Chipmaker.ru

А. А. Богорад

ГРУЗОПОДЪЕМНЫЕ И ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ

А. А. Богорад

А. А. Богорад

ГРУЗОПОДЪЕМНЫЕ И ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ

Допущен Главным управлением кадров
и учебных заведений Министерства монтажных
и специальных строительных работ СССР
в качестве учебника для техникумов

МОСКВА «МЕТАЛЛУРГИЯ» 1989

УДК 621.86/87(075)

Рецензенты: инженеры *Т. Г. Шубина и Д. Н. Смирнов*

УДК 621.86/87(075)
Грузоподъемные и транспортные машины. Богорад А. А.
Учебник для техникумов. М.: Металлургия, 1989. 416 с.

Изложены назначение, устройство, работа, основные технические характеристики и области применения грузоподъемных, транспортных машин и такелажных средств. Приведена классификация машин, применяемых для производства строительно-монтажных работ. Изложены принципы действия и методы расчета механизмов и машин, а также методика выбора машин с учетом экономической эффективности.

Предназначена в качестве учебника для учащихся техникумов по специальности «Монтаж и ремонт промышленного оборудования». Ил. 153. Табл. 43. Библиогр. список: 5 назв.

УЧЕБНИК

Александр Аркадьевич БОГОРАД

ГРУЗОПОДЪЕМНЫЕ
И ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ

Редактор издательства **Л. К. Беликов**
Художественный редактор **Ю. И. Смурыгин**
Технический редактор **Э. А. Кулакова**
Корректоры **И. М. Мартынова, Г. Ф. Лобанова**

ИБ № 3382

Сдано в набор 18.04.88. Подписано в печать 30.06.88. Т-13457. Формат бумаги 84×108 1/32. Бумага типографская № 1. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 21,84. Усл. кр.-отт. 21,84. Уч.-изд. л. 25,51. Тираж 30 600 экз. Заказ № 75. Цена 1 р. 10 к. Изд № 1665.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Металлургия», 119857, ГСП, Москва, Г-34, 2-й Обыденский пер., д. 14

Владимирская типография Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли
600000, г. Владимир, Октябрьский проспект, д. 7

Б $\frac{3601030000-002}{040(01)-89}$ 59—88 **Сводный «Высшая школа»**

ISBN 5-229-00113-5

© Издательство «Металлургия», 1989

Оглавление

Предисловие . . . 7
Введение 9
§ 1. Основные термины и определения 10
§ 2. Монтажные грузы 14
§ 3. Общая классификация и назначение машин 15
§ 4. Система индексации машин 16
§ 5. Основные нормативные документы на машины 20
§ 6. Система физических единиц 23
Контрольные вопросы 24

Раздел I. Детали и сборочные единицы ГПМ 25

Глава I. Общие сведения 25
§ 1. Классификация грузоподъемных машин 25
§ 2. Основные параметры кранов 28
§ 3. Режимы работы механизмов и машин . 32
§ 4. Режимы работы крановых электродвигателей 37
§ 5. Расчетные нагрузки 38
§ 6. Методы расчета 44
Контрольные вопросы 46

Глава II. Гибкие органы 46
§ 1. Стальные проволочные канаты 46
§ 2. Основные факторы, определяющие срок службы канатов 52
§ 3. Расчет и выбор стальных канатов 55
§ 4. Концевые крепления канатов 57
§ 5. Стальные цепи . 61
§ 6. Основные правила эксплуатации 64
Контрольные вопросы 69

Глава III. Грузозахватные органы и съемные устройства 70
§ 1. Грузовые крюки и петли 70
§ 2. Классификация съемных грузозахватных устройств 74
§ 3. Гибкие съемные грузозахватные устройства . 76
§ 4. Расчет и выбор гибких грузозахватных устройств 78
§ 5. Грузозахватные устройства дистанционного и полуавтоматического действия . 80
§ 6. Зажимные грузозахватные устройства 83
§ 7. Траверсы 85
§ 8. Основные правила эксплуатации 91
Контрольные вопросы 93

Глава IV. Сборочные единицы 94
§ 1. Блоки, барабаны и звездочки 94
§ 2. Тормозные устройства 98
§ 3. Остановы 99
§ 4. Безопасные рукоятки 102
§ 5. Ленточные тормоза 105
§ 6. Колодочные тормоза . 108
§ 7. Определение расчетного момента тормоза 116
§ 8. Регулирование колодочных тормозов 119
§ 9. Ходовые колеса 121
§ 10. Стреловое оборудование кранов 125
§ 11. Опорно-поворотные устройства 130
Контрольные вопросы . 131

Глава V. Полиспасты и блоки 133
§ 1. Назначение и устройство полиспаста 133
§ 2. Крановые полиспасты 137
§ 3. Монтажные блоки и обоймы 139
§ 4. Оптимальные схемы и правила запасовки канатов в полиспасты 142
§ 5. Основные правила эксплуатации 147
Контрольные вопросы 149

Глава VI. Приводы и механизмы машин 150

§ 1. Общие сведения о приводах 150
§ 2. Ручной привод 151
§ 3. Машинный привод 154
§ 4. Электрический привод 156
§ 5. Гидравлический привод 157
§ 6. Пневматический привод 165
§ 7. Комбинированный привод 166
§ 8. Общие сведения о механизмах 167
§ 9. Механизм подъема груза 167
§ 10. Механизм изменения вылета стрелы 171
§ 11. Механизм передвижения 173
§ 12. Механизм поворота 176
Контрольные вопросы 178

Глава VII. Системы управления кранами 179

§ 1. Классификация и краткие характеристики систем управления 179
§ 2. Основные эргономические требования 182
§ 3. Кабины кранов 183
§ 4. Дистанционное управление кранами 185
§ 5. Автоматизация управления кранами 186
§ 6. Манипуляторы 188
§ 7. Промышленные роботы 193
Контрольные вопросы 197

Раздел II. Грузоподъемные машины 198

Глава VIII. Грузоподъемные устройства 198

§ 1. Механические домкраты 198
§ 2. Гидравлические домкраты 201
§ 3. Лебедки с ручным приводом 205
§ 4. Лебедки с машинным приводом 210
§ 5. Установка монтажных лебедок 215
§ 6. Тали 218
§ 7. Основные правила эксплуатации 223
Контрольные вопросы 227

