают. Для предохранения каната от повреждения при перегибах на острых гранях поднимаемого груза к нему крепят специальные инвентарные подкладки 2, которые при необходимости можно перемещать по канату.

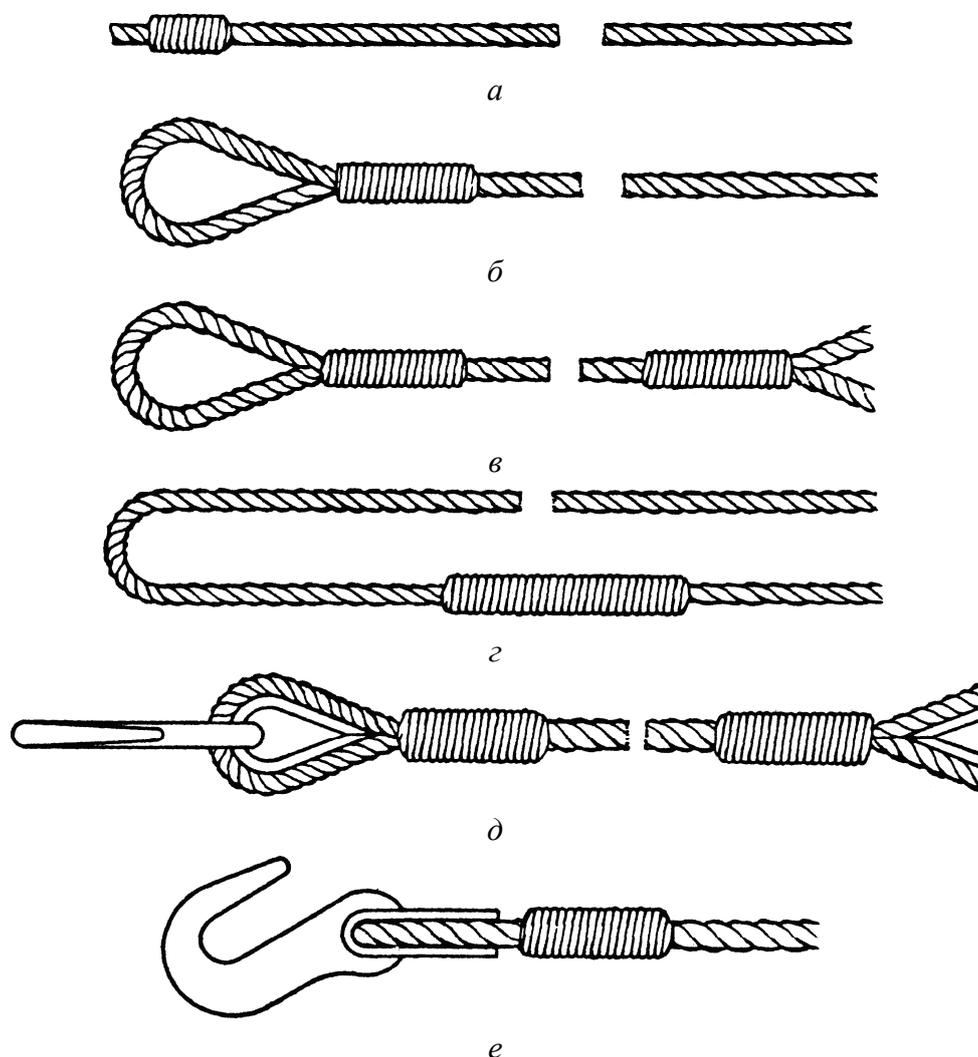


Рис. 111. Стропы: *a* – простой; *б* – с одной петлей; *в* – с двумя петлями; *г* – универсальный; *д* – облегченный с петлей; *е* – облегченный с крюком

Чтобы освободить стропы, необходимо ослабить натяжение грузового каната и потянуть за тросик, который, преодолевая усилие

пружины, сожмет ее и потянет за собой штырь в крайнее левое положение. При этом свободный конец стропа (петля) освободится.

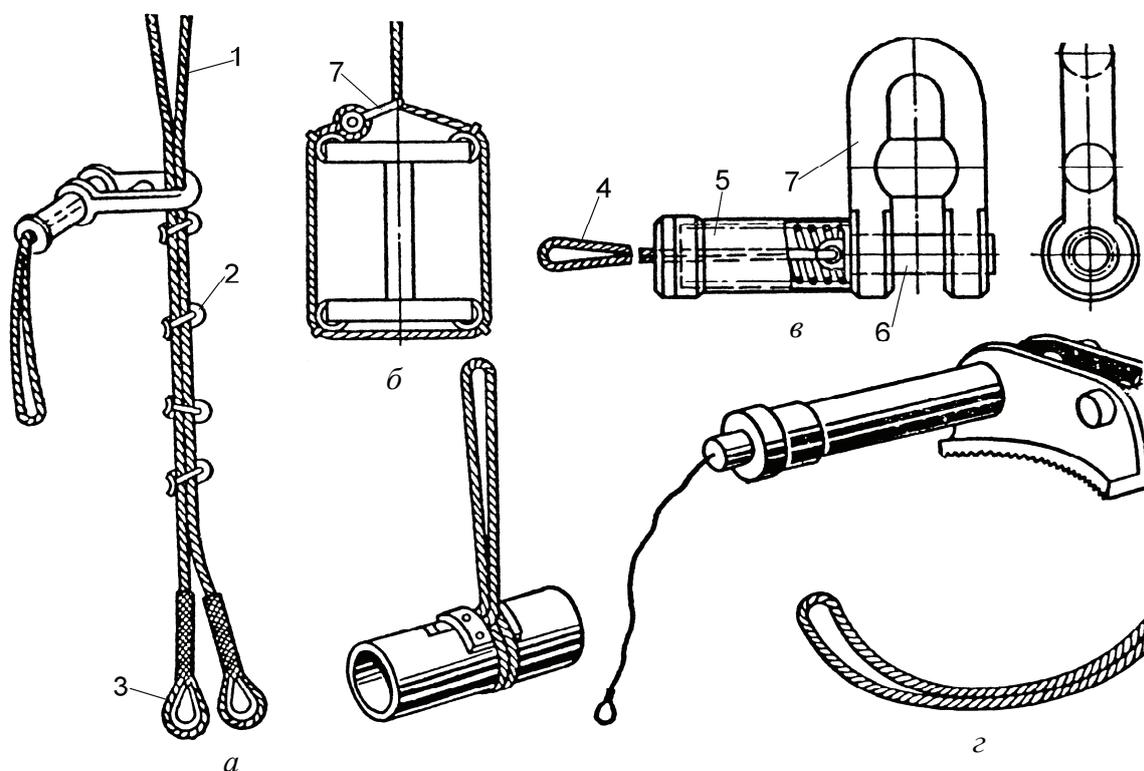


Рис. 112. Полуавтоматические стропы: *а* – общий вид; *б* – схема строповки; *в* – скоба с полуавтоматическим запором; *г* – строп-удавка для подъема труб и валов; 1 – петля каната; 2 – инвентарные подкладки; 3 – петля с коушем; 4 – оттягивающий тросик; 5 – пружина; 6 – запорный штырь; 7 – скоба

Кроме полуавтоматических стропов для дистанционной строповки поднятого в проектное положение груза применяют также полуавтоматические строповые захваты.

Для соединения концов канатов или образования петли используют зажимы или сжимы различной конструкции (рис. 113).

Применяют не менее трех зажимов. Расстояние между ними обычно принимается не менее 6 диаметров каната. Гайку на стержнях всех зажимов следует затягивать с одинаковым усилием с использованием динамометрических ключей так, чтобы сжатый поперечник каната составил 0,6 его первоначального диаметра.

Концы канатов закрепляют зажимами обычно через коуш, который служит для зацепления за крюк и предохраняет канат от расплю-

щивания и расслоения прядей и проволок на перегибах. Коуши штампуют из листового металла или изготавливают из чугунного литья.

Зажимы должны размещаться на канате так, чтобы затягивающие гайки располагались со стороны рабочей ветви каната. Это обеспечивает последнюю прямолинейность, а стремящийся к выскальзыванию конец при этом будет лучше зажат.

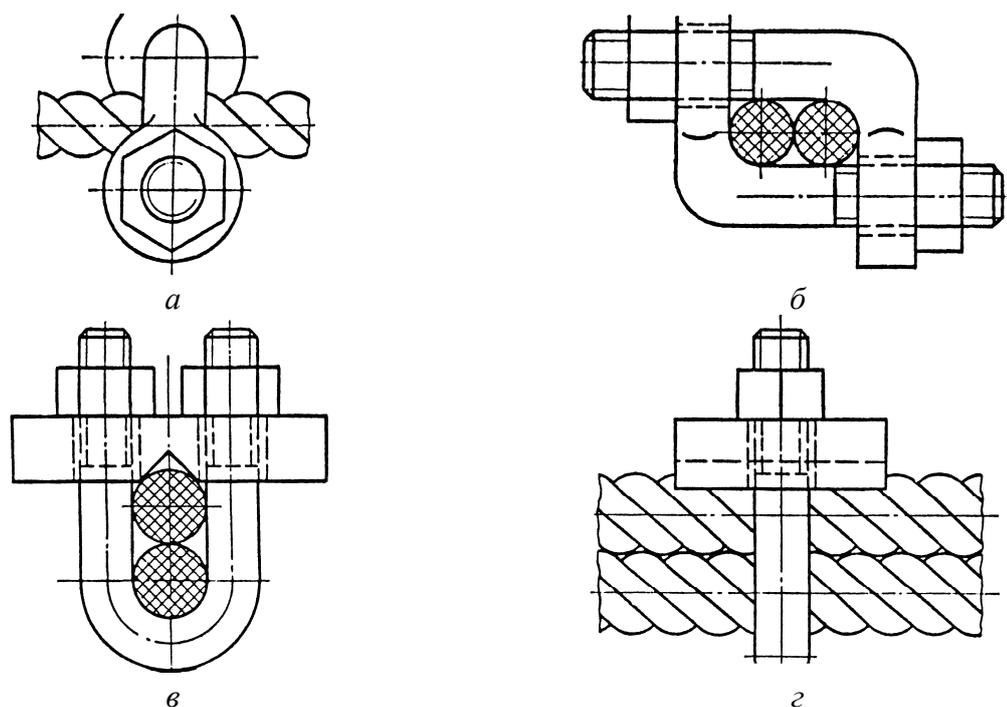


Рис. 113. Зажимы для крепления стальных канатов:
а, б – кованный; в, г – дуговой

Для натяжения стальных канатов на такелажных работах применяют винтовые стяжки (фаркопфы). Стяжка представляет собой раму с двумя винтами – с правой и левой резьбой. При вращении рамы винты сближаются или расходятся.

При перегрузке и транспортировке листового и сортового металла, труб, огнеупорных блоков и других штучных грузов применяют захваты различной конструкции (рис. 114).

Для транспортировки крупногабаритных и длинномерных грузов используют траверсы (рис. 115). Основное их назначение – предохранить поднимаемые элементы от воздействия сжимающих усилий, возникающих в них при наклоне стропов. Траверса, предназначенная для строповки груза за четыре точки (рис. 115, а), состоит из балансирующей балки 1 с серьгой 2 для крюка грузоподъемного механизма и двух роликовых обойм 3, подвешенных к концам балки, со стропами 5.

В обоймах роликов установлены прижимные винты 4, один из которых (на щековине) предотвращает скольжение стропа, а другой (установленный с торца обоймы) – прижимает ролик, предупреждая его поворот. Прижимные винты позволяют поднимать груз с некоторым наклоном, что облегчает установку его в проектное положение под углом

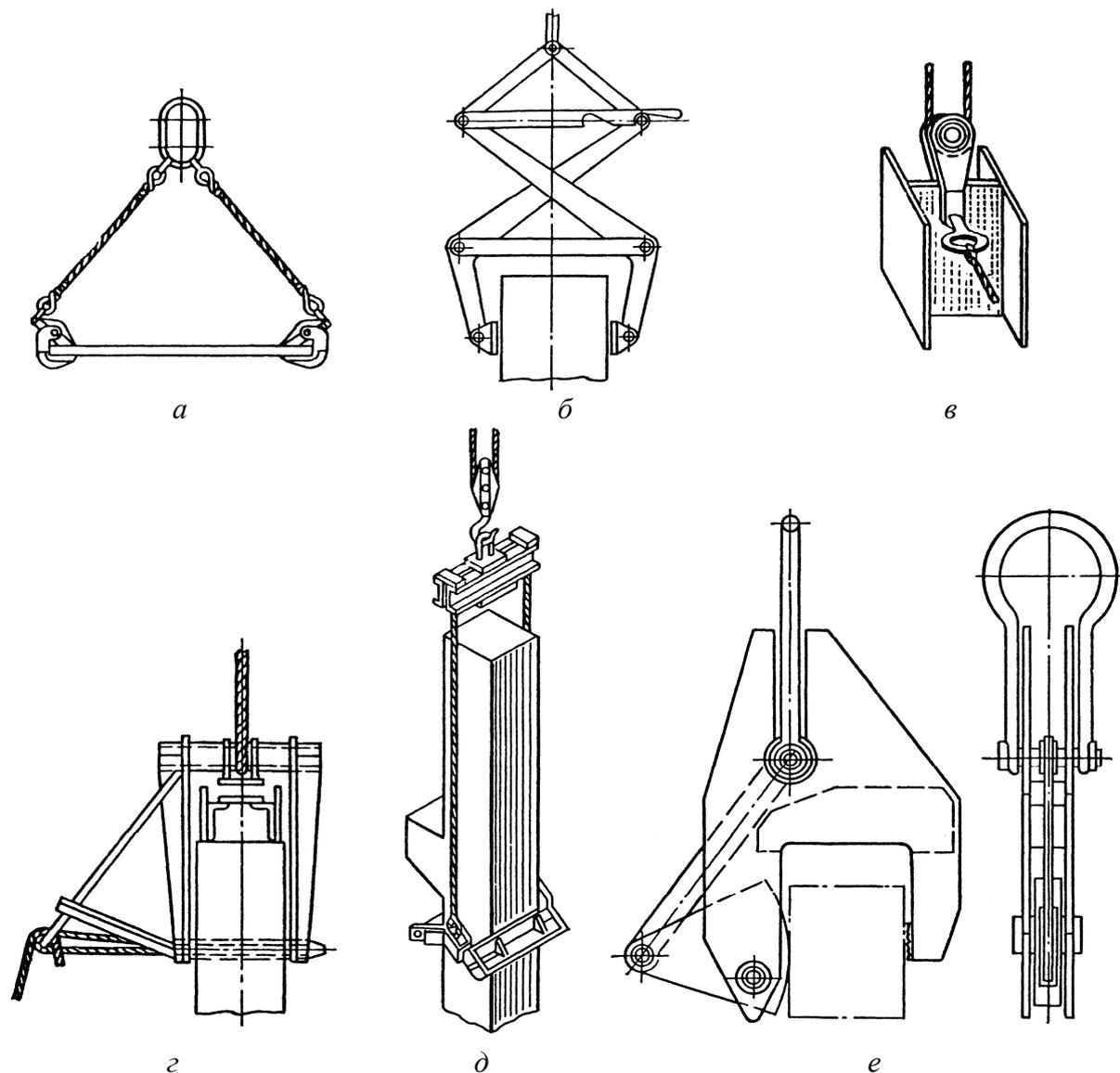


Рис. 114. Захваты: *a* – эксцентриковый для транспортировки листовой стали; *б* – клещевой; *в, г* – полуавтоматические для подъема соответственно легких и тяжелых (железобетонных) колонн; *д* – фрикционный строп для монтажа железобетонных колонн; *е* – для транспортировки грузов прямоугольного сечения массой 10 т

Если груз поднимают двумя спаренными кранами разной грузоподъемности (или двумя тележками одного крана), то используют равноплечую траверсу (рис. 115, б).

Место крюка траверсы определяется соотношением ее плеча с учетом грузоподъемности каждого крана.

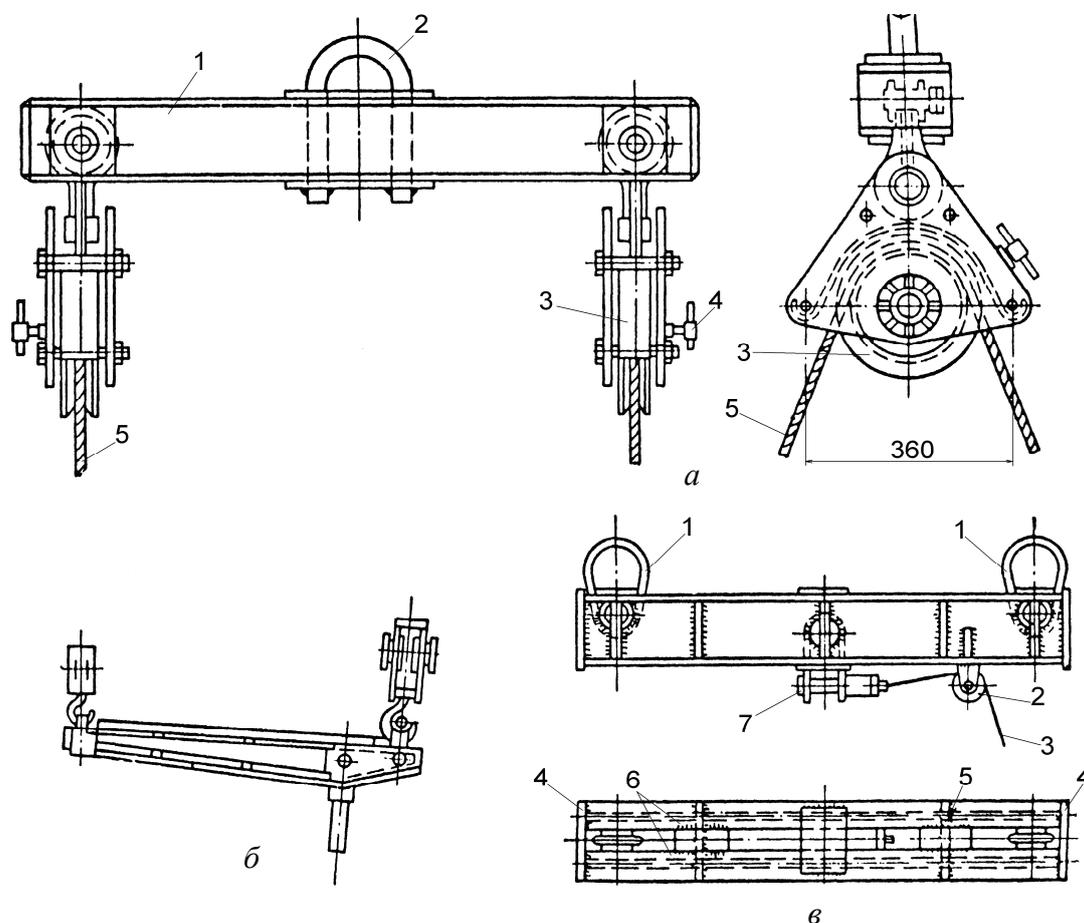


Рис. 115. Траверсы: *а* – для строповки груза за четыре точки; *б* – равноплечая; *в* – для монтажа двумя полиспастами

Для монтажа тяжеловесного оборудования спаренными кранами применяют балансирующую траверсу (рис. 115, *в*). Траверса состоит из двух двутавровых балок 6, соединенных поперечинами 5. На концах траверсы расположены подвески 1 для крепления к грузовым полиспастам монтажных кранов. С торцов траверсы приварены листовые накладки 4. Стropовку поднимаемого груза осуществляют с помощью автоматического захвата 7. Тросик 3 для расстроповки проходит через отводной ролик 2.

Для подъема или перемещения груза, а также для изменения направления канатов применяют блоки. В зависимости от числа роликов блоки разделяют на однорольные и многорольные. Однорольные блоки обычно применяют в качестве отводных и для подъема легких грузов, многорольные – для подъема тяжелых грузов. Ролики блоков

вращаются на оси, неподвижно установленной в щеках, к которым через траверсу присоединяют крюк или серьги. Блоки оснащают приспособлениями, предохраняющими канат от соскальзывания. Одно-рольные блоки часто изготавливают с откидными щеками для быстрого отделения каната от блока без расстроповки.

Для уменьшения тягового усилия используют полиспасты. Полиспаст (рис. 116, *а*) состоит из неподвижного блока 1 и подвижного блока 2; блок 3 (отводной) служит для отвода сбегающей ветви каната, обычно связанной с барабаном лебедки. В зависимости от схемы полиспаста сбегающая ветвь может сбегать с подвижного или неподвижного блоков. Число ниток полиспаста может быть четным (рис. 116, *б*) и нечетным (рис. 116, *в*).

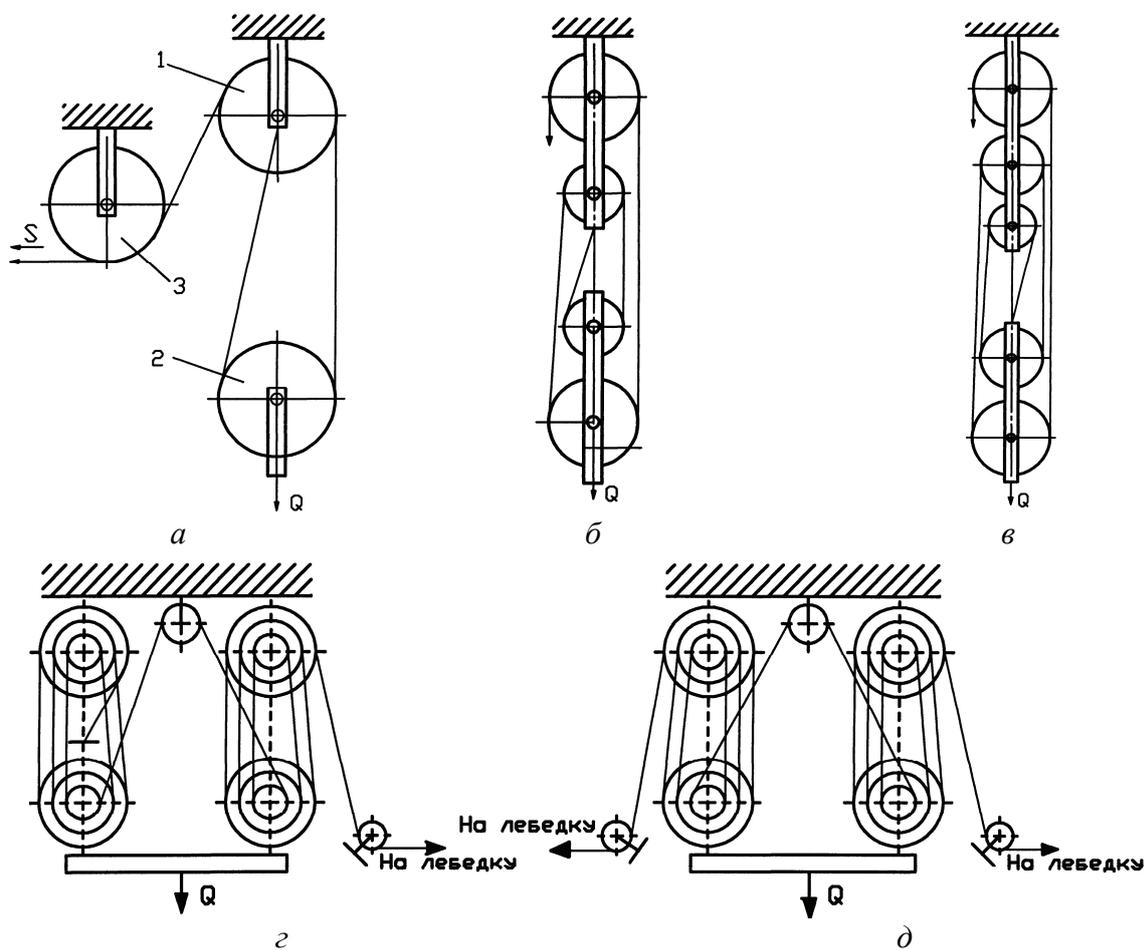


Рис. 116. Полиспасты: *а* – с блоком для отвода сбегающей ветви каната; *б* – с четным числом ниток; *в* – с нечетным; *г* – сдвоенный с приводом от одной лебедки; *д* – сдвоенный с приводом от двух лебедок

Усилие в канатах, необходимое для подъема груза Q , определяют по формуле

$$S = Q \frac{1 - \eta}{1 - \eta \cdot m}, \quad (40)$$

где η – КПД одного ролика ($\eta = 0,96$ при установке на подшипниках скольжения; $\eta = 0,98$ при установке на подшипниках качения); m – кратность полиспаста, град.

Для каната, наматываемого на барабан лебедки при подъеме груза на высоту, h равна $l = mh$.

Запаковку блоков полиспастов необходимо производить при минимальном начальном расстоянии между блоками с последующей их растяжкой (например трактором). При запаковке следует сохранять направление изгиба каната, полученное им при смотке в бунт.

Отклонение неподвижного конца каната от плоскости ролика не должно превышать 6° , а расстояние от барабана лебедки до отводного ролика должно быть не менее 20 диаметров барабана.

При отсутствии блоков необходимой грузоподъемности применяют свободные полиспасты, которые могут работать с приводом от одной (рис. 116, *з*) или от двух (рис. 116, *д*) лебедок. Сдвоенный полиспаст с одной лебедкой рассчитывают как два самостоятельно работающих полиспаста. Усилие в канате лебедки определяют из условия половины веса поднимаемого груза.

В качестве подъемных механизмов на монтажных работах широкое практическое применение получили ручные тали, кошки, электрические тали (тельферы), лебедки и домкраты.

Ручная таль представляет собой червячный или шестеренный грузоподъемный механизм, включающий цепной полиспаст с ручным приводом от бесконечной цепи или рычажный храповой механизм. Грузоподъемность тали принимают до 3 т.

Для ручного перемещения грузов по подвесному монорельсовому пути двутаврового сечения используют кошки грузоподъемностью до 5 т.

Электрические тали (электротали) предназначены для подъема и перемещения грузов по монорельсовому пути с помощью электропривода. Грузоподъемность электроталей составляет 0,25–5,0 т.

Монтажные лебедки применяют с ручным и электроприводом. Рычажные лебедки с ручным приводом (рис. 117) грузоподъемностью 1,5–3,0 т, которые широко используются для подъема и перемещения грузов по горизонтальной и наклонной плоскости.

Лебедки с электроприводом по назначению разделяют на подъемные, тяговые и поворотные (для вращения монтажных кранов), по способу установки – на передвижные и стационарные, по числу барабанов – на одно-, двух- и трехбарабанные. Барабаны могут быть гладкими и нарезными. Электрические монтажные лебедки выполняют реверсивными. Грузоподъемность лебедок составляет 0,5–12,5 т, канатомкость – 80–800 м.

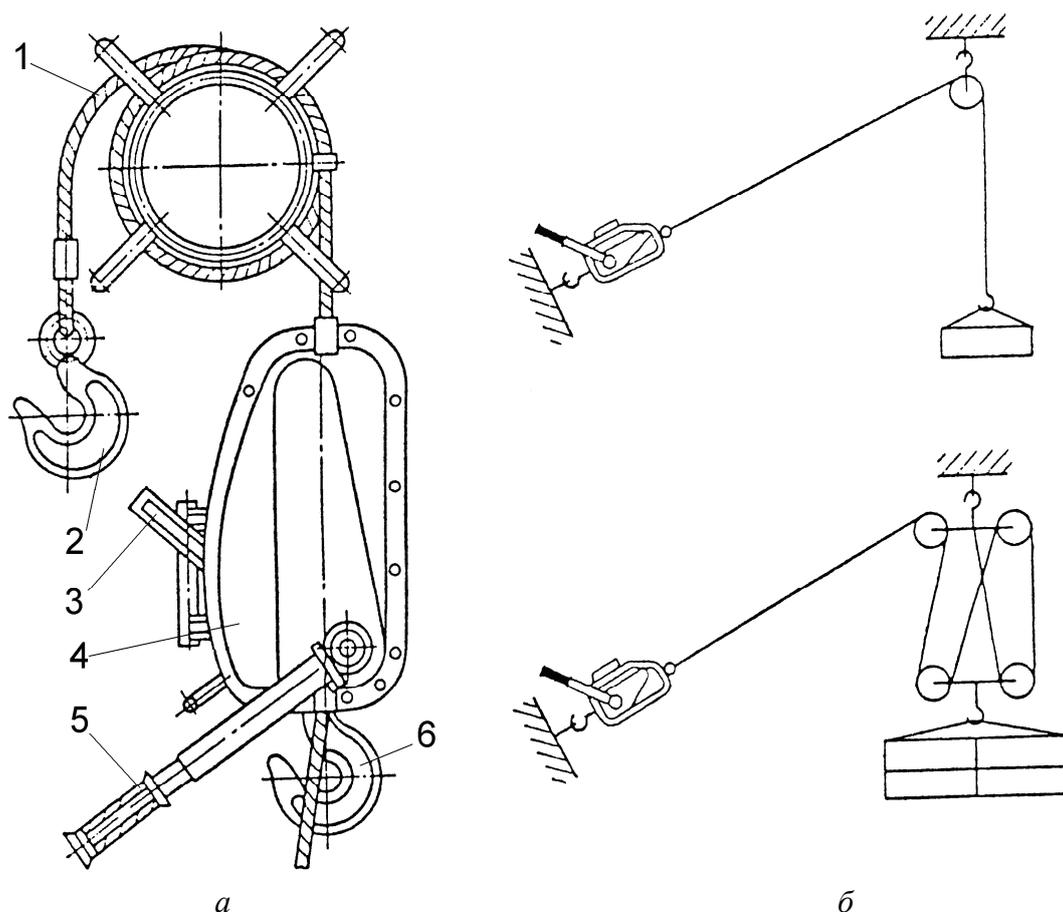


Рис. 117. Ручная рычажная лебедка: *а* – общий вид; *б* – схема применения; 1 – канат; 2 – грузовой крюк; 3, 5 – рычаги; 4 – корпус; 6 – крюк для подвески к опоре

Важным условием безопасной работы лебедки является надежное ее закрепление. Лебедка должна быть закреплена за якорь или какое-либо анкерное устройство. Якорями называют неподвижные анкерные сооружения: земляные (заделанные в грунт) или наземные, предназначенные для закрепления монтажных приспособлений (лебедок, полиспастов, вант, расчалок и др.). Схемы закрепления лебедок показаны на рис. 118.