Глава IX. Стреловые самоходные краны 228

§ 1. Общие сведения 228
§ 2. Автомобильные краны 229
§ 3. Пневмоколесные краны 235
§ 4. Краны на специальных шасси автомобильного типа 240
§ 5. Гусеничные краны 242
§ 6. Зарубежные стреловые самоходные краны 247
§ 7. Улучшение грузовысотных характеристик стреловых самоходных кранов 252

§ 8. Краны-трубоукладчики и тракторные краны 256
§ 9. Железнодорожные краны 262
Контрольные вопросы 264

Глава X. Стреловые и башенные краны 264

§ 1. Мачтово-стреловые краны 265
§ 2. Жестконогие стреловые краны 267
§ 3. Легкие стреловые строительные краны 267
§ 4. Башенные краны 271
§ 5. Стреловые рельсовые краны 274
§ 6. Специальные самоподъемные краны 275
Контрольные вопросы 276

Глава XI Краны мостового типа 277

§ 1. Общие сведения 277
§ 2. Мостовые краны 278
§ 3. Козловые краны 280
§ 4. Кабельные краны 284
§ 5. Краны-штабелеры 287
§ 6. Крановые пути 288
Контрольные вопросы 290

Раздел III. Монтажные и транспортные машины 291

Глава XII. Такелажные средства 291

§ 1. Классификация такелажных средств 291
§ 2. Переносные монтажные стрелы 292
§ 3. Монтажные мачты . . 293
§ 4. Портальные подъемники и шевры 297
§ 5. Якоря . . 299
§ 6. Захватные устройства 303
§ 7. Многоветвевые канатные стропы 304
§ 8. Бестросовые захваты 308
§ 9. Шарниры 310
§ 10. Гидравлические подъемники 311
§ 11. Катки, тележки, сани 315
§ 12. Основные правила эксплуатации 317
Контрольные вопросы 318

Глава XIII. Транспортные машины 319

§ 1. Классификация транспортных машин 319
§ 2. Автомобили 322
§ 3. Тракторы и тягачи 328
§ 4. Прицепы и полуприцепы 333
§ 5. Специальные транспортные устройства 335
§ 6. Универсальные погрузчики 338
§ 7. Рельсовый транспорт 341
§ 8. Водный транспорт 343
§ 9. Специальный транспорт 347
§ 10. Основные правила эксплуатации 351
Контрольные вопросы 352

Раздел IV. Эксплуатация машин 353

Глава XIV Организация безопасной эксплуатации машин 353

§ 1. Общие требования безопасности 353
§ 2. Техническая документация по эксплуатации кранов 356

§ 3. Регистрация и техническое освидетельствование машин 358
§ 4. Расчет устойчивости стреловых кранов 360
§ 5. Автомобильные подъемники и монтажные вышки 364
§ 6. Управление монтажными операциями 369
§ 7. Выбор машин 370
Контрольные вопросы 373

Глава XV. Приборы и устройства безопасности 374

§ 1. Назначение и классификация приборов и устройств безопасности 374
§ 2. Ограничители грузоподъемности 375
§ 3. Ограничители крайних положений механизмов крана 378
§ 4. Указатели 386
§ 5. Сигнализаторы 388
§ 6. Приборы для измерения скорости ветра 389
§ 7. Противоугонные устройства 391
§ 8. Устройства для защиты от вибраций 393
§ 9. Безопасные полиспасты 393
§ 10. Типовая схема защиты электропривода с общим линейным контактором 396
Контрольные вопросы 398

Глава XVI. Техническая эксплуатация машин 398

§ 1. Транспортирование машин 399
§ 2. Монтаж (демонтаж) кранов . . 400
§ 3. Монтаж (демонтаж), передвижение и испытание мачт 401
Контрольные вопросы 404
Приложения . . 405
Рекомендательский библиографический список 415
Предметный указатель 415

Предисловие

Грандиозные задачи, определенные Директивами XXVII съезда КПСС, предусматривают все возрастающие объемы строительства новых и реконструкции действующих промышленных предприятий в различных отраслях народного хозяйства страны.

Для сокращения сроков и стоимости монтажа промышленного оборудования, ускорения сроков ввода мощностей в действие и повышения качества выполнения монтажных и пуско-наладочных работ повсеместно внедряется индустриальный метод производства монтажных работ, при котором промышленное оборудование (технологические аппараты, металлические конструкции и пр.) поставляют на площадку полностью собранными и испытанными на заводе-изготовителе или укрупненными блоками. Очевидно, что в этом случае существенно возрастают габариты и массы промышленного оборудования, а также технические требования к их транспортировке и монтажу. Так, в настоящее время масса отдельных технологических аппаратов достигает 1000 т при диаметре до 14 м и высоте до 100 м.

В настоящее время грузоподъемные, транспортные машины и такелажные средства настолько разнообразны по назначению, области применения, принципам действия, конструктивному исполнению и номенклатуре, что в данном издании не представляется возможным привести достаточно подробные описания и детальные расчеты даже для основных типов машин. Кроме того, настоящий учебник по курсу «Грузоподъемные и транспортные машины» для учащихся средних специальных учебных заведений по указанной специальности является первой попыткой обобщить и систематизировать обширный и разрозненный материал по грузоподъемным, транспортным машинам и такелажным средствам, применяемым для монтажа промышленного технологического оборудования. Поэтому в книге изложены общие принципы расчета и конструирования отдельных деталей, сборочных единиц машин и приведены типовые расчеты с учетом требований обеспечения надежности и безопасной эксплуатации их в реальных условиях производства монтажных работ. Во избежание повторения материала предыдущих курсов в учебнике изложены описания конструкций и особенности расчетов деталей машин применительно к специфическим условиям их эксплуатации на монтажных площадках.

В учебнике рассмотрены основные детали и сборочные единицы машин, назначение машин, области их применения, устройство, конструктивные особенности, технические характеристики, правила и приемы безопасной эксплуатации при производстве монтажных работ. Приведены основные методы расчета простых грузоподъемных машин, механизмов и такелажных средств, расчеты устойчивости различных типов кранов и др.