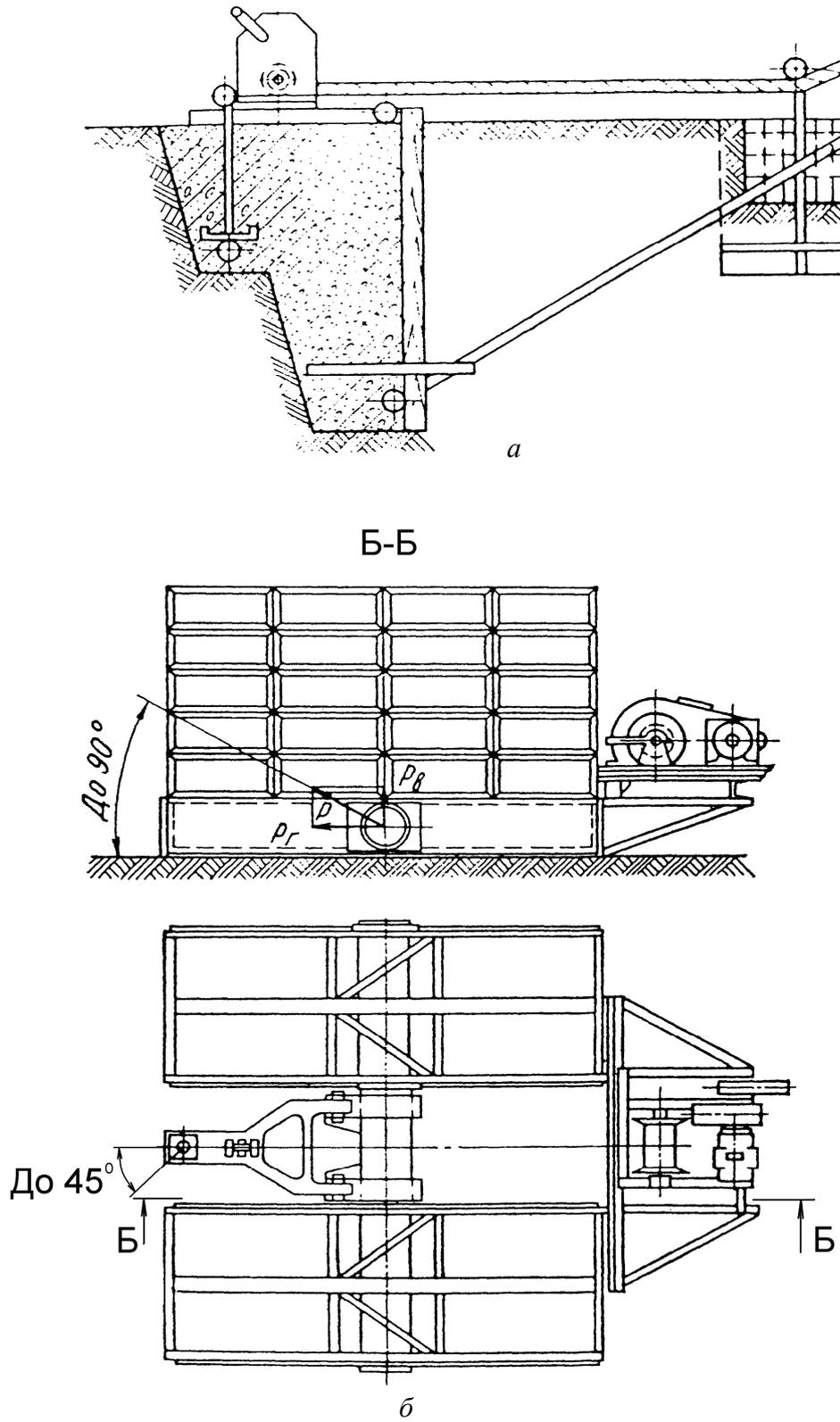


Рис. 118. Схемы закрепления лебедок: *а* – с помощью земляного якоря; *б* – с помощью наземного якоря

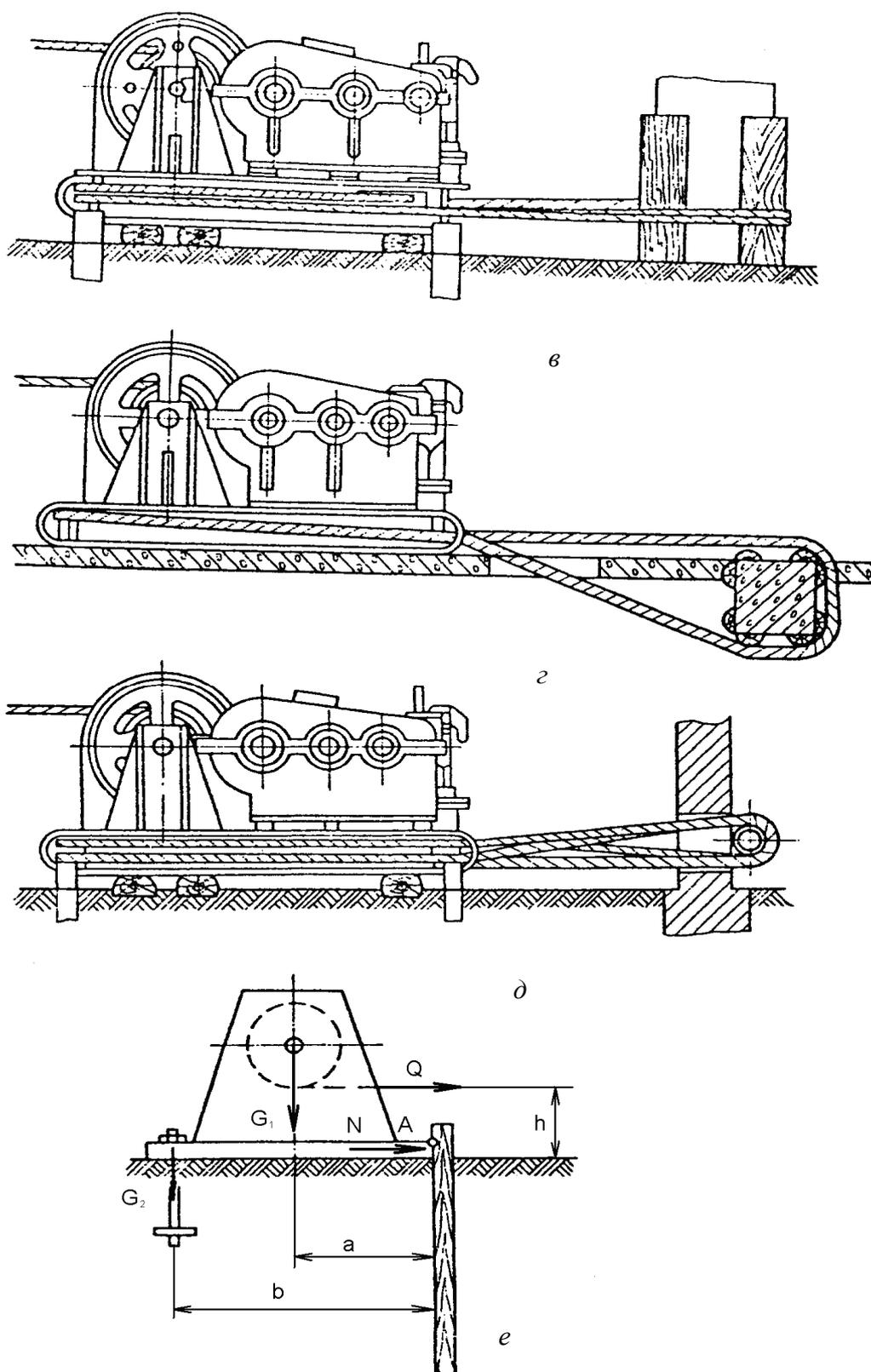


Рис. 118. Схемы закрепления лебедок: *в* – за колонну здания; *г* – к железобетонному или металлическому ригелю перекрытия здания; *д* – к кирпичной стене; *е* – схема для расчета крепления лебедки

При расчете крепления лебедки определяют необходимый вес уравнивающего груза на раме или усилие в анкерных болтах из условия грузовой устойчивости лебедки. Коэффициент грузовой устойчивости определяют по формуле

$$K_y = \frac{M_B}{M_0} \geq 1,4, \quad (41)$$

где M_B – восстанавливающий момент; M_0 – опрокидывающий момент.

Моменты M_B и M_0 определяют из условия, что опрокидывание лебедки может происходить вокруг точки А упора переднего элемента рамы в якорь:

$$M_0 = Qh, \quad M_B = G_1a + G_2b, \quad (42)$$

где Q – усилие в канате; G_1 – вес лебедки; G_2 – усилие, на которое необходимо рассчитывать анкерные болты, или вес уравнивающего груза; a – расстояние от центра тяжести лебедки до точки опрокидывания; b – расстояние от точки опрокидывания до места закрепления анкерных болтов (или до центра тяжести уравнивающего груза); h – расстояние от каната до точки опрокидывания.

После преобразований получим

$$G_2 = \frac{(QhK_y - G_1a)}{b}. \quad (43)$$

Кроме расчета лебедки на опрокидывание необходимо рассчитать якорь лебедки на прочность и устойчивость против горизонтального смещения под действием сдвигающей силы

$$N = Q - F_{\text{тр}}, \quad (44)$$

где $F_{\text{тр}}$ – сила трения рамы о грунт, $F_{\text{тр}} = fG_1$; f – коэффициент трения рамы о грунт, $f = 0,3-0,5$.

Для механизации монтажных и такелажных работ применяют гидравлические, винтовые, реечные и клиновые домкраты.

Гидравлические домкраты бывают со встроенным насосом и работающими от отдельно расположенного насоса. Грузоподъемность их составляет 200 т и более. Для установки оборудования в плане (например, рамы балансиров конусов доменных печи) применяют мало-

габаритные облегченные домкраты. Такие домкраты удобны также при выверке оборудования.

Винтовые и реечные домкраты в основном используют при необходимости их частой перестановки и в стесненных условиях.

Клиновые домкраты применяют главным образом при выверке оборудования в процессе монтажа.

2.7.4. Монтажные краны и устройства

При сооружении и монтаже металлургических агрегатов используют различные виды передвижных монтажных кранов и устройств.

Башенные краны – основные грузоподъемные машины – применяют при монтаже металлоконструкций и оборудования на вновь строящихся и реконструируемых объектах металлургических заводов. Преимущество этих кранов заключается в возможности обслуживания большой зоны при минимальной площади, занимаемой краном. У башенных кранов несущей конструкцией является вертикально расположенная башня с установленной наверху стрелой. Они обладают большой грузоподъемностью (до 160 т) при больших вылетах стрелы (до 45 м) и высоте подъема груза (до 100 м) и перемещаются по рельсовым путям.

При невозможности установки или отсутствии башенного крана иногда используют мачтово-стреловые краны. Эти краны состоят из мачты и шарнирно прикрепленной к ней стрелы, служащей для подвешивания грузового полиспаста. Подразделяются они на вантовые (мачта закреплена вантами, состоящими из стальных канатов) и жестконогие (мачта закрепляется жесткими подкосами).

Монтажные краны на гусеничном ходу нашли широкое применение при монтаже металлургического оборудования благодаря высокой маневренности, проходимости и большой грузоподъемности (до 160 т). Наибольшее применение получили краны марок СКН и МКГ.

Автомобильные краны используются при производстве монтажных и строительных работ, особенно на отдаленных друг от друга объектах монтажа. Они отличаются высокой маневренностью и мобильностью и обладают скоростью передвижения до 75 км/ч. Авто-

мобильные краны широко используют при погрузке и выгрузке оборудования на складах и монтажных площадках. Многие из них оборудованы различными грузозахватными приспособлениями-грейферами: захватами, электромагнитами.

Для транспортировки узлов и деталей оборудования от объектного склада к месту монтажа применяют автопогрузчики с вилочными захватами и крановыми приспособлениями.

Железнодорожные краны используют при монтаже оборудования на объектах, расположенных вблизи железнодорожных путей, а также при погрузочно-разгрузочных работах на складах оборудования.

Монтажные стреловые краны на пневмоходу применяют на монтажных работах при строительстве новых объектов металлургических заводов. Из-за малой скорости передвижения (8–25 км/ч) на большие расстояния их транспортируют по железной дороге или тягачами на трайлере.

Устойчивость самоходных стреловых кранов против опрокидывания обеспечивается их собственной массой. Устойчивость может быть повышена путем применения выносных опор (аутригеров).

Коэффициент грузовой устойчивости крана (рис. 119) определяется по формуле

$$K_1 = \frac{G[(b+c)\cos\alpha - h_1 \cdot \sin\alpha] - \frac{Q \cdot n_2 l h}{900 - n_2 H} - \frac{66(Q_{\text{пр}} + Q)n l h}{(900 - n_2 H)g \cdot t_3} - \frac{Q \cdot V}{g \cdot t}(a-b) - \frac{Q \cdot V_1 h - G \cdot V_1 h_1}{g \cdot t_1} - \frac{(G_{\text{пр}} - Q)V_2' h - (G_{\text{пр}} - Q)V_2''(a-b) - W_p - W_1 h}{g \cdot t_2}}{Q(a-b)} \geq 1,15, \quad (45)$$

где G – вес крана, Н; $G_{\text{пр}}$ – вес стрелы и стрелового оборудования, приведенный к оголовку стрелы, Н; Q – вес наибольшего рабочего груза (н.р.г.), Н; c – расстояние от плоскости, проходящей через ось вращения крана параллельно ребру опрокидывания до центра тяжести крана, м; t – расстояние от оси вращения (о.в.) крана до центра тяжести подвешенного н.р.г. при установке крана на горизонтальной плоскости, м; a – расстояние от плоскости, проходящей через о.в. крана параллельно ребру опрокидывания, до центра тяжести подвешенного

НРГ при установке крана на горизонтальной плоскости и расположении стрелы перпендикулярно р.о., м; b – расстояние от о.в. крана до р.о., м; H – расстояние от головки стрелы до ц.т. подвешенного груза (принимая, что ц.т. расположен на уровне земли), м; h – расстояние от головки стрелы до плоскости, проходящей через точку опорного контура (о.к.), м; h_1 – расстояние от ц.т. крана, до плоскости, проходящей через точки о.к., м; V – скорость подъема груза, м/с; V_1 – скорость передвижения крана, м/с; V_2' – скорость горизонтального перемещения оголовка стрелы (о.с.); V_2'' – скорость вертикального перемещения о.с., м/с; n – число оборотов крана в минуту; t – время неустановившегося режима (н.р.) работы механизма подъема (пуска или торможения), с; t_1 – время н.р. работы механизма передвижения, с; t_2 – время н.р. работы механизма изменения вылета, с; t_3 – время н.р. работы механизма поворота крана, с; W – давление ветра, действующего перпендикулярно р.о. и параллельно плоскости, на которой установлен кран, на подветренную площадь крана (принимается по ГОСТ 1451–77), Н; W_1 – давление ветра, действующего перпендикулярно р.о. и параллельно плоскости, на которой установлен кран, на подветренную площадь груза (принимается по ГОСТ 1451–77), Н; p – расстояние от плоскости, проходящей через точки о.к. до центра приложения ветровой нагрузки, м; α – угол наклона крана (угол пути), град; g – ускорение силы тяжести, равное 9,81 м/с.