Большое внимание уделено вопросам выбора грузоподъемных, транспортных машин и такелажных средств для производства монтажных работ с учетом технико-экономической эффективности и требований безопасности, что позволит исключить возможные ошибки на практике.

За последние годы монтажные организации в содружестве с НИИ и проектно-конструкторскими организациями накопили большой опыт и достигли значительного прогресса в производстве монтажных работ. Многие прогрессивные научно-технические решения разработаны и внедрены в практику производства монтажных работ коллективами сотрудников институтов: ВНИИПТМАШ, ВНИИмонтажспецстрой, ВНИПИПСК, ВКТИмонтажспецстрой, Гипронефтеспецмонтаж и др., материалы которых использованы при написании учебника.

Объем и изложение материала учебника, включая иллюстрации, таблицы и приложения справочных данных, являются достаточными не только для успешного освоения курса, но и для выполнения курсового и дипломного проектирования, что практически исключает необходимость использования дополнительной технической литературы.

С учетом того, что материал тем 2.12 «Такелажные работы» и 2.13 «Расчет такелажной оснастки» учебной программы по курсу подробно изложен в учебном пособии Матвеева В. В. и Крупина Н. Ф. Примеры расчета такелажной оснастки. — Л.: Стройиздат. 1988. В настоящем учебнике указанный материал не приведен.

Автор выражает благодарность коллективам ВНИИМСС, ВНИИПТМАШ, Гипронефтеспецмонтаж, ВКТИмонтажспецстрой и др., оказавшим помощь в сборе материалов и подготовке рукописи, и рецензентам инженерам Д. Н. Смирнову и Т. Г Шубиной за правку рукописи, критические замечания и пожелания по ее доработке.

Введение

В нашей стране за последние годы выпущено более 500 типоразмеров самоходных кранов различного назначения. В настоящее время парк машин строительно-монтажных организаций включает более 100 тыс. шт. грузоподъемных кранов, такелажных средств и транспортных машин. Объем строительно-монтажных работ, выполняемых с применением кранов, превышает 90 % от общего объема работ.

В свою очередь, индустриальный метод монтажа промышленного оборудования, обладая значительной технико-экономической эффективностью, одновременно предъявляет повышенные требования к современной монтажной технике. Поэтому для успешного выполнения Директив XXVII съезда КПСС необходимо постоянно изучать развивающуюся монтажную технику, а при подготовке специалистов по монтажу промышленного оборудования внимание следует уделить изучению грузоподъемных, транспортных и такелажных средств. В соответствии с требованиями квалификационной характеристики техник-механик по спец. 0510 — «Монтаж и ремонт промышленного оборудования» должен:

знать назначение и области применения, конструкции и устройство грузоподъемных, транспортных машин и такелажных средств, правила техники безопасности при работе машин и основные положения по их эксплуатации;

уметь правильно выбрать необходимые грузоподъемные и транспортные машины и такелажные средства, владеть современными методами расчета такелажной оснастки и приспособлений, определять производительность машин, проводить их сравнительный технико-экономический анализ.

§ 1. Основные термины и определения

Термин монтажные работы происходит от французского слова монтаж — подъем, установка, сборка. В современном представлении монтаж технологического (промышленного) оборудования и строительных конструкций включает целый комплекс работ по подготовке проектно-сметной и технической документации; организации монтажной площадки; приемке фундаментов под оборудование; доставке оборудования на площадку; испытанию, укрупнительной и контрольной сборке его; установке оборудования в проектное положение; выверке и закреплению его на фундаменте; присоединению к нему коммуникаций для обспечения подачи сырья, воды, пара, сжатого воздуха и других продуктов, электроэнергии, а также удаления отходов производства (обвязка трубопроводами); выполнению теплоизоляции; установке контрольно-измерительных приборов (КИП) и автоматики; наружной окраске; проведению пуско-наладочных и приемно-сдаточных работ и пр. Однако с учетом целей и задач изучаемой дисциплины «Грузоподъемные и транспортные машины» в настоящем учебнике термин «монтаж» включает доставку оборудования и конструкций на монтажную площадку и установку их в проектное положение.

В соответствии с требованиями ГОСТ 15895—77 изделием в машиностроении называют предмет производства, являющийся конечным продуктом для данного предприятия (цеха). Например изделиями краностроительного завода являются краны, моторостроительного — двигатели внутреннего сгорания (ДВС), подшипникового — подшипники, метизного — болты, гайки, стальные канаты и т. п. Различают изделия основного и вспомогательного производства. Изделия основного производства являются конечным продуктом для данного предприятия, предназначены для реализации и должны строго соответствовать номенклатуре выпускаемой продукции. К изделиям вспомогательного производства относят продукцию, изготавливаемую для собственных нужд; запасные части, инструмент, приспособления и оснастку и др., а также изделия хозяйственно-бытового назначения (товары народного потребления — группы «Б»). Единая система конструкторской документации (ЕСКД) — «ГОСТ 2.101—68. Виды изделий» устанавливает для всех отраслей промышленности следующие виды изделий: детали, сборочные единицы, комплексы и комплекты.

Деталь — изделие или часть его, характеризуемое однородностью материала и изготовленное без применения сборочных операций. Деталь называют неспецифицированным изделием, не имеющим составных элементарных частей. Например, зубчатое колесо, вал, шкив тормоза, болт, гайка и т. п. Все остальные изделия — составные или специфицированные, состоящие из двух и более деталей.

Сборочная единица — специфицированное изделие, составные части которого соединены между собой при помощи сборочных операций на предприятии-изготовителе (свинчивание, клепка, сварка, пайка, опрессовка, склеивание и др.). Например, редуктор (в сборе), сварной корпус редуктора, стрела крана, кран и т. п.

Комплекс — два или более специфицированных изделий, не соединенных сборочными операциями на предприятии-изготовителе, но предназначенные для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций. Например буровая установка, АТС, ГАП (гибкое автоматизированное производство), технологическая линия, состоящая из нескольких станков и т. п.

Комплект — набор изделий, не соединенных сборочными операциями на предприятии-изготовителе и имеющих общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера. Например комплекты: запасных частей, оснастки, инструментов, измерительной аппаратуры и т. п.

Очевидно, что при этом любая часть грузоподъемной или транспортной машины (стрела крана, механизм подъема груза, ковш погрузчика, монтажный блок, кран, автомобиль и др.) и сама машина являются сборочными единицами, что существенно затрудняет изложение материала. В то же время в инженерной практике и современной технической литературе сохранены не входящие в ГОСТ термины — звено, элемент, узел, агрегат, механизм, система, машина и т. п. Например многозвенный механизм, поэлементная и узловая сборка, агрегатный метод ремонта, механизм подъема груза, система управления и т. п.

Действительно, любое изделие можно условно расчленить на элементы, (сборочные единицы) первого порядка, которые в свою очередь, можно расчленить на элементы второго порядка и т. д. Так, например с технологической точки зрения стреловой кран, как составное изделие, включает сборочные единицы первого порядка — шасси, двигатель, который, в свою очередь, состоит из единиц второго порядка — блок цилиндров, головка блока, карбюратор и т. п., которые также можно расчленить на единицы более

высокого порядка. По эксплуатационному (функциональному) признаку изделие можно расчленить на составные части (механизмы, системы), выполняющие определенные функции, например, кривошипно-шатунный механизм двигателя, механизм передвижения крана, система смазки двигателя, система управления машиной и т. п. С точки зрения рассмотренного выше технологического признака они не являются отдельными сборочными единицами, так как в большинстве случаев их нельзя обособленно и полностью собрать отдельно от других элементов данного изделия. Поэтому для обеспечения ясности изложения и облегчения усвоения материала в учебнике сохранена следующая терминология.

Звено — одна или несколько неподвижно соединенных деталей, входящих в состав механизма.

Под элементом машины понимают ее металлоконструкцию, механизмы, узлы и агрегаты, электрооборудование, системы управления, устройства безопасности и др. сборочные единицы.

Узел — сборочная единица, предназначенная для выполнения определенных функций в изделии только совместно с другими сборочными единицами. Например вал редуктора в сборе с зубчатыми колесами и подшипниками, ротор электродвигателя с обмотками и коллектором и т. п.

Агрегат — сборочная единица, обладающая свойствами полной взаимозаменяемости и способная самостоятельно выполнять определенную функцию в изделии. Например, редуктор, электродвигатель, тормоз, муфта (в сборе) и т. п.

Механизм — сборочная единица, предназначенная для передачи и преобразования движений одного или нескольких звеньев в требуемое движение исполнительных звеньев и обеспечивающая выполнение рабочего движения машины. Например, механизм подъема груза крана, механизм наклона рамы погрузчика, механизм передвижения крана и т. п.

Движитель — устройство, обеспечивающее движение транспортной или самоходной машины. Наиболее распространенными движителями являются колеса, гусеницы, катки, шагающие механизмы и т. п.

Система — совокупность деталей, звеньев и элементов, обеспечивающих выполнение не основной функции машины. Например, система управления машиной обеспечивает согласованность движений рабочих органов в соответствии с заданной программой и т. п.

Машина — сборочная единица, предназначенная для

преобразования энергии, материалов и информации и способная самостоятельно выполнять определенную работу. Машины подразделяют на машины-орудия (например, грузоподъемные машины, транспортные, землеройные, ЭВМ и т. п.) и преобразующие энергию, к которым относят электродвигатели, электрогенераторы, ДВС, гидромоторы, пневмодвигатели и т. п. Машины должны обеспечивать высокую производительность и эффективность, надежность и безопасность, удобство и технологичность в эксплуатации, обслуживании и ремонте. Внешний вид должен соответствовать требованиям современной технической эстетики, а кабина управления — эргономическим требованиям.

Цикл — совокупность процессов в системе периодически повторяющихся явлений, при которых объект, подвергающийся изменению в определенной последовательности, вновь приходит в исходное состояние. Применительно к ГПМ цикл работы крана включает в себя ряд операций: строповку груза, подъем его, перемещение к заданному месту, установку на основание, расстроповку и обязательное возвращение в исходное положение (за другим грузом).

Время цикла — суммарное время, затраченное на выполнение всех операций цикла.

Надежность — свойство машины сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах. Указанное свойство представляет собой сочетание других свойств: безотказность, долговечность, ремонтопригодность и сохраняемость.

Стандартизация — процесс установления и применения единых норм — Государственных общесоюзных стандартов (ГОСТ) на типы, размеры, параметры, качество и прочие показатели изделия, целью которого является упрощение и удешевление процессов проектирования, производства, эксплуатации и ремонта машин и механизмов в результате сокращения номенклатуры и выпуска наиболее отработанных конструкций, получивших широкое распространение.

Унификация — распространенный и эффективный метод стандартизации, заключающийся в рациональном сокращении числа сборочных единиц одинакового функционального назначения. Унификацию проводят для упрощения производства и эксплуатации большого количества машин различного назначения, имеющих сходные узлы и агрегаты. Например, в ГПМ применяют унифицированные механизмы передвижения, двигатели, лебедки, муфты, устройства безопасности и пр.

§ 2. Монтажные грузы

Номенклатура грузов, с которыми приходится иметь дело на монтажной площадке при производстве СМР, необычайно широка, что объясняется многообразием строящихся и реконструируемых предприятий в различных отраслях народного хозяйства страны. При этом, существуют достаточно общие для многих отраслей виды промышленного оборудования общего назначения и строительные конструкции, имеющие аналогичное устройство, характеристики и методы монтажа, и специальное техническое оборудование, характерное для конкретной отрасли.

Условно все строительно-монтажные грузы можно разделить на две группы. К первой следует отнести технологическое оборудование, конструкции, блоки и узлы, для транспортировки и монтажа которых применяют серийно выпускаемые машины. К грузам данной группы можно отнести общепромышленное оборудование: приводы, передачи, насосы, компрессоры, вентиляторы, узлы технологического оборудования, стальные и железобетонные строительные конструкции, детали трубопроводов и их арматуру, приборы автоматики и др., которые по габаритам и массе могут транспортироваться средствами общего назначения, вписываются в транспортные габариты и их монтируют при помощи грузоподъемных кранов с соответствующими грузовысотными характеристиками.