Члены $\frac{QV_1}{gt_1}h$ и $\frac{GV_1}{gt_1}h_1$ учитываются при проверке грузовой устойчивости в направлении передвижения крана, если он предназначен для перемещения с грузом.

Член $\frac{66(G_{\text{пр}} + Q)n_1h}{(900 - n_2H)gt_3}$ учитывается при проверке грузовой устойчивости со стрелой, расположенной под углом 45° к ребру опрокидывания.

Козловые краны применяют при монтаже вращающихся печей, конструкций и оборудования бункерной эстакады доменного цеха, а также для обслуживания складов и участков по сборке и изготовлению монтажных конструкций. Грузоподъемность кранов доходит до 50 т.

Краны вертикальные применяют на монтажных работах в местах, труднодоступных для обычных грузоподъемных средств, в условиях действующего производства в труднодоступных районах. Ими монтируют дымовые трубы, башенные конструкции и др.

Для строительно-монтажных работ авиационной промышленностью освоен выпуск вертолетов МИ-10К грузоподъемностью 11 т и В-12 с двумя несущими винтами грузоподъемностью до 40 т.

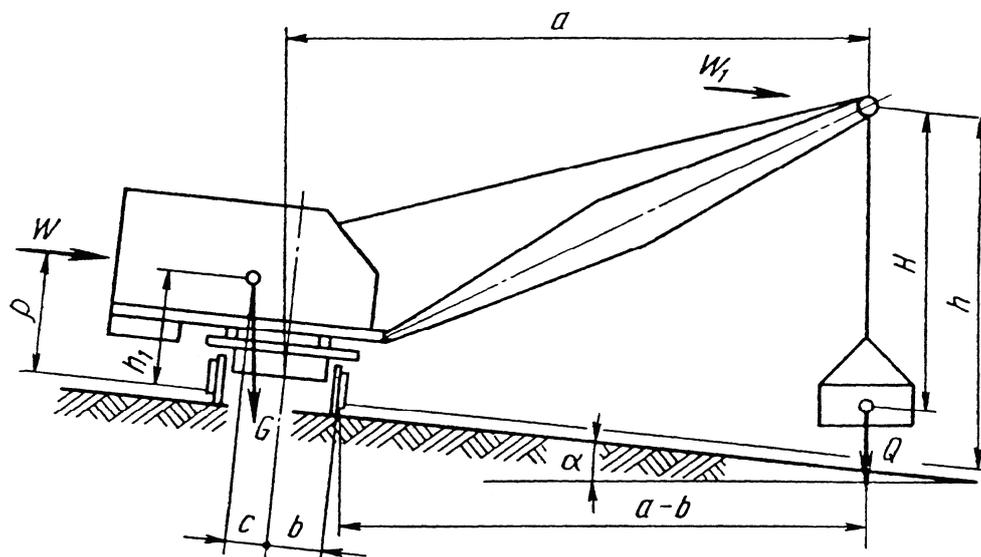


Рис. 119. К расчету коэффициента грузовой устойчивости крана

Мачты монтажные применяют при недостаточной высоте и грузоподъемности или нерациональности использования стреловых кранов, а также при монтаже мостовых, башенных, порталных и мачтово-стреловых кранов. Мачты (рис. 120, а) устанавливают вертикально и удерживают в рабочем положении тремя или (чаще) четырьмя вантами, которые закрепляют одним концом к оголовку мачты, а другим – к якорям. Угол наклона вант к горизонту не должен превышать 45° . Мачты высотой до 30 м изготавливают из труб (трубчатые мачты). Грузоподъемность трубчатых мачт достигает 70 т, решетчатых – 200 т.

Мачты собирают из отдельных секций, число которых определяется необходимой высотой мачты. Мачты, как правило, имеют поворотный оголовок, опорная часть мачты соединена с нижней ее секцией сферическим шарниром. Это позволяет поворачивать мачту без перестановки вант и наклонять ее на угол до 12° от вертикали. Грузовой полиспаст крепится к консоли на верхней секции мачты. На опорной части крепится отводной ролик для направления сбегавшей ветви полиспаста к лебедке. Мачты могут выполняться одно- и двухконсольными (на один или на два грузовых полиспаста), могут быть спаренными из двух усиленных мачт с соединением неподвижного блока полиспаста с оголовком мачты при помощи серьги.

Расчет мачт заключается в определении усилий, необходимых для выбора вант, якорей и проверки мачты на прочность (рис. 120, б). При расчете принимают, что вес мачты G приложен в ее середине; усилие сбегающей ветви полиспаста S направлено параллельно оси мачты; усилие $S_1 = S\eta$, где η – КПД ролика, от каната, сбегающего с отводного ролика к лебедке проходит через ось сферического шарнира; мачта при подъеме груза удерживается одной вантой.

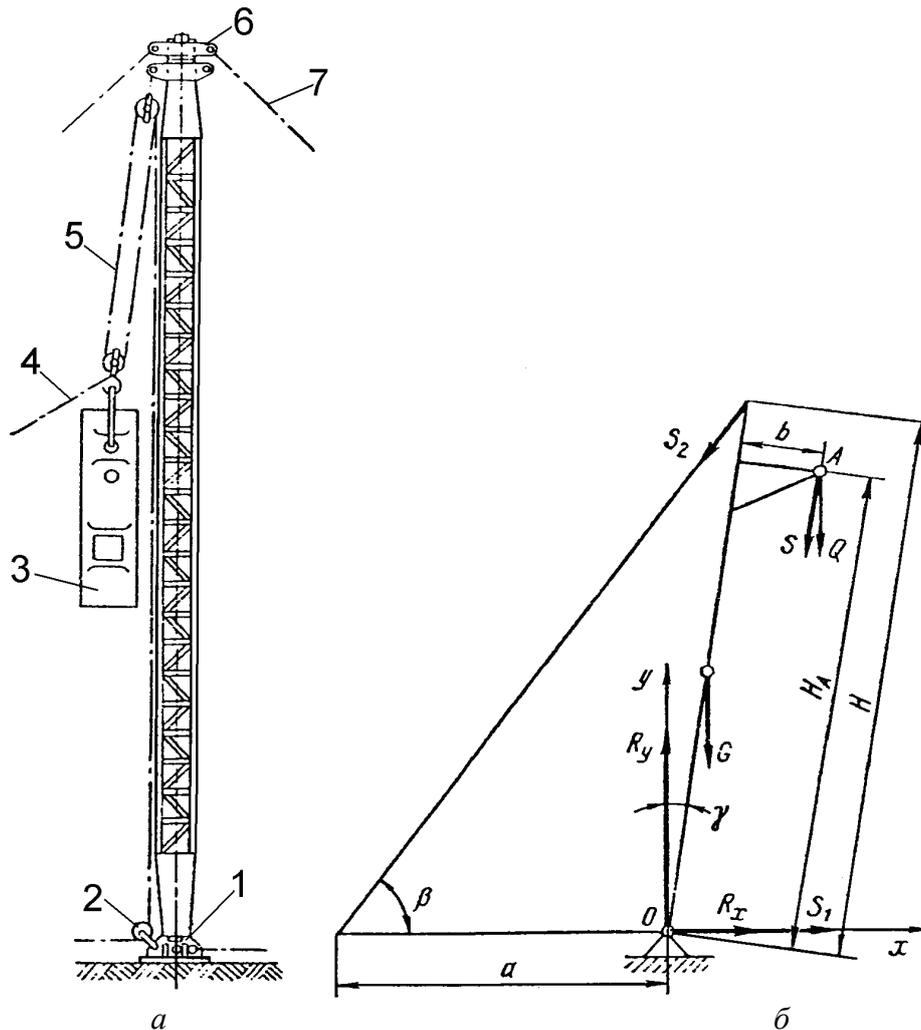


Рис. 120. Монтажные мачты: а – конструкция; б – схема расчета; 1 – сферический шарнир; 2 – отводной ролик; 3 – поднимаемый груз; 4 – оттяжка для груза; 5 – грузовой полиспаст; 6 – оголовок; 7 – ванты

Реакции в шарнире R_x , R_y и усилия в вантах S_2 можно определить из уравнений равновесия мачты:

$$\sum M_{iO} = 0, \quad \sum F_{ix} = 0, \quad \sum F_{iy} = 0, \quad (46)$$

или

$$Q(b \cdot \cos \gamma + H_A \cdot \sin \gamma) + S_b + \frac{GH \cdot \sin \gamma}{2} - S_2 a \cdot \sin \beta = 0, \quad (47)$$

$$Rx + S_1 - S \cdot \sin \gamma - S_2 \cdot \cos \beta = 0,$$

$$Ry - G - Q - S \cdot \cos \gamma - S_2 \cdot \sin \beta = 0,$$

где Q – расчетная грузоподъемность мачты.

Решая это уравнение, получим

$$S_2 = \frac{Q(b \cdot \cos \gamma + H_A \cdot \sin \gamma) + S_b + GH \cdot \sin \gamma / 2}{a \cdot \sin \beta}, \quad (48)$$

$$Rx = S \cdot \sin \gamma + S_2 \cdot \cos \beta - S_1,$$

$$Ry = G + Q + S \cdot \cos \gamma + S_2 \cdot \sin \beta.$$

По усилию S_2 выбирают сечение каната для ванты и рассчитывают якорь ванты на прочность. По реакциям Rx и Ry рассчитывают крепление опорной части мачты.

Усилие предварительного крепления натяжения вант принимают $S_0 = 10\text{--}30$ кН. Если $S_2 < S_0$, то расчет вант ведется по усилию S_0 .

Максимальное сжимающее усилие в мачте S_c определим, суммируя силу S с составляющими сил S_2 , Q и G , действующими вдоль стержня мачты:

$$S_c = S + (G + Q) \cos \gamma + S_2 \cdot \sin(\beta + \gamma). \quad (49)$$

По этому усилию рассчитывают сечение мачты, принимая ее за сжатый стержень.

Монтажные стрелы применяют на производственных базах монтажных организаций и в цехах для подъема и перемещения грузов в радиусе стрелы. Грузоподъемность достигает 15 т, вылет стрелы равен 10–25 м. Их закрепляют на металлоконструкциях, используют как внутри, так и снаружи зданий. В нижней части стрелы расположен шарнир для поворота и изменения вылета стрелы. Вылет стрелы изменяется посредством стрелового полиспаста с изменением угла наклона в пределах 30–38°. Угол поворота стрелы в горизонтальной плоскости 160–180°. Подъем груза осуществляется при помощи грузового полиспаста. Работа стрелы осуществляется двумя лебедками подъема груза и изменения угла наклона и двумя лебедками поворота.

Шевры применяют, когда невозможно разместить и закрепить боковые ванты мачты, в некоторых других случаях, обусловленных методами производства работ. Шевром (рис. 121) называется А-образная рама, нижние концы которой закреплены шарнирно, а верхние жестко соединены и удерживаются канатом или полиспастом. Шевр оснащен двумя полиспастами: один грузовой для подъема груза, другой – для изменения наклона шевра. Шевры часто используют в качестве «падающих» стрел, особенно при монтаже башенных кранов и монтажных мачт. В этом случае подъем груза осуществляется при опускании шевра, который увлекает за собой поднимаемый груз.

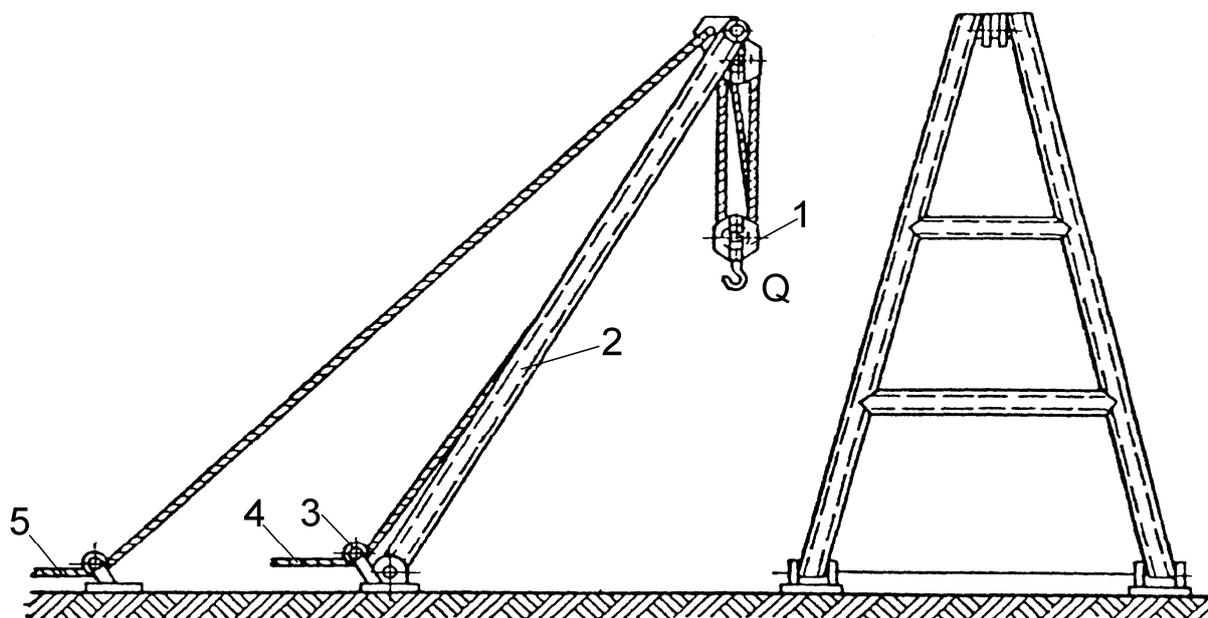


Рис. 121. Шевр: 1 – грузовой полиспаст; 2 – рама; 3 – отводной блок; 4 – сбегающая к лебедке ветвь грузового полиспаста; 5 – канат для изменения вылета шевра

Монтажные подъемники применяют при подъеме и монтаже оборудования на междуэтажные перекрытия в закрытых зданиях при отсутствии эксплуатационных грузоподъемных средств; в условиях, когда подъем кранов к месту монтажных работ затруднен; при монтаже отдельных видов технологического оборудования сложной конфигурации (например, агломерационного) и т. д. По конструкции подъемники разделяют на двух- и четырехстоечные грузоподъемностью 10–40 т и порталные, грузоподъемность которых может достигать 1 000 т.