Ко второй группе относят вертикальные аппараты колонного типа, конструкции башенного типа (башни, мачты, дымовые трубы); горизонтальные аппараты, емкости, резервуары и газгольдеры; дробильно-размольные, сортировочные и смесительные машины, печи и выпарные установки; домны, мартены, коксовые батареи, конвертеры, миксеры, прокатные станы; деревообрабатывающие и бумагоделательные машины и др. сложные по конструкции и конфигурации, оснащенные дополнительными устройствами и системами. Указанное крупногабаритное тяжеловесное оборудование (КТО) имеет большие габариты и массу, в результате чего оно не вмещается в транспортное средство общего назначения и зачастую не вписывается в транспортные габариты, что существенно затрудняет их транспортировку и монтаж и требует разработки специального проекта производства работ ППР в каждом конкретном случае. Такое оборудование транспортируют на специальных средствах по заранее согласованным маршрутам

и монтируют при помощи грузоподъемных кранов с улучшенными грузовысотными характеристиками или такелажных средств с применением специальных методов монтажа.

§ 3. Общая классификация и назначение машин

В соответствии со спецификой производства строительно-монтажных работ (СМР) и программой изучаемой дисциплины все применяемые машины разделяют на три группы: грузоподъемные, транспортные и такелажные средства (рис. 1), различные по назначению, области применения,

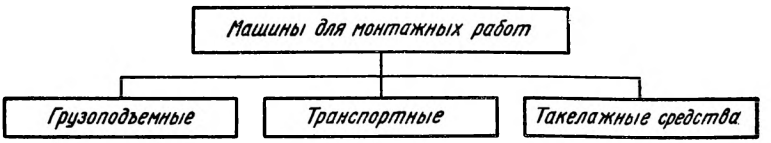


Рис. 1. Общая классификация машин, применяемых при производстве СМР

конструкции и техническим характеристикам. Далее в учебнике изложение материала дано применительно к данной классификации. Подробная классификация машин по видам выполняемых работ приведена в соответствующих разделах учебника.

Грузоподъемные машины предназначены для подъема, удержания на заданной высоте, перемещения в пространстве на относительно небольшие расстояния и опускания грузов.

В соответствии с назначением грузоподъемные машины (ГПМ) применяют на строительно-монтажных, погрузочно-разгрузочных, транспортных и складских работах, а также для вертикального транспорта различных грузов. При этом Правила по кранам* четко разграничивают машины для подъема грузов и людей, не допуская какого-либо совмещения.

Основное назначение транспортных машин — перемещение грузов в горизонтальном и наклонном направлениях. В последнем случае машины осуществляют также и подъем груза. Машины доставляют грузы на монтажную площадку и, при необходимости, перемещают их в пределах площадки.

---

* Сокращенное название Правил устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов. — М.: Металлургия, 1981.

В случаях, когда технические характеристики современных ГПМ не соответствуют параметрам перемещаемого груза, отсутствия на площадке указанных машин и при работе в стесненных условиях, когда применение ГПМ невозможно, применяют такелажные средства (оснастку) — от голландского морского термина такелаж — совокупность судовых снастей. Такелажные средства применяют на погрузочно-разгрузочных работах, для перемещения оборудования к месту монтажа (в монтажную зону), укрупнительной сборки, монтажа оборудования и др.

§ 4. Система индексации машин

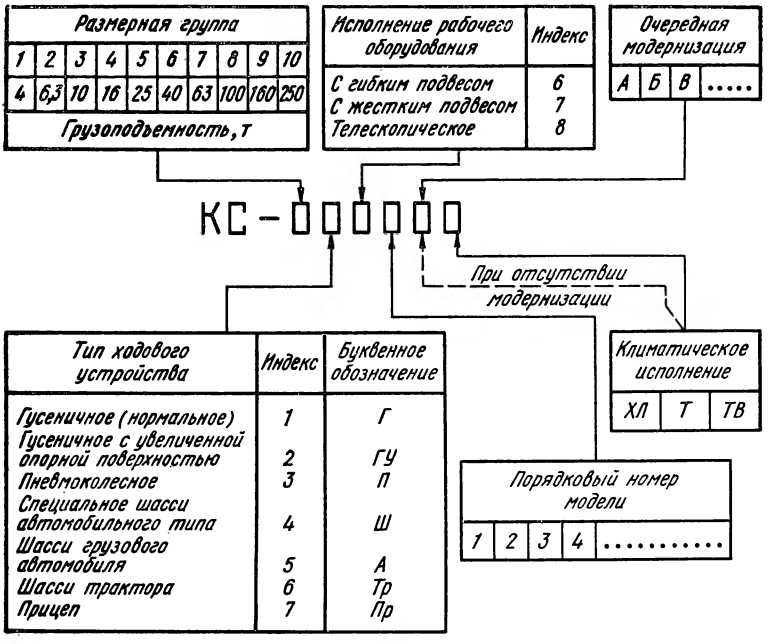
Система индексации машин — это принятое обозначение ее (индекс), отражающее модель машины и основную характеристику. Общие буквенно-цифровые обозначения машин предусмотрены стандартом. В настоящее время не существует единой индексации даже ГПМ. Каждое министерство и ведомство, выпускающее машины, маркирует их в соответствиии с ведомственным положением об индексации.

Наиболее полная система индексации машин действует в организациях Минстройдормаша, в основе которой для маркировки стреловых самоходных кранов КС и крановэкскаваторов с механическим приводом заложены следующие факторы (рис. 2, *а*):

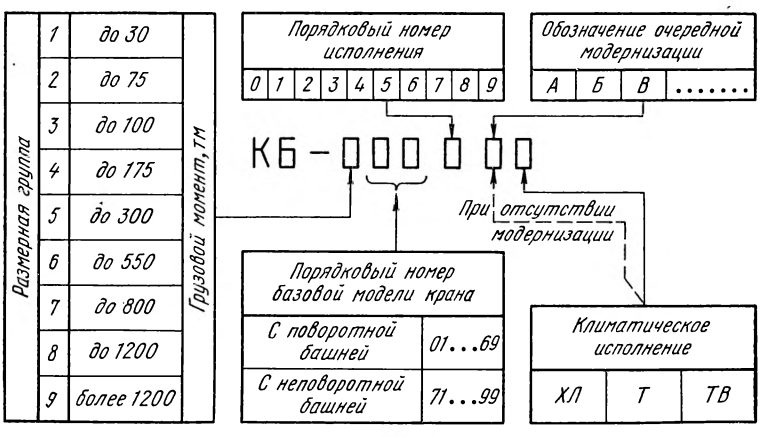
размерная группа	(первая цифра индекса);
тип ходового устройства	(вторая »);
исполнение рабочего оборудования	(третья »);
порядковый номер модели	(четвертая »);
очередная модернизация	(буквы А, Б, В);

климатическое исполнение — имеет обозначения: ХЛ — северное, Т — тропическое, ТВ — для влажных тропиков.