2.7.5. Расчет усилий в канатах

Стальные канаты (ГОСТ 3241–80) используют в механизмах, полиспадах, различных монтажных приспособлениях, а также для изготовления стропов.

Наибольшее допускаемое усилие в канате определяют из выражения

$$S = P/k,$$

где P – разрывное усилие каната, гарантированное паспортом (или взятое по ГОСТу для данного типа каната); k – коэффициент запаса прочности, принимаемый в зависимости от условий работы каната.

Используют чалочные канаты различных грузов массой:

до 50 т.....	8
свыше 50 т.....	6
расчалки, оттяжки мачт и опор.....	3,5

Применяют канаты подъемно-транспортных устройств при режиме работы:

ручном.....	4,5
машинном легком.....	5
машинном среднем.....	5,5
машинном тяжелом и весьма тяжелом. непрерывного действия.....	6

При подвеске груза к крюку с помощью нескольких ветвей чалочного каната (рис. 122) натяжение в каждой ветви определяется из выражения

$$S = \frac{Q}{m \cdot \cos \alpha} k_n, \quad (50)$$

где Q – вес груза; m – число ветвей; α – угол наклона ветвей к вертикали; k_n – коэффициент неравномерности нагрузки на ветви стропы.

Если груз подвешен на двух ветвях, то $k_n = 1$. При числе ветвей больше двух $k_n = 1,3–1,4$; для устойчивого равновесия груза угол α не должен превышать 60° .

При такелажных работах применяют также пластинчатые и сварные цепи. Их используют в качестве стропов или захватных приспособлений. Цепи рассчитывают аналогично стальным канатам

с коэффициентом запаса прочности в зависимости от условий работы от 3 до 8.

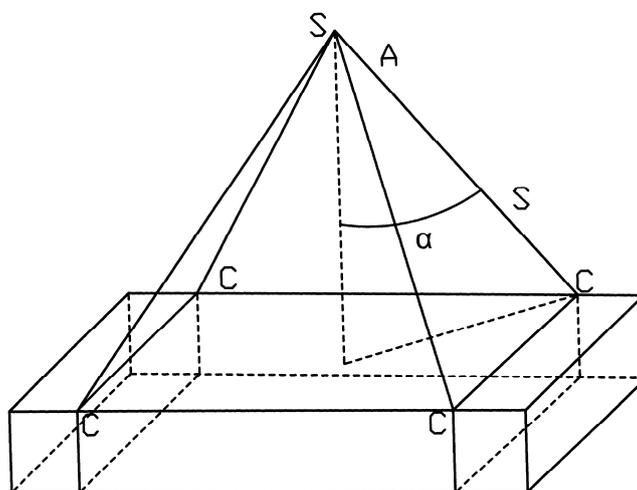


Рис. 122. Схема расчета натяжения в ветви чалочного каната

При расчете применяется ледующий коэффициент запаса прочности каната: для грузовых канатов к электролебедкам $k \geq 5$, к ручным лебедкам $k \geq 4$; для стропов и чалочных канатов $k \geq 6$; для расчалок постоянно действующих кранов $k \geq 3,5$. а для кранов и мачт со сроком работы до 1 года $k \geq 3,0$.

Расчет на прочность стропов и чалочных канатов

Представим себе, что какой-либо груз подвешен на одном или нескольких параллельных вертикальных канатах. Канаты будут расположены почти вертикально в том случае, когда поперечные размеры груза невелики, а длина канатов значительна. При этом канаты будут подвергаться как растягивающим, так и изгибающим напряжениям; последние возникают из-за огибания канатом груза и его перегиба на углах.

Напряжения растяжения в канате не изменяются по величине и определяются массой груза и числом ветвей стропа. Изгибающие же напряжения зависят от формы груза, величины углов, огибаемых канатом; подсчет их величины затруднителен. Для простоты расчета стропа и чалочные канаты рассчитывают только на растяжение; для учета дополнительных напряжений от изгиба при расчете принимают повышенный коэффициент запаса прочности, равный 6.

При более значительных поперечных размерах груза и уменьшении высоты подвешивания груза направление ветвей стропа начинает значительно отклоняться от вертикали, как это видно на схеме. Угол α означает отклонение направления ветви стропа от вертикали. Чем больше отклонится строп от вертикали, т. е. чем больше угол α , тем большему растягивающему усилию будут подвергаться ветви стропа при одной и той же величине груза.

Таким образом, усилие, которому подвергается ветвь стропа, а следовательно, и диаметр каната стропа зависят от массы поднимаемого груза, числа ветвей стропа и угла наклона их к вертикали.

Формула для расчета усилия на одну ветвь стропа имеет следующий вид:

$$S = n \frac{Q}{m}, \quad (51)$$

где S – усилие на одну ветвь стропа, кгс; Q – масса груза, кг; m – число ветвей стропа; n – коэффициент, зависящий от угла α отклонения стропа по вертикали.

Угол α принимается равным 0, 15, 30, 45; Коэффициент n равен 1,00, 1,03, 1,15, 1,42.

Угла α более 45° следует избегать из-за резкого возрастания усилия на строп.

Подсчитав усилие, действующее на одну ветвь стропа, умножают его на коэффициент запаса прочности и получают разрывное усилие, которое должен иметь канат, выбираемый для изготовления стропа. Затем по сертификату или из таблиц ГОСТа подбирают канат с разрывным усилием, равным или ближайшим большим к полученному по расчету.

Для тяжелых грузов, когда диаметр каната стропа из двух ветвей по расчету получается очень большим или канат требуемого по расчету диаметра отсутствует, может быть применен канат с двойным или большим (4, 6 и 8) числом ветвей, производится пересчет стропа на большее число ветвей.

Пример. Требуется определить диаметр каната стропа для подъема груза массой 5 200 кг при угле отклонения ветвей стропа от вертикали $\alpha = 45^\circ$. Выбираем число ветвей стропа $m = 2$. Для $\alpha = 45^\circ$ находим коэффициент $n = 1,42$. Тогда усилие, действующее на одну ветвь стропа S , будет равно

$$S = 1,42 \frac{5\,200}{2} = 3\,692 \text{ кгс.}$$

Таблица 53

Канаты двойной свивки типа ЛК-РО конструкции 6х36 (1+7+7/7+14)+1,
органический сердечник (ГОСТ 7668–80)

Канаты	Диаметр, мм						Расчетная масса 100 м смазанного каната, кг	Маркировочная группа по временному сопротивлению разрыву, кгс/мм ²			
	Проволоки							140	160	180	200
	цен-тральной проволоки	1-го слоя проволоки	2-го слоя проволоки		3-го слоя (наружного) проволоки						
15,0	0,90	0,65	0,65	0,50	0,85	86,5	–	11450	12900	13850	
18,0	1,1	0,8	0,8	0,6	1,0	124,5	–	16500	17950	19450	
20,0	1,2	0,9	0,9	0,65	1,1	152,0	–	2020	21950	23950	
22,0	1,3	1,0	1,0	0,7	1,2	183,0	21200	24250	26400	28650	
23,0	1,40	1,05	1,05	0,8	1,3	212,0	24600	28150	30600	33250	
25,5	1,60	1,15	1,15	0,85	1,4	249,5	28900	33100	36000	39100	
27,0	1,70	1,2	1,2	0,9	1,5	280,0	32500	37200	40500	43950	
29,0	1,80	1,3	1,3	0,95	1,6	321,5	37350	42650	46400	50400	
31,0	1,90	1,4	1,4	1,0	1,7	365,5	42450	48500	52800	57300	

Примечание. Канаты, разрывное усилие которых указано справа от жирной линии, изготавливаются только из светлой проволоки.

Необходимое разрывное усилие ветви стропа, изготовленного из стального каната, должно быть не менее

$$P \geq kS,$$

где k – коэффициент запаса прочности для стропов, $k = 6$. Тогда разрывное усилие ветви стропа будет равно

$$P = 6 \cdot 3\,692 = 22\,152 \text{ кгс}.$$

Таблица 54

Выбор диаметра стропа

Масса поднимаемого груза, т									
	Количество ветвей			Угол α , град			Угол α , град		
	1	2	3	15	30	45	15	30	45
	Диаметр каната стропа, м								
1	13,5	8,5	8,5	8,5	9,0	11,5	8,5	8,5	8,5
2	15,5	13,5	8,5	13,5	13,5	15,5	8,5	9,0	11,0
3	22,5	15,5	11,5	15,5	15,5	18,0	11,5	11,5	13,5
4	27	18	13,5	18	18	20	13,5	13,5	15,5
5	–	20	13,5	20	20	22,5	13,5	15,5	15,5
6	–	22,5	15,5	20	22,5	24,5	15,5	15,5	18
7	–	22,5	15,5	22,5	24,5	27	15,5	18	20
8	–	–	18	–	–	–	18	18	20
9	–	–	18	–	–	–	18	20	22,5
10	–	–	20	–	–	–	20	20	22,5
12	–	–	20	–	–	–	20	22,5	24,5
15	–	–	22,5	–	–	–	24,5	24,5	27
20	–	–	29	–	–	–	27	29	33,5
25	–	–	33,5	–	–	–	29	33,5	36,5

Примечание. Таблица составлена для стальных канатов с пределом прочности проволоки 160 кгс/мм² (ГОСТ 3071–74) при запасе прочности, равном 6.

По табл. 53 выбираем для стропа канат по ГОСТ 7668–69 диаметром 22,0 мм с расчетным пределом прочности проволоки 160 кгс/мм^2 , имеющий разрывное усилие 24 250 кгс. Если выбрать число ветвей стропа $m = 4$, то получим усилие на одну ветвь стропа:

$$S = 1,42 \frac{5\,200}{4} = 1\,850 \text{ кгс}.$$

Канат стропа должен в этом случае иметь разрывное усилие.

$$P = 6 \cdot 1\,850 = 11\,100 \text{ кгс}.$$

По табл. 54 этому соответствует канат диаметром 15 мм с расчетным пределом прочности проволоки 160 кгс/мм^2 , имеющей разрывное усилие 11 450 кгс, т.е. ближайшее большее к требуемому по расчету разрывному усилию 11 100 кгс.

Вместо расчета для выбора диаметра стропа можно пользоваться данными табл. 54.

Расчет диаметра каната необходимо производить по исходным данным (табл. 55). Полученные результаты занести в таблицу.

Таблица 55

Варианты расчета

Номер / п варианта	Исходные данные			Разрывное усилие каната		d_k
	Q , кг	α , град	m	$P_{\text{расч}}$	$P_{\text{табл}}$	
1	1000	15	2			
2	500	30	2			
3	800	45	4			
4	2500	15	4			
5	3200	30	4			
6	4500	45	4			
7	6100	15	2			
8	5700	15	4			
9	1550	45	2			
10	3900	30	4			

Примечание. Q – масса груза, кг; угол α , град, – угол отклонения стропа от вертикали; m – число ветвей строп; $P_{\text{расч}}$ – разрывное усилие каната расчетное, кгс; $P_{\text{табл}}$ – разрывное усилие каната табличное, кгс; d_k – диаметр каната, мм.

Отчет о работе

Отчет включает в себя следующие пункты:

1. Цель работы: изучение и исследование такелажной оснастки для монтажных работ.
2. Описание классификации такелажного оборудования.
3. Характеристика вида чалочных узлов и пользование ими на практике.
4. Инструкция по применению ручной рычажной лебедки.
5. Расчет усилий в канатах по исходным данным, выданным преподавателем.

3. ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ СТЕНДОВ ПО СБОРКЕ УЗЛОВ МАШИН

3.1. Сетевая модель выполнения работы

Работа выполняется с использованием сетевой модели. Это позволяет рационально распределить время по видам работ и выполнить их в установленный учебным графиком срок.

В основе сетевого планирования и управления (СПУ) лежит сетевая модель – графическое изображение плана, которое получило название сетевого графика.

Целью применения СПУ является разработка оптимального или достаточно близкого к нему варианта выполнения работ, обеспечивающего рациональную увязку во времени и пространстве выполняемых работ, наилучшее использование ресурсов, а также эффективное управление процессом реализации этого плана.

Элементами сетевого графика, построенного в форме работа – стрелка, являются работа, событие, путь.

Работа (операция) – основной элемент сетевого графика. Различаются действительная работа, работа – ожидание и фиктивная работа.

Действительная работа – это трудовой процесс, в котором участвуют люди, машины, потребляются материально-технические и денежные ресурсы (устройство перемычек, укладка бетона, монтаж металлоконструкций и т. д.). Она изображается в виде сплошной стрелки; над стрелкой пишется наименование (содержание) работы, а под стрелкой – продолжительность выполнения работы в выбранных единицах времени. Выбор единицы измерения продолжительности работы зависит от уровня руководства, которому предназначен сетевой график. Так, в проекте организации строительства в качестве единицы принимаются месяц или квартал, в проектах производства работ – дни, недели, месяцы; при планировании работы комплексных бригад – смены, часы. Продолжительности выполнения всех работ в одном сетевом графике должна быть определена в одних единицах. Предпола-

гается, что время течет в направлении, указанном стрелкой: хвост стрелки – начало, а острие – окончание работы:



Работа – стрелка соединяет два события: i – предшествующее и j – последующее. Пара номеров событий образуют код (шифр) работы. Первым читается номер события, стоящего в хвосте стрелки, и вторым – у острия. Как уже отмечалось, расчеты сетевых графиков и решение различных задач на их основе выполняются на ЭВМ, при этом машина различает работы только по их коду. Продолжительность работы обозначается t_{ij} .

Ожидание – работа, для выполнения которой требуется только время, ресурсы при этом не тратятся (твердение бетона, наполнение водохранилища). Работа – ожидание изображается так же, как и действительная работа.

Фиктивная работа – вспомогательный элемент сетевого графика, позволяющий сделать его более удобным для восприятия, правильно указать организационные и технологические связи между работами. Фиктивная работа не потребляет ресурсов, и продолжительность ее равна нулю. Обозначается она пунктирной стрелкой.

Событие есть факт окончания одной работы и начала другой. Событие обычно изображается кружком, в котором указан номер.

Событие не связано с потреблением ресурсов, и продолжительность его равна нулю. Считается, что работа выходит из одного события и входит в другое.

Различают начальные и конечные события. Конечное событие иногда называют целью. По числу конечных событий различают одно- и многоцелевые сетевые графики.

Путь – это последовательность работ в сетевом графике, при которой окончание предшествующей работы совпадает с началом последующей.

Для работы или события существует предшествующий путь, ведущий из начального события к данному или из начального события к событию, предшествующему данной работе.

Аналогично для работы и события существуют последующие пути, связывающие данное событие с конечным или событие, последующее за данной работой, с конечным.

Полный путь связывает начальное событие с конечным. Самый длинный полный путь называется критическим.

Сетевой график в форме «работа – стрелка» получил наибольшее распространение, так как содержит текстовую информацию (наименования работ, указанных над стрелками) и облегчает восприятие графика человеком.

Для обработки на ЭВМ график должен быть представлен в форме, «понятной» для машины. Наиболее распространенной является так называемая списочная форма задания сетевого графика.