Например марка крана КС-4561А обозначает кран стреловой самоходный грузоподъемностью 16 т (цифра 4), автомобильный (на шасси грузового автомобиля) — цифра 5, с гибким подвесом стрелы (цифра 6), первая модель (цифра 1), модернизация А. Марка крана КС-5363ХЛ обозначает кран стреловой самоходный грузоподъемностью 25 т, пневмоколесный, с гибким подвесом стрелы, третья модель, северное исполнение, а крана КС-6471 обозначает кран стреловой самоходный грузоподъемностью 40 т, на специальном шасси автомобильного типа с жестким подвесом стрелы, первая модель.



а



б

Рис. 2. Системы индексации кранов Минстройдормаша (*а* — стреловых, *б* — башенных)

Стреловые самоходные краны в зависимости от конструкции ходового устройства согласно требованиям ГОСТ 22827—85 обозначают: КА — автомобильные, КП — пневмоколесные, КГ — гусеничные, КШ — на специальном шасси автомобильного типа, КК — на короткобазовом шасси. Цифры, стоящие после буквенного обозначения, указывают грузоподъемность крана. Например КА-10 — автомобильный кран грузоподъемностью 10 т, КП-25 — пневмоколесный грузоподъемностью 25 т, КГ-250 — гусеничный грузоподъемностью 250 т, КШ-63 — на спецавтошасси грузоподъемностью 63 т и КК-16 — кран на короткобазовом шасси грузоподъемностью 16 т.

Основным параметром башенного крана является грузовой момент, поэтому первая цифра маркировки обозначает номер размерной группы по грузовому моменту (рис. 2, *б*). Затем ставят порядковый номер регистрации кранов по реестру ВНИИстройдормаша и номер исполнения, отличающийся от базовой модели длиной стрелы, высотой подъема груза, грузоподъемностью и пр. Далее указывают модернизацию машины и климатическое исполнение. Например, марка крана КБ-674А-3 обозначает кран башенный, грузовой момент до 550 т·м, с неповоротной башней, третье исполнение, модернизация А.

Согласно ГОСТ 13555—79 башенные краны обозначают следующим образом: КБ-160-40Р — кран башенный, грузовой момент 160 т·м, высота подъема груза — 40 м, рельсовый. Ранее выпущенные башенные краны имеют иную маркировку. Например, МСК-10-20 — мобильный строительный кран грузоподъемностью 10 т и вылетом стрелы 20 м; БКСМ-5-5 — башенный кран самомонтирующийся грузоподъемностью 5 т для 5-ти этажного строительства и др.

В организациях Минмонтажспецстроя СССР принята ведомственная система индексации машин. Например, МКГ-25БР — монтажный кран гусеничный грузоподъемностью 25 т, с башенно-стреловым оборудованием и раздвижным ходовым устройством; СКГ-63А — стреловой кран гусеничный грузоподъемностью 63 т, модернизация А; СКР-2200 — стреловой кран рельсовый с грузовым моментом 2200 т·м; ДЭК-251 — дизель-электрический кран грузоподъемностью 25 т, первая модернизация; МСК-400— монтажный строительный кран с грузовым моментом 400 т·м.

Требования ГОСТ 7352—81 предусматривают выпуск козловых электрических кранов типа ККТ — с электро-

талью в качестве механизма подъема груза на срок службы 15 лет и КК — с грузовой тележкой на срок службы до 25 лет. Например, ККТ-5-16-10 — козловый кран с электроталью грузоподъемностью 5 т с пролетом 16 м и высотой подъема груза 10 м; КК-20/5-32-10-2 — козловый кран с грузовой тележкой грузоподъемностью главного подъема 20 т и вспомогательного 5 т, с пролетом 32 м и высотой подъема груза 10 м, нормального исполнения.

Требованиями ГОСТ 22859—77 маркировка автомобильных гидравлических подъемников не предусмотрена, поэтому различные министерства и ведомства, выпускающие их, применяют собственную маркировку. Например, АГП-22 — автогидроподъемник с высотой подъема груза — 22 м; ВС-22-МС — вышка строительная с высотой подъема 22 м (министерство строительства); МШТС-2А — машина шарнирная транспортного строительства, вторая модель, модернизация А.

Таблица 1. **Система обозначений грузовых автомобилей и прицепов**

Полная масса, т	Индексы грузовых автомобилей и прицепов				
	бортовые	седельные тягачи	самосвалы	специальные	прицепы и полуприцепы
до 1,2	13	14	15	19	—
1,2...2,0	23	24	25	29	—
до 4,0	—	—	—	—	01. .24
2,0...8,0	33	34	35	39	—
4,0...10,0	—	—	—	—	25. .49
8,0...14,0	43	44	45	49	—
10,0...16,0	—	—	—	—	50. .69
14,0...20,0	53	54	55	59	—
16,0...24,0	—	—	—	—	70. .84
20,0...40,0	63	64	65	69	—
св. 24,0	—	—	—	—	85. .99
св. 40,0	73	74	75	79	—

Единая система индексации транспортных средств, включая автомобильный подвижной состав (ПС), до недавнего времени также отсутствовала. Однако, в настоящее время в соответствии с требованиями нормали ОН 025270-66 принята система индексации, по которой каждой новой модели автомобиля (прицепа, полуприцепа) присваивается индекс, состоящий из четырех цифр, где первые две обозначают класс грузового автомобиля по его полной массе (табл. 1). Две вторые цифры обозначают модель. Порядковый номер модификации модели обозначает пятая

цифра. Перед цифровым индексом ставят буквенное обозначение завода-изготовителя.