Каждая строка таблицы содержит информацию об одной работе графика. Число строк равно числу работ в сетевом графике (для сети в форме работа – стрелка включаются и фиктивные работы). В первой колонке записаны начальные числа кодов работ I , во второй – конечные числа этих кодов j , в третьей колонке – продолжительность выполнения этих работ t_{ij} .

Число столбцов может быть большим: например, в дополнительном столбце можно указать число рабочей силы, занятой на выполнении работы, количество материально-технических ресурсов, потребляемых на работе, и т. д.

Все события (вершины) в сетевом графике в форме работа – стрелка должны быть пронумерованы. Предпочтительной является так называемая упорядоченная нумерация, при которой номер вершины, стоящей в начале дуги (в хвосте стрелки), будет меньше номера вершины, стоящей в конце дуги (у острия стрелки), т. е. для любой дуги $i < j$. Большинство алгоритмов, по которым производятся расчеты, связанные с сетевыми графиками, ориентированы именно на упорядоченную нумерацию вершин.

Упорядочение вершин может быть выполнено самой ЭВМ по специальной программе. При списочном задании сетевого графика упорядочение производится вручную до записи информации на машинные носители. Для этого применяется алгоритм, который называется **способом вычерчивания выходящих дуг**. Он состоит в следующем: на графике отыскивается вершина (или вершины), не имеющая входящих дуг; этой вершине (вершинам) присваивается очередной порядковый номер (очередные порядковые номера); вычеркиваются все дуги, выходящие из отмеченной вершины (из отмеченных вершин), и в предположении, что вычеркнутых дуг больше нет, алгоритм начинают сначала, пока не будет пронумерована последняя вершина.

Формальные правила построения сетевых графиков являются общими для всех сетевых графиков, независимо от того, какие проекты они моделируют: строительство гидроузла, разработку проекта турбогенератора или организацию учебного процесса в вузе. Соблюдение правил позволяет применять к обработке всех сетевых графиков одни и те же алгоритмы и программы для ЭВМ.

Правило 1. Ни одна работа в сетевом графике не может начаться прежде, чем будут окончены все без исключения предшествующие ей работы. Следствием этого правила является требование, чтобы в сетевом графике не было циклов.

Правило 2. В сетевом графике не должно быть двух и более работ, имеющих одинаковый код. (Это правило называют правилом изображения параллельных работ, т.е. таких, которые могут выполняться одновременно.) Так как ЭВМ различает работы только по коду, то она не сумеет отличить в данном случае одну работу от другой. Для правильного изображения этого фрагмента нужно ввести два дополнительных события и две фиктивные работы. В форме стрелка – связь фиктивных работ не требуется.

Правило 3. В сетевом графике не должно быть ни одного события, кроме начального, не имеющего предшествующих работ.

Правило 4. В одноцелевом сетевом графике не должно быть ни одного события, кроме конечного, не имеющего последующих работ.

Правило 5. Правило изображения сложных работ. Сложной может называться работа, выполнение части которой достаточно для начала одной из последующих работ. Для сокращения общей продолжительности выполнения проекта сложная работа должна быть поделена на простые и последующие работы должны начинаться сразу, как только это физически окажется возможным.

Правило 6. Правило употребления фиктивных работ. Как уже отмечалось, фиктивные работы – это вспомогательный элемент при изображении сетевых графиков в форме «работа – стрелка». В ряде случаев в сетевой график целесообразно ввести дополнительные фиктивные работы, которые будут избыточными, но позволят сделать график более наглядным. Однако при этом следует помнить, что увеличение числа фиктивных работ соответственно увеличит объем работы по подготовке исходных данных для расчета сетевого графика и время расчетов. Таким образом, следует стремиться к тому, чтобы по крайней мере не вводить совершенно бесполезные фиктивные работы.

Временной характеристикой всего сетевого графика является продолжительность критического пути $T_{кр}$. В одноцелевом графике существует по крайней мере один критический путь, хотя таких путей может быть и несколько. Возможны случаи, когда все пути в сетевом графике будут критическими. В многоцелевом сетевом графике минимальное количество критических путей равно числу конечных событий (целей), причем продолжительность этих путей может быть разной.

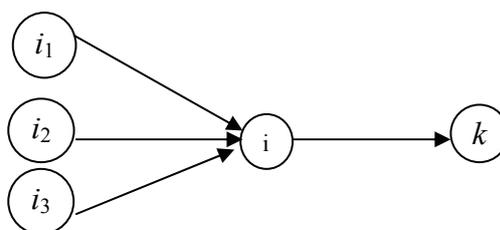
Для каждой работы в сетевом графике определяют 6 временных параметров: $t_{ij}^{p.n}$ – раннее начало; $t_{ij}^{p.o}$ – раннее окончание; $t_{ij}^{n.n}$ – позднее начало; $t_{ij}^{n.o}$ – позднее окончание; R_{ij}^n – полный резерв времени; R_{ij}^c – свободный резерв времени.

Ранние начала и ранние окончания находятся в процессе расчета графика от начального события к конечному. Раннее окончание работы связано с ее ранним началом зависимостью

$$t_{ij}^{p.o} = t_{ij}^{p.n} + t_{ij}.$$

где t_{ij} – продолжительность выполнения работы.

Раннее начало работы есть самый ранний срок, в который работа может начаться. Численно он равен продолжительности самого длинного предшествующего данной работе пути. Как бы много ни было этих предшествующих путей, им всегда будут принадлежать работы, непосредственно предшествующие данной:



Из рисунка и первого правила построения сетевых графиков следует, что

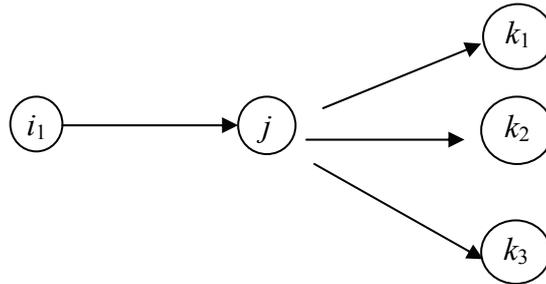
$$t_{jk}^{p.n} = \max \{ t_{ij}^{p.o} \}.$$

Вычисления по этой формуле производятся шаг за шагом в направлении от начального события к конечному.

Поздние начала и поздние окончания отыскиваются в процессе расчета графика «ходом назад» – от конечного события к начальному. Они связаны зависимостью

$$t_{ij}^{n.n} = t_{ij}^{n.o} - t_{ij}.$$

Позднее окончание работы определяет самый поздний срок, в который работа может закончиться, не увеличивая продолжительности критического пути. Численно позднее окончание работы равно разности между продолжительностью критического пути и самого длинного последующего за данной работой пути. Как бы много ни было таких путей, им всегда будут принадлежать работы, непосредственно последующие за данной:



В соответствии с определением и рисунком следует, что

$$t_{ij}^{п.о} = \min \{ t_{jk}^{п.н} \}.$$

Действительно, если из постоянной продолжительности критического пути вычитать длины разных по продолжительности путей, то минимум разности получится тогда, когда будет вычитаться путь максимальной длины. Вычисления по этой формуле производят шаг за шагом, от конечного события к начальному.

Полный резерв времени работы показывает, на какой промежуток времени можно отодвинуть сроки выполнения работы вправо (в сторону их увеличения), не увеличивая продолжительности критического пути:

$$R_{ij}^{п} = t_{ij}^{п.о} - t_{ij}^{п.н} = (t_{ij}^{п.н} + t_{ij}) - (t_{ij}^{п.н} + t_{ij}) = t_{ij}^{п.н} - t_{ij}^{п.н}.$$

Если на какой-то работе использован весь полный резерв времени, то по крайней мере один из последующих за данной работой путей станет критическим.

Свободный резерв времени определяет промежуток времени, на который можно отодвинуть сроки выполнения работы вправо, не меняя ранних начал последующих за ней работ, и вычисляется как

$$R_{ij}^{с} = t_{ik}^{п.н} - t_{ij}^{п.о}.$$

Так как работы jk , последующие за работой ij , все равно не могут начаться раньше, чем это определено их ранним началом $t_{ik}^{п.н}$, то использование свободного резерва на данной работе никак не отражается на сроках выполнения последующих работ.

Между резервами времени, которыми располагают работы, существует соотношение

$$R_{ij}^n \geq R_{ij}^c .$$

Кроме того, резервы не отрицательны: $R_{ij}^n \geq 0$ и $R_{ij}^c \geq 0$.

Работы, принадлежащие к критическому пути, имеют резервы времени, равные нулю, т. е. для них $R_{ij}^n = R_{ij}^c = 0$.

При расчете сетевых графиков в табличной форме используется списочная форма задания сетевого графика, в котором указываются цифровые коды ij и продолжительность работ t_{ij} .

Обязательна упорядоченная нумерация событий. Работы заносятся в список в порядке возрастания первых чисел их кодов I , при этом вначале записываются все работы, выходящие из 1-го (начального) события и имеющие первое число кода 1, затем – все работы, выходящие из 2-го события (начальное число кода 2); потом – из 3-го и т. д. Работы, выходящие из одного события, заносятся в список в порядке возрастания вторых чисел их кодов j . Так, если из события 5 выходят работы 5–6, 5–9, 5–8, то в список они должны заноситься в порядке 5–6, 5–8, 5–9.

При упорядоченной нумерации событий (для всех работ) и соблюдении правил занесения работ в список для любой работы ij вся информация о предшествующих работах будет расположена в строках таблицы, находящихся выше той, в которой записана информация о данной работе. При этом работы, непосредственно предшествующие данной, последним числом кода будут иметь i , т. е. начальное число кода данной работы. Вся информация о работах, последующих за работой ij , будет записана в строках таблицы, лежащих ниже. При этом работы, непосредственно последующие за данной, первым числом кода будут иметь j , т. е. последнее число кода данной работы.

Цель расчета состоит в определении ранних и поздних сроков выполнения работ, резервов времени, которыми располагают работы, а также в индикации критического пути и определении календарных сроков выполнения работ, например по их ранним началам.

Расчет ранних сроков выполнения работ производится «ходом вперед», что соответствует движению в направлении от первой строки к последней. Алгоритм расчета ранних сроков следующий:

1) определяются ранние начала работ, выходящих из начального события (первое число кода этих работ $i = 1$);

2) по формуле находятся ранние окончания тех работ, для которых определены их ранние начала (если определено раннее окончание последней работы, переходят к п. 4);

3) по формуле определяются ранние начала работ, первое число кода которых равно $i + 1$ (переход к п.2);

4) конец.

Продолжительность критического пути равна максимальному из чисел 5-го столбца таблицы.

Расчет поздних сроков выполнения работ ведется «ходом назад». Алгоритм расчета поздних сроков такой:

1) определяется позднее окончание работ, входящих в последнее событие (последнее число кода этих работ равно числу событий в графике j), оно равно продолжительности критического пути;

2) по формуле находятся поздние начала работ, для которых найдены их поздние окончания, если определено позднее начало работы, код которой записан в первой строке, переходят к п. 4;

3) по формуле находятся поздние окончания работ, последнее число кода которых равно $j - 1$, переход к п. 2;

4) конец.

Далее следует расчет резервов времени, который можно выполнять в произвольном порядке. Однако целесообразно вначале вычислить полные резервы времени, а если они окажутся равными нулю, то для этих работ можно будет не вычислять свободных резервов, ибо последние будут равны нулю.

По формуле определяют свободные резервы для всех остальных работ.

Перечень работ по выполнению сетевой модели приведен в табл. 56.

Таблица 56

Перечень работ

Код работы	Наименование работы	Код события	Наименование события	Продолжительность работы, дн
1–13	Изучение литературы	12	Литература изучена	65
1–2	Подбор материалов	2	Материалы подобраны	5
2–3	Закупка материалов	3	Материалы закуплены	5
3–4	Распиловка и резка материала	4	Материалы раскроены	5

Код работы	Наименование работы	Код события	Наименование события	Продолжительность работы, дн
3–8	Вязка узлов	8	Узлы изготовлены	5
4–5	Изготовление стенда	5	Стенд изготовлен	10
5–6	Окраска стенда	6	Стенд окрашен	2
6–7	Сушка стенда	7	Стенд высох	2
8–9	Изготовление образцов грузозахватных механизмов	9	Образцы изготовлены	25
7–10	Лакирование багета	10	Багет залакирован	2
10–11	Сушка багета	11	Багет высох	2
9–11	Окраска образцов грузозахватных механизмов	11	Образцы окрашены	2
11–12	Сушка образцов грузозахватных механизмов	12	Образцы высохли	2
12–13	Оформление стенда	13	Стенд оформлен	23
13–14	Защита дипломного проекта	14	Диплом сдан	10

3.2 Исходные данные для расчета сетевого графика изготовления стенда

Для расчета используют следующие данные (рис. 123).

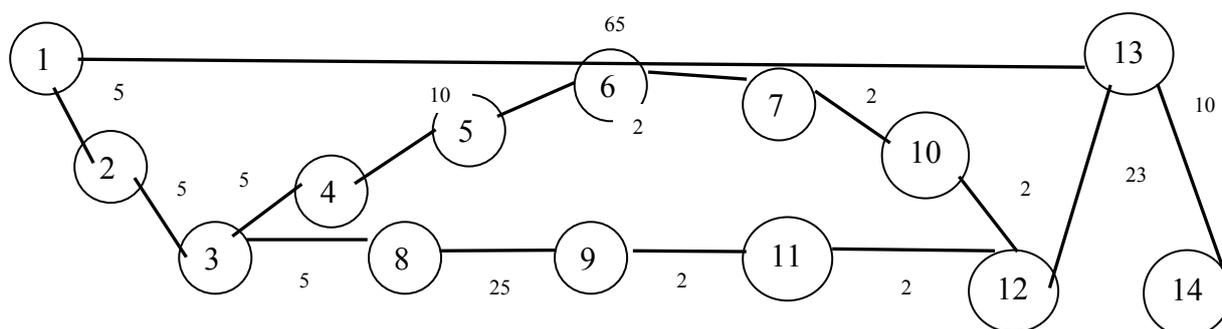


Рис. 123. Сетевой график процесса изготовления стенда

Расчет параметров сетевого графика табличным методом представлен в табл. 57.

Расчет параметров сетевого графика табличным методом

Предшествующее событие i	Последующее событие j	Продолжительность работы t_{ij}	Раннее начало работ $t_{\text{р.н}}(ij)$	Раннее окончание работ $t_{\text{р.о}}(ij)$	Позднее начало работ $t_{\text{п.н}}(ij)$	Позднее окончание работ $t_{\text{п.о}}(ij)$	Полный резерв времени работ $R_{\text{п}}(ij)$	Частный резерв времени работ $\text{Ч}_{(ij)}$
1	2	5	0	5	0	5	0	0
1	13	65	0	65	2	67	2	2
2	3	5	5	10	5	10	0	0
3	4	5	10	15	10	15	0	0
3	8	5	10	15	10	15	0	0
4	5	10	15	25	26	36	11	0
5	6	2	25	27	36	38	11	0
6	7	2	27	29	38	40	11	0
7	10	2	29	31	40	42	11	0
8	9	25	15	40	15	40	0	0
9	11	2	40	42	40	42	0	0
10	12	2	31	33	42	44	11	0
11	12	2	42	44	42	44	0	0
12	13	23	44	67	44	67	0	0
13	14	10	67	77	67	77	0	0

Примечание. i – предшествующее событие; j – последующее событие; t_{ij} – продолжительность работы; $t_{\text{р.н}}(ij)$ – раннее начало работ; $t_{\text{р.о}}(ij)$ – раннее окончание работ; $t_{\text{п.н}}(ij)$ – позднее начало работ; $t_{\text{п.о}}(ij)$ – позднее окончание работ; $R_{\text{п}}(ij)$ – полный резерв времени работ; $\text{Ч}_{(ij)}$ – частный резерв времени работ.