Например, КамАЗ-5320 — грузовой бортовой автомобиль полной массой 15,3 т, модель 20, выпускаемый Камским автозаводом; Урал-4320 — грузовой бортовой автомобиль полной массой 13,245 т, модель 20, выпускаемый Уральским автозаводом; ЧМЗАП-9990 — прицеп-тяжеловоз полной массой 70 т, модель 90, выпускаемый Челябинским машзаводом автомобильных и тракторных прицепов.

Такелажные средства, проектируемые и изготовляемые различными организациями Минмонтажспецстроя СССР, как и стреловые краны отрасли единой системой индексации не охвачены и имеют различную маркировку.

§ 5. Основные нормативные документы на машины

Все вопросы проектирования, изготовления, транспортирования, сборки, монтажа и безопасной эксплуатации ГПМ и транспортных машин находятся под строгим контролем различных государственных органов. Одним из главных органов, осуществляющих надзор за ГПМ, является Управление по надзору за подъемными сооружениями Государственного комитета СССР по надзору за безопасным ведением работ в промышленности и по горному надзору (Госгортехнадзор СССР — ГГТН). Госгортехнадзор СССР является союзно-республиканским комитетом и имеет в своем составе комитеты союзных республик, управления округов и районные инспекции. Указанный надзор установлен на предприятиях и в организациях всех министерств и ведомств.

Основные вопросы проектирования, изготовления, установки и эксплуатации грузоподъемных машин регламентированы Правилами устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов, утвержденными Госгортехнадзором СССР 30 декабря 1969 г. Действие данных Правил распространяется на краны всех типов, ручные и электрические лебедки и тали, сменные грузозахватные органы (крюк, электромагнит, грейфер), съемные грузозахватные устройства (стропы, клещи, траверсы), навешиваемые на крюк грузоподъемной машины, и тару общего назначения (п. 1, *а*, *в*, *г*, *е*, *ж*, *з*). Правила по кранам не распространяются на краны-штабелеры, трубоукладчики, электро- и автопогрузчики, а также на такелажные средства (п. 2, *в*, *г*).

Требования к электрооборудованию грузоподъемных машин, получающих питание от сети напряжением до

10 кВ, изложены в Правилах устройства электроустановок (ПУЭ), утвержденных 21 января 1975 г. Вопросы эксплуатации электрооборудования грузоподъемных машин регламентируют Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭ и ПТБ), утвержденные 12 апреля 1969 г.

Заземление передвижных грузоподъемных машин должно соответствовать требованиям СН 102-76 (Инструкция по устройству заземления и зануления в электроустановках. — М.: Стройиздат, 1978), сооружение и эксплуатацию крановых путей следует осуществлять в соответствии с требованиями СН 78-79 (Инструкция по устройству, эксплуатации и перебазированию рельсовых путей строительных башенных кранов. — М.: Стройиздат, 1980), а защитные устройства от поражения молнией должны соответствовать требованиям СН 305-77 (Инструкция по проектированию и устройству молниезащиты зданий и сооружений. — М.: Стройиздат, 1978).

Все работы (вспомогательные и основные), связанные с монтажем (демонтажем), погрузкой (выгрузкой) и транспортированием грузоподъемных машин, следует производить в строгом соответствии с требованиями инструкции по эксплуатации машины или специальной инструкции по монтажу и перевозке. Как правило, в разделе «Технические требования» ГОСТа на современные грузоподъемные машины приведены сведения по габаритам транспортного автопоезда, нагрузке на колесо, количеству и колее установки колес и пр. для случая транспортировки машины самоходом.

Общие вопросы транспортировки строительно-монтажных грузов и перебазировки ГПМ по автомобильным дорогам регламентируют требования Правил дорожного движения (ПДД), утвержденных МВД СССР 16 июля 1986 г. и введенных в действие с 1 января 1987 г. Кроме того, следует учитывать требования Устава автомобильного транспорта РСФСР, утвержденного Советом Министров РСФСР 8 января 1969 г. № 12 (Устав).

В случае транспортировки по автодорогам габаритные размеры груза (машины) в транспортном положении не должны превышать:

по высоте 4 м от поверхности дороги;

по ширине 2,5 м;

по длине 24 м, кроме случаев буксирования машин.

Когда размеры транспортируемого груза превышают

Таблица 2. **Параметры обычных и тяжеловесных машин**

Параметры	Транспортное средство, машина	
	обычное	тяжеловесное
Осевая нагрузка, кН	до 100	более 100
Общая масса, т:		
для дорог группы А,	до 52	более 52
при движении по мостам и путепроводам (расстояние между крайними осями), м:		
8	до 30	более 30
14	до 42	более 42
20	до 52	более 52

хотя бы один из указанных выше размеров, груз относят к категории крупногабаритных и работы производят согласно требованиям Инструкции по перевозке крупногабаритных и тяжеловесных грузов автомобильным транспортом № 53 (Инструкция № 53), утвержденной МВД СССР от 24 февраля 1977 г. Указанная Инструкция делит транспортные средства с грузом (машиной) и самоходные краны на обычные и тяжеловесные (табл. 2).

При транспортировке грузов по железной дороге или водным путем необходимо руководствоваться требованиями Правил технической эксплуатации железных дорог и Правил плавания по внутренним судоходным путям, утвержденных МПС СССР и Минречфлотом РСФСР. Транспортировку грузов по воздуху необходимо производить в соответствии с требованиями Воздушного кодекса СССР, Наставления по производству полетов в гражданской авиации СССР и других документов ГВФ СССР, регламентирующих летную работу и эксплуатацию авиационных средств.

В настоящее время почти все грузоподъемные, транспортные машины и такелажные средства, а также их механизмы стандартизованы. Предусмотрены три вида ГОСТов на машины: типоразмеры и основные параметры, технические требования и технические условия. Как правило, ГОСТы на технические условия содержат основные параметры машин и технические требования к ним. Действуют ГОСТы на термины и определения, методы испытаний, ветровую нагрузку, норму расчета и др. Помимо ГОСТов действуют ОСТы, ТУ и РТМы. Наряду с отечественными стандартами введены стандарты СЭВ — СТ СЭВ. Все ши-

ре внедряются стандарты Международной организации по стандартизации (ИСО), например классификация кранов по режимам работы. Разработаны и действуют стандарты на канаты, коуши, стропы грузовые, винтовые зажимы для канатов, крюки, скобы, грейферы, тормоза, монтажные блоки, крановые колеса, рельсы, устройства безопасности и другие детали и сборочные единицы.