Для расчета полного и частного резервов времени работ используются следующие формулы:

$$R_{\text{п}}(ij) = t_{\text{п.о}}(ij) - t_{\text{р.о}}(ij);$$

$$\text{Ч}_{(ij)} = t_{\text{р.н}}(jh) - t_{\text{р.о}}(ij),$$

где $t_{\text{р.н}}(jh)$ – раннее начало последующей работы.

Выводы:

1. Сетевой график изготовления стенда (рис. 123) имеет следующие пути:

L_1 : 1 – 13 – 14; $t_{L1} = 75$ дн.

L_2 : 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 10 – 12 – 13 – 14; $t_{L2} = 66$ дн.

L_3 : 1 – 2 – 3 – 8 – 9 – 11 – 12 – 13 – 14; $t_{\text{кр}} = t_{L3} = 77$ дн.

2. Критический путь равен 77 дней и не имеет резервов времени.

3. Для расчета резервов времени событий необходимо определить ранние и поздние сроки наступления событий (табл. 58).

Таблица 58

Расчет ранних и поздних сроков свершения событий и резервов времени событий

Код событий	t_{pi}	t_{ai}	R_i
1	0	0	0
2	5	5	0
3	10	10	0
4	15	15	0
5	25	36	11
6	27	38	11
7	29	40	11
8	15	15	0
9	40	40	0
10	31	42	11
11	42	42	0
12	44	44	0
13	67	67	0
14	77	77	0

3.3. Смета затрат на изготовление стенда

Себестоимость продукции – это стоимостная оценка используемых в процессе производства продукции природных ресурсов, сырья, материалов, топлива, энергии, основных фондов, трудовых ресурсов, а также других затрат на её производство и реализацию. Состав себестоимости регламентируется постановлением Правительства РФ №552 от 05.08.92 г. с учетом изменений и дополнений №661 от 01.07 95 г. и главой 25 Налогового кодекса РФ. В себестоимость входят: материальные затраты (за вычетом стоимости возвратных отходов); затраты на оплату труда (все виды оплаты труда и другие выплаты); отчисления на социальные нужды; амортизация основных фондов; прочие денежные затраты.

Пример расчета затрат на изготовление стенда (табл. 59, 60)

Расчет расходов на оплату труда исполнителю, занятому изготовлением стенда, руководителю работы и консультантам, производится следующим образом.

Исполнитель – тарифная ставка 8 000 руб. в месяц;

Районный коэффициент – 30 %;

Северная надбавка – 30 %.

Следовательно, месячный оклад

$$8\,000 \text{ руб.} \times 30\% \times 30\% = 12\,800 \text{ руб.}$$

Продолжительность выполнения работ – 3 календарных месяца, т. е.

$$12\,800 \text{ руб.} \times 3 \text{ мес.} = 38\,400 \text{ руб.}$$

Руководитель – проф, д-р. техн. наук:

тарифная ставка: 16 разряд (187 руб/ч);

продолжительность консультаций – 20 часов. Отсюда имеем

$$187 \text{ руб.} \times 20 \text{ ч} = 3740 \text{ руб.}$$

Консультации по экономике: доц., канд. техн. наук:

тарифная ставка: 13 разряд (140 руб/ч);

продолжительность консультаций – 5 ч. Отсюда

$$140 \text{ руб.} \times 5 \text{ ч} = 700 \text{ руб.}$$

Консультации по БЖД: доц., канд. техн. наук:

тарифная ставка: 13 разряд (140 руб/ч);

продолжительность консультаций – 5 ч. Получаем

$$140 \text{ руб.} \times 5 \text{ ч} = 700 \text{ руб.}$$

Таблица 59

Расчет стоимости материалов, необходимых для изготовления стенда

Наименование материалов	Количество	Цена, руб.	Сумма, руб.
Багет, м	24	20	480
Стекло, м ²	1,8	180	324
ДВП, м ²	5,76	60	346
Краска, кг	1,15	115	132
Лак, кг	1	120	120
Фанера, м ²	0,15	120	18
Шнур, м	6	6	36
Канат стальной, м	1	200	200
Металл (лист 3мм), м ²	1	400	400
Фурнитура, шт.	4	100	400
Итого:			2 456

Таблица 60

Смета затрат на изготовление стенда

Элементы	Сумма, руб.
Материалы	2 456
Оплата труда исполнителя	38 400
Оплата труда руководителя	3 740
Оплата труда консультантов	1 400
Единый социальный налог – 26,2 %	10 061
Амортизационные отчисления	1 000
Итого:	57 057
Накладные расходы 15%	8 558
Всего:	65 615

4. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ТАКЕЛАЖНЫХ И МОНТАЖНЫХ РАБОТАХ

Чтобы обеспечить безопасность такелажных работ, их выполняют в соответствии с проектом производства работ (ППР), технологическими картами или технологическими записками. Регламентирующими документами по технике безопасности для такелажников и стропальщиков служат СНиП III-4-80 «Техника безопасности в строительстве», правила Ростехнадзора и ведомственные стандарты или инструкции, например ОСТ 36-28-78 «Система стандартов безопасности труда. Такелажные работы. Общие требования безопасности».

Такелажные работы, как правило, начинают с подготовительных работ. Вначале такелажников знакомят с проектом производства работ, технологической картой или технологической запиской. В соответствии с заданием подбирают необходимую оснастку, приспособления и механизмы.

При выборе способов подъема и перемещения грузов учитывают степень безопасности выбранного способа. При этом учитывают следующие факторы: топографические (рельеф местности, планировку, размеры опасной зоны, отметку расположения работающего от условного нуля и др.); организационные (совмещение работ, в том числе по высоте, условия действующего цеха и т. п.); метеорологические (температуру, ветер, туман, дождь, снегопад и т. п.); вредность и опасность окружающей среды (загазованность, запыленность, взрыво- и пожароопасность и т. п.); эргономические (физическую и психологическую нагрузку на работающего, освещенность рабочего места, соответствие индивидуальных качеств работающего характеру выполняемых работ и т. п.); возможность наблюдения за движением груза; связь между участниками подъема и перемещения груза; потенциальную опасность (напряжение в канатах, элементах такелажных приспособлений, якорей, оборудования и т. п.).

Стальные канаты, поступившие на хранение, подлежат немедленному осмотру и смазыванию канатной смазкой оголенных при транспортировании участков каната. При длительном хранении канаты периодически, не реже чем через 6 месяцев, осматривают по наружному слою и смазывают.

Стальные канаты и изделия из них хранят смазанными в закрытых сухих проветриваемых помещениях, на стальном, бетонном, деревянном полу или на деревянных подкладках. Канаты смазывают при постоянной работе раз в три месяца, при хранении на складе или эпизодической работе – раз в год.

Для оценки безопасности использования канатов используют следующие критерии:

характер и число обрывов проволок, в том числе наличие обрывов проволок у концевых заделок, наличие мест сосредоточения обрывов проволок, интенсивность возрастания числа обрывов проволок; разрыв пряди;

поверхностный и внутренний износ;

поверхностная и внутренняя коррозия;

местное уменьшение диаметра каната, включая разрыв сердечника;

уменьшение площади поперечного сечения проволок каната (потери внутреннего сечения);

деформация в виде волнистости, корзинообразности, выдавливания проволокой прядей, раздавливания прядей, перегибов и т. п.;

повреждение в результате температурного воздействия или электрического дугового разряда.

Канаты грузоподъемных машин, предназначенных для подъема людей, а также транспортирующих расплавленный или раскаленный металл, огнеопасные и ядовитые вещества, бракуют при вдвое меньшем числе обрывов проволок.

Браковка съемных грузозахватных приспособлений, находящихся в эксплуатации, должна производиться согласно нормативным правовым актам, определяющим порядок, методы браковки и браковочные показатели.

При отсутствии владельца нормативных правовых актов браковку элементов канатных и цепных стропов производят в соответствии с рекомендациями, приведенными в настоящем положении.

Канатный строп подлежит браковке, если число видимых обрывов наружных проволок каната превышает указанное в таблице:

Стропы из канатов двойной свивки	Число видимых обрывов проволок на участке канатного стропа длиной		
	$3d$	$6d$	$30d$
	4	6	16

Цепной строп подлежит браковке при удлинении звена цепи более чем на 3 % от первоначального размера и при уменьшении диаметра сечения звена цепи вследствие износа более чем на 10 %.

Канаты полиспаста хранят на барабанах (катушках) лебедок отдельно от блоков. Канаты тяговых полиспастов при их работе и хранении предохраняют от загрязнения. Во избежание загрязнения на движущийся канат, направляемый на лебедку, подкладывают доски или инвентарные козлы с вращающимися катками. Блоки тяговых полиспастов, перемещаемые по земле, укладывают на инвентарные сани.

Якоря для расчалок такелажных приспособлений (мачт, порталов, стрел и т. п.) должны быть удалены от такелажного приспособления на расстояние не менее высоты этого приспособления.

Для разъемных соединений канатов необходимо применять клиновые зажимы с вкладышем, выполненным по профилю соединяемых канатов, а также рожковые зажимы или зажимы других типов, у которых имеется дужка, изогнутая по диаметру каната.

После изготовления расчалок, оттяжки и тяги с разъемными соединениями концов (петлями на зажимах) осматривают и удостоверяются, что они соответствуют ППР. Результаты осмотра и проверки заносят в журнал. Неразъемные узлы крепления расчалок, оттяжек и тяг изготавливают в мастерских монтажных управлений. После изготовления проверяют, отвечают ли они требованиям нормативных документов по изготовлению неразъемных соединений и канатов и испытывают на усилие, равное 1,25 от максимального рабочего. Величину испытательного усилия контролируют по динамометру, результаты испытаний заносят в журнал.

Натяжение расчалок (например, при наклонах мачт в обе стороны от вертикали, при дотягивании оборудования, поднимаемого методом поворота через шарнир) контролируют динамометрами, которые устанавливают в месте закрепления расчалок и тяг за якорь. Если в системе расчалки есть полиспаст, то динамометр устанавливают в месте крепления к нижнему блоку неподвижной нити полиспаста.

Перед каждым подъемом грузов или конструкций, а также в тех случаях, когда такелажное оборудование еще не было в эксплуатации, все грузоподъемные механизмы и такелажную оснастку осматривают, а затем опробуют. Стропы опробуют, поднимая ими, номинальный груз на высоту 200–300 мм и выдерживая его в этом положении 10–20 мин.

Во время опробования осматривают стропы, особенно в местах счаливания или соединения зажимами.

Съемные грузозахватные приспособления (стропы, цепи, траверсы, клещи и т. п.) после изготовления подлежат техническому освидетельствованию на заводе изготовителя, а после ремонта – на заводе, на котором они ремонтировались. При техническом освидетельствовании съемные грузозахватные приспособления испытывают нагрузкой, в 1,25 раза превышающей их номинальную грузоподъемность.

В процессе эксплуатации съемные грузозахватные приспособления и тару периодически осматривают: один месяц – захваты, через каждые 10 дней – стропы. Результаты осмотра такелажных приспособлений заносят в журнал учета и осмотра. Траверсы так же, как и стропы, испытывают через каждые 6 месяцев с нагрузкой, на 25 % превышающей их номинальную грузоподъемность. Полиспасты и блоки испытывают один раз в год.

Домкраты также испытывают раз в год при периодическом техническом освидетельствовании. Испытания проводят статической нагрузкой, превышающей предельную грузоподъемность не менее чем на 10 %, в течение 10 мин. При этом винты (рейки, штоки) должны быть выдвинуты в крайнее верхнее положение.

Ручные и электрические тали и лебедки испытывают один раз в год, проверяя их нагрузкой, превышающей рабочую на 25 %. Лебедки, предназначенные для подъема людей и взрывчатых грузов, а также тали при статическом испытании проверяют нагрузкой, превышающей в 1,5 раза их грузоподъемность, а при динамическом – нагрузкой, превышающей грузоподъемность на 10 %.

Руководство предприятия, организации (директор, главный инженер), куда поступили для эксплуатации грузозахватные приспособления, должны создать условия, чтобы приспособления и тара были в исправном состоянии и безопасны в работе. Для этого организуют надлежащее освидетельствование, ремонт и обслуживание, назначают ответственных лиц, отвечающих за безопасную эксплуатацию грузозахватных устройств; создают ремонтные службы и устанавливают порядок профилактических осмотров и ремонтов приспособлений.

Инженерно-технические работники по надзору за грузоподъемными машинами и грузозахватными приспособлениями обязаны осуществлять надзор за техническим состоянием и безопасной эксплуа-

тацией грузозахватных приспособлений и применять меры по предупреждению работы с нарушениями правил безопасности, обращая особое внимание на соблюдение правил производства работ, в частности на правильность применяемых способов строповки грузов, соблюдение правильных приемов работы и условий личной безопасности стропальщиками и такелажниками, а также на соблюдение габаритов при укладке грузов и правильности установки самоходных кранов. Кроме того, ответственный инженерно-технический работник должен освидетельствовать грузозахватные приспособления и тару, контролировать исполнение данных им предписаний, а также выполнение графиков периодического осмотра и ремонта.

При подъеме и перемещении грузов грузоподъемными кранами с использованием грузозахватных приспособлений соблюдают следующие требования: для строповки груза необходимо применять стропы, соответствующие массе поднимаемого груза, с учетом числа ветвей и угла их наклона; мелкоштучные грузы поднимают и перемещают в специальной таре, при этом должна исключаться возможность выпадения отдельных грузов; подъем железобетонных и бетонных изделий массой более 500 кг, не имеющих маркировки и указания о фактической массе, запрещается; перед подъемом груз предварительно поднимают на высоту не более 200–300 мм для проверки правильности строповки.

Работу на такелажном оборудовании должен выполнять аттестованный стропальщик-такелажник, которому выдается соответствующее удостоверение об аттестации, подписанное председателем комиссии. Во время работы стропальщик-такелажник должен иметь удостоверение при себе и предъявлять его по требованию инспектора Ростехнадзора, лиц, ответственных за надзор и за безопасное производство работ, а также по требованию машиниста крана.

На погрузочно-разгрузочных операциях работы непосредственно с грузом должны производиться в рукавицах, а при применении грузоподъемных механизмов – в рукавицах и касках.

Для фиксации груза в кузове автомобиля или в железнодорожном вагоне должны применяться деревянные или металлические упоры, упорные рампы, щиты. Крепление груза в кузове автомобиля с применением проволоки, металлических канатов не допускается.

Места производства погрузочно-разгрузочных работ, включая проходы и проезды, должны иметь достаточное естественное и искус-

ственное освещение, твердое и ровное покрытие, содержаться в чистоте и своевременно очищаться от мусора, а зимой от снега и льда и не загромождаться. Складирование материалов, каких-либо предметов в местах производства погрузочно-разгрузочных работ не допускается.

Для безопасного производства такелажных работ с использованием грузоподъемных машин администрация организации обязана обеспечить наличие на местах производства работ исправных и допущенных к эксплуатации в установленном порядке съемных грузозахватных приспособлений, тары, списка основных перемещаемых грузов с указанием их габаритно-весовых характеристик, мест зацепки и мест складирования.

Грузоподъемные машины, съемные грузозахватные приспособления и тару, не прошедшие технического освидетельствования, к работе допускать запрещается.

Неисправные съемные грузозахватные приспособления, а также приспособления, не имеющие бирок (клейм), не должны находиться в местах производства работ.

Допущенный к самостоятельной работе стропальщик-такелажник должен обладать следующими навыками:

- иметь понятие об устройстве обслуживаемого им оборудования и знать его грузоподъемность;

- уметь подбирать необходимые для работы стропы (по грузоподъемности, числу ветвей, длине и углу наклона ветвей стропа к вертикали) и другие грузозахватные приспособления в зависимости от массы и характера перемещаемого груза;

- уметь определять пригодность стропов и других съемных грузозахватных приспособлений и тары;

- уметь производить правильную обвязку и подвешивание груза на крюк;

 - знать нормы заполнения тары;

- знать установленный на предприятии (строительстве) порядок обмена сигналами с машинистом крана;

 - знать порядок и габариты складирования грузов;

- знать приемы освобождения от действия тока лиц, попавших под напряжение, и способы оказания им первой медицинской помощи;

 - знать производственную инструкцию.

Стропальщик-такелажник должен знать место расположения рубильника, подающего напряжение на главные троллейные провода или на гибкий кабель электрического крана, и уметь отключать кран от сети в необходимых случаях.

При подъеме и перемещении груза краном стропальщик-такелажник должен выполнять следующие операции:

предварительно подать сигнал для подъема груза на высоту 200–300 мм, проверить при этом правильность строповки, равномерность натяжения стропов, устойчивость крана и действия тормозов;

при снятии груза с фундаментных болтов следить, чтобы подъем производился с наименьшей скоростью, без перекосов, заеданий и горизонтального перемещения груза до полного снятия его с болтов;

по указателю грузоподъемности перед подъемом груза стреловыми самоходными кранами убедиться, что установленный машинистом вылет стрелы соответствует массе поднимаемого груза;

перед горизонтальным перемещением груза убедиться в том, что он поднят на высоту не менее 0,5 м и находится выше встречающихся на пути предметов;

при перемещении груза сопровождать его и следить, чтобы он не перемещался над людьми и не мог за что-либо зацепиться;

для предотвращения самопроизвольного разворота длинных и громоздких грузов во время их подъема или перемещения применять специальные оттяжки;

укладывать груз равномерно, без нарушения установленных для складирования габаритов и без загромождения проходов и проездов;

производить подъем сыпучих и мелкоштучных грузов в специально предназначенной таре, при этом заполнять тару не выше установленной нормы.

Запрещается подъем грузов в виде пакетов без приспособлений, исключающих возможность выпадения отдельных элементов из пакета. Стропальщик может находиться возле груза во время его подъема или опускания, если груз находится на высоте не более 1 м от уровня площадки.

В цехах с повышенным уровнем шума для оповещения и опознания движущегося транспортного средства дополнительно к звуковой сигнализации должна применяться и световая сигнализация.

Погрузка и выгрузка грузов типа баллонов, сосудов с газами или жидкостями, а также их крепление для перевозки на автотранспорте

должны производиться силами и средствами грузоотправителя или грузополучателя под контролем водителя.

При подъеме и перемещении груза стропальщику-такелажнику запрещается:

находиться на грузе во время его подъема или перемещения, а также допускать подъем или перемещение груза, если на нем находятся другие люди;

находиться под поднятым грузом или допускать нахождение под ним других людей;

оттягивать груз во время его подъема, перемещения и опускания;

допускать пребывание людей на железнодорожной платформе, в кузове автомобиля, в полувагоне при их погрузке или разгрузке;

производить погрузку и разгрузку автомашин, если в них находятся люди.

При работе стреловых самоходных кранов во избежание зажатия между поворотной и неповоротной частями крана такелажник не должен находиться в опасных местах.

Запрещается выполнять погрузочно-разгрузочные работы с опасными грузами при обнаружении несоответствия тары требованиям нормативно-технической документации, неисправной тары, а также в случае отсутствия маркировки и предупредительных надписей на ней.

Перед опусканием груза стропальщик-такелажник обязан:

предварительно осмотреть место, на которое необходимо опустить груз, и убедиться в невозможности падения, опрокидывания или сползания груза;

снимать стропы с груза или крюка лишь после того, как груз будет надежно установлен, а при необходимости – и закреплен.

Устройство и эксплуатация напольных средств транспорта – электрокар, погрузчиков и автокранов – также требуют строгого соблюдения целого ряда мер безопасности. Все электрокары должны быть снабжены поворотными устройствами и тормозами, автоматически срабатывающими при снятии любой ноги с педали, звуковыми и световыми (при работе ночью) сигналами. Электрокары следует обшивать по периметру бортовой доской, препятствующей выдвиганию груза за их габарит.

Эксплуатация погрузчиков должна соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.011–75 ССБТ «Машины строительные и дорожные. Общие требования безопасности», а при эксплуатации кранов – требованиям,

содержащимся в «Правилах по охране труда на автомобильном транспорте».

Перевозка людей на электро- и автокарах, грузовых прицепах и не оборудованных для этой цели автомобилях запрещается.

Применяемые на машиностроительных предприятиях в качестве подъемников грузовые, грузопассажирские и пассажирские лифты, как вновь устанавливаемые, так и прошедшие капитальное переустройство, могут вводиться в эксплуатацию лишь после освидетельствования и испытания их инспекторами Ростехнадзора. До освидетельствования лифт обязательно регистрируется в местной инспекции Ростехнадзора.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Монтаж технологических машин и оборудования является одним из важных и ответственных этапов их технической эксплуатации, а по объему и составу работ он превосходит все периоды жизненного цикла техники, начиная от её создания и заканчивая утилизацией. Особое место среди большого перечня и широкой номенклатуры технологических машин и оборудования занимает монтаж горной техники. Особенностью монтажа этого вида машиностроительных изделий является сложность организации технологических процессов сборки вследствие их больших габаритов и металлоемкости, широкой функциональности узлов и механизмов, а также разнообразных климатических и горно-геологических условий. Это обстоятельство обязывает строительно-монтажные организации иметь мощное грузоподъемное оборудование и квалифицированные кадры, способные осуществлять сборку механической, гидравлической, пневматической частей, контрольно-измерительных приборов и автоматики. Кроме того, большие габариты горной техники на стадии монтажа требуют соответствующих размеров монтажных площадок, оснащенных современными техническими (сварочными постами, машиностроительными и заточными станками и др.) и такелажными средствами.

Важным этапом подготовки к монтажу является разработка технической и технологической документации на основные и вспомогательные процессы, содержащие инструкции и формуляры по сборке и пусконаладочным работам, графики, комплектовочные ведомости, проекты, геодезическое обоснование фундаментов и т. д. В связи с широкой номенклатурой горной техники разнообразны состав монтажных работ, требования, предъявляемые к монтажной площадке, основные этапы монтажных работ экскаваторов-мехлопат, экскаваторов-драглайнов, роторной и отвальной техники, конвейерных линий и драг. Рассмотрены виды и устройство фундаментов, их расчет и проверка, основные принципы монтажа машин на фундаменты. Даны требования, предъявляемые к фундаментам.

Монтаж технологических машин и оборудования ведут тремя способами: хозяйственным, подрядным и совмещенным. При этом методы и способы монтажа могут существенно отличаться, однако основные этапы деятельности монтажной организации остаются не-

изменными. Сохраняются и общие принципы технологических процессов сборки узлов и соединений. В работе изложены основные сведения о методах и способах сборки разъемных соединений на валы: подшипников скольжения и качения, цилиндрических, конических и червячных передач.

Изучение указанного материала основано на применении действующих исследовательских лабораторных установок и стендов, использование которых позволяет студентам приобрести практические навыки по сборке основных сопрягаемых узлов и механизмов, а также контролю и проверке качества проведения сборочных операций.

Важное значение имеют правила безопасного ведения такелажных работ, которые в работе изложены применительно к грузоподъемным операциям, проводимым в период монтажа машин и оборудования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Глик, А. К. Сборка и монтаж изделий тяжелого машиностроения / А. К. Глик. – М. : Машиностроение, 1968. – 310 с.
2. Касаткин, Н. Л. Ремонт и монтаж металлургического оборудования / Н. Л. Касаткин. – М. : Металлургия, 1970. – 312 с.
3. Русихин, В. И. Эксплуатация и ремонт механического оборудования карьеров: учебник для вузов / В. И. Русихин. – М. : Недра, 1982. – 214 с.
4. Гилёв, А. В. Эксплуатация горного оборудования : учеб. пособие / А. В. Гилёв; ГАЦМиЗ. – Красноярск, 1996. – 128 с.
5. Юматов, Б. П. Горные машины для разработки россыпей: учебник для вузов. / Б. П. Юматов. – М. : Недра, 1964. – 376 с.
6. Притыкин, Д. П. Надёжность, ремонт и монтаж металлургического оборудования / Д. П. Притыкин. – М. : Металлургия, 1985. – 363 с.
7. Плахтин, В. Д. Надёжность, ремонт и монтаж металлургических машин / В. Д. Плахтин. – М. : Металлургия, 1983. – 415 с.
8. Шилов, П. М. Технология производства и ремонт горных машин / П. М. Шилов. – Киев : Выща шк., 1986. – 400 с.
9. Чернавский, С. А. Подшипники скольжения / С. А. Чернавский. – М. : Машгиз, 1963. – 354 с.
10. Чернавский, С. А. Проектирование механических передач / С. А. Чернавский. – М. : Машиностроение, 1984. – 557 с.
11. Волкогва, Д. П. Производство зубчатых колес : справ. / Д. П. Волкогва. – М. : Машиностроение, 1990. – 301 с.
12. Орлов, П. И. Основы конструирования : справ.-метод. пособие / П. И. Орлов – М. : Машиностроение, 1988. – 320 с.
13. Талдыкин, Ю. А. Сборка подшипников качения / Ю. А. Талдыкин. – Ачинск, 1969. – 150 с.
14. Мягков, В. Д. Допуски и посадки : справ. / В. Д. Мягков, М. А. Палей. – Л. : Машиностроение. Ленинград. отд-ние, 1978. – 325 с.
15. Перель, А. Я. Подшипники качения : справ. / А. Я. Перель. – М. : Машиностроение, 1980. – 264 с.
16. Якушев, В. А. Взаимозаменяемость, стандартизация, технические измерения / В. А. Якушев, Л. Н. Воронцов, И. М. Федоров. – М. : Машиностроение, 1986. – 355 с.

17. Шейблинт, А. Е. Курсовое проектирование деталей машин / А. Е. Шейблинт. – М. : Высш. шк, 1991. – 234 с.
18. Чернега, В. И. Краткий справочник по грузоподъемным машинам / В. И. Чернега, И. Я. Мазуренко. – Киев : Техника, 1981. – 360 с.
19. Гинзбург-Шик, Л. Д. Грузоподъемные механизмы и тяжелые работы при монтаже оборудования тепловых электростанций / Л. Д. Гинзбург-Шик. – М. : Энергоиздат, 1983. – 272 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СБОРКИ И МОНТАЖА ГОРНЫХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ.....	5
1.1. Виды эксплуатации технологического оборудования.....	5
1.2. Основные этапы монтажных работ.....	8
1.3. Поставка, хранение и подготовка машины и оборудования к монтажу.....	11
1.4. Устройство и оборудование монтажной площадки.....	13
1.5. Организация и технология монтажа.....	16
1.6. Монтаж экскаваторов-мехлопат.....	22
1.7. Монтаж экскаваторов-драглайнов.....	22
1.8. Монтаж роторных экскаваторов.....	27
1.9. Монтаж отвалообразователей и конвейерных линий	30
1.10. Монтаж драг.....	32
1.11. Установка оборудования на фундамент.....	36
1.12. Расчет и проверка фундаментов.....	43
1.13. Проверка и приемка работ по сооружению фундаментов.....	47
1.14. Общие положения сборки машин и узлов.....	48
1.15. Сборка валов.....	54
1.16. Сборка зубчатых передач.....	61
1.17. Балансировка вращающихся деталей и узлов.....	68
1.18. Такелажные работы и оборудование при монтаже машин.....	85
2. ПРАКТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СБОРКИ И МОНТАЖА ГОРНЫХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ.....	118
2.1. Учебно-исследовательская работа 1 Сборка конических зубчатых передач.....	118
2.2. Учебно-исследовательская работа 2 Сборка червячных передач.....	126

2.3. Учебно-исследовательская работа 3	
Сборка валов на опорах качения.....	133
2.4. Учебно-исследовательская работа 4	
Сборка валов на опорах скольжения.....	155
2.5. Учебно-исследовательская работа 5	
Проверка соосности валов.....	173
2.6. Учебно-исследовательская работа 6	
Статическая балансировка деталей.....	182
2.7. Учебно-исследовательская работа 7	
Исследование такелажной оснастки для сборочных и монтажных работ.....	194
3. ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ СТЕНДОВ ПО СБОРКЕ УЗЛОВ МАШИН.....	226
3.1. Сетевая модель выполнения работы.....	226
3.2. Исходные данные для расчета сетевого графика изготовления стенда.....	234
3.3. Смета затрат на изготовление стенда.....	236
4. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ТАКЕЛАЖНЫХ И МОНТАЖНЫХ РАБОТАХ.....	239
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	248
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	250

Учебное издание

**Гилёв Анатолий Владимирович
Чесноков Валерий Тимофеевич
Шигин Андрей Олегович**

**МОНТАЖ ГОРНЫХ МАШИН
И ОБОРУДОВАНИЯ**

Учебное пособие

Редактор Л. Х. Бочкарева
Корректор В. Р. Наумова
Компьютерная верстка Н. Г. Дербеневой

Подписано в печать 15.06.2012. Печать плоская. Формат 60x84/16
Бумага офсетная. Усл. печ. л. 16,0. Тираж 500 экз. Заказ № 3548

Редакционно-издательский отдел
Библиотечно-издательского комплекса
Сибирского федерального университета
660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79
Тел./ факс (391) 206-21-49, e-mail: rio@lan.kras.ru

Отпечатано полиграфическим центром
Библиотечно-издательского комплекса
Сибирского федерального университета
660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 82а
Тел/факс (391)206-26-58, 206-26-49
E-mail: print_sfu@mail.ru; <http://lib.sfu-kras.ru>