Требования Правил по кранам, ГОСТ и инструкцией обязательны для исполнения всеми предприятиями и организациями, независимо от их принадлежности и подчинения. Помимо этого, в различных отраслях народного хозяйства действуют ведомственные нормали, инструкции, указания и другие документы, которыми следует руководствоваться при решении специальных вопросов по эксплуатации машин.

§ 6. Система физических единиц

За долгий период развития науки и техники в различных их отраслях зародились и были приняты разные физические единицы. Внедрение законченных научных разработок в разных областях народного хозяйства страны, межотраслевая кооперация промышленных предприятий и бурное развитие международных промышленных связей остро обострили несоответствие различных систем физических единиц и затруднили плодотворное сотрудничество. С целью унификации физических единиц и создания удобства пользования ими в различных отраслях науки, техники (промышленности) и странах мира Международной Генеральной конференцией по мерам и весам была разработана и принята в 1960 году Международная система единиц СИ (система интернациональная). С 1 января 1980 г. на территории всех стран СЭВ действует СТ СЭВ 1052-78 «Метрология. Единицы физических величин» — единственный и обязательный к применению нормативный документ. В настоящем издании все физические величины даны в Международной системе единиц. Так как в изданиях раннего периода учащиеся могут встретить единицы в старой технической системе — МКГСС (м, кгс, с), в табл. 1 Приложения 1 приведены основные необходимые единицы в соотношении с системой единиц МКГСС.

Из анализа табличных данных видно, что основная физическая величина в механике — сила (сила тяжести, вес, сила давления) в системе единиц СИ измеряется в ньютонах (Н), который в свою очередь, почти в десять раз мень-

ше килограмма силы — кгс (1 кгс=9,81 Н). При этом удельная сила (давление, напряжение) измеряется в ньютонах, деленных на квадратный метр — Па (Паскалях), то есть 1 Па=Н/м². Если учесть, что 1 Н=0,1 кгс, то данная сила, равномерно распределенная на один квадратный метр поверхности, создает удельное давление

$$1\ \text{Па} \cong \frac{0{,}1\ \text{кгс}}{10000\ \text{см}^2} \cong 1 \cdot 10^{-5}\ \text{кгс/см}^2,$$

то есть очень малую величину.

В современной науке и технике в практических инженерных расчетах действующие силы измеряют в тоннах, изгибающие (крутящие) моменты — в т·м, механические свойства материалов (допускаемые напряжения) достигают тысяч кгс/см², а давления в гидро- или пневмосистемах машин составляют десятки — сотни кгс/см². Очевидно, что использование на практике столь малых величин, как Ньютон и Паскаль, потребует написания большого количества нулей после значащего числа и существенно осложнит расчеты. Для упрощения и облегчения расчетов стандартом СЭВ предусмотрено применение приставок для образования кратных и дольных единиц. Названия, величины и сокращенные обозначения указанных приставок сведены в табл. 2 Приложения 1.

Контрольные вопросы

1. Какие основные задачи поставлены XXVII съездом КПСС перед строительно-монтажными организациями?
2. В чем состоит интенсификация современного строительно-монтажного производства? Какова в ней роль машин?
3. Объясните современное представление термина монтаж.
4. Что такое изделие и какие виды изделий Вы знаете?
5. В чем состоит различие между узлом и агрегатом машины?
6. Каково назначение механизма в машине?
7. Какие монтажные грузы Вам известны?
8. Какие машины применяют при производстве СМР и для каких целей? Объясните термин такелаж.
9. С какой целью применяют систему индексации машин? Приведите примеры маркировки кранов.
10. Как маркируют современный автомобильный ПС?
11. Какая организация осуществляет надзор за ГПМ? Назовите основной нормативный документ по эксплуатации ГПМ.
12. Какие документы регламентируют вопросы эксплуатации автомобильного ПС и кто их контролирует?
13. С какой целью, кем и когда введена новая система физических единиц? Какой документ ее регламентирует?
14. Изложите основные физические единицы, применяемые в технике, и их обозначения.
15. С какой целью введены кратные и дольные приставки единиц? Какие из них получили широкое распространение и почему?

Раздел I ДЕТАЛИ И СБОРОЧНЫЕ ЕДИНИЦЫ ГПМ

Глава I
ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

§ 1. Классификация грузоподъемных машин

Грузоподъемные машины условно подразделяют на четыре основные группы: *грузоподъемные устройства* для подъема грузов (рычаги, домкраты, полиспасты, лебедки и тали), *краны, погрузчики и подъемники,* перемещающие груз в кабине, на платформе или в скипе, движущемся по направляющим (лифты, строительные, шахтные и скиповые подъемники, автомобильные вышки, монтажно-мачтовые и гидравлические подъемники, эскалаторы и пр.) (рис. 3). Очевидно, что подъемники при производстве СМР не применяют, за исключением автовышек и гидроподъемников, используемых для подъема людей и мелких грузов (инструмента) для выполнения работ на высоких отметках (на рис. 3 отмечены пунктиром). По назначению ГПМ относят к двум группам: общего назначения, предназначенные для подъема и перемещения различных грузов, и специальные — для производства специальных видов работ.

Кранами называют ГПМ циклического действия, предназначенные для подъема и перемещения груза, удерживаемого грузозахватным устройством. Они представляют наиболее распространенную группу машин разнообразного назначения и конструктивного исполнения. Краны классифицируют по различным признакам. По конструктивному признаку различают краны мостового типа (мостовые, козловые, полукозловые, перегрузочные мосты, краны-штабелеры и др.); стрелового типа (стационарные поворотные консольные краны на колонне с постоянным и переменным вылетом, передвижные со стрелой, закрепленной на раме ходового устройства или поворотной платформе, башенные, портальные и полупортальные, вантовые и др.) и краны с несущими канатами (кабельные, мостокабельные).

По возможности передвижения краны делят на стационарные и передвижные, которые, в свою очередь, подразделяют на приставные, самоподъемные, самоходные и прицепные. Стреловые самоходные краны предназначены для перемещения грузов на СМР и погрузочно-разгру-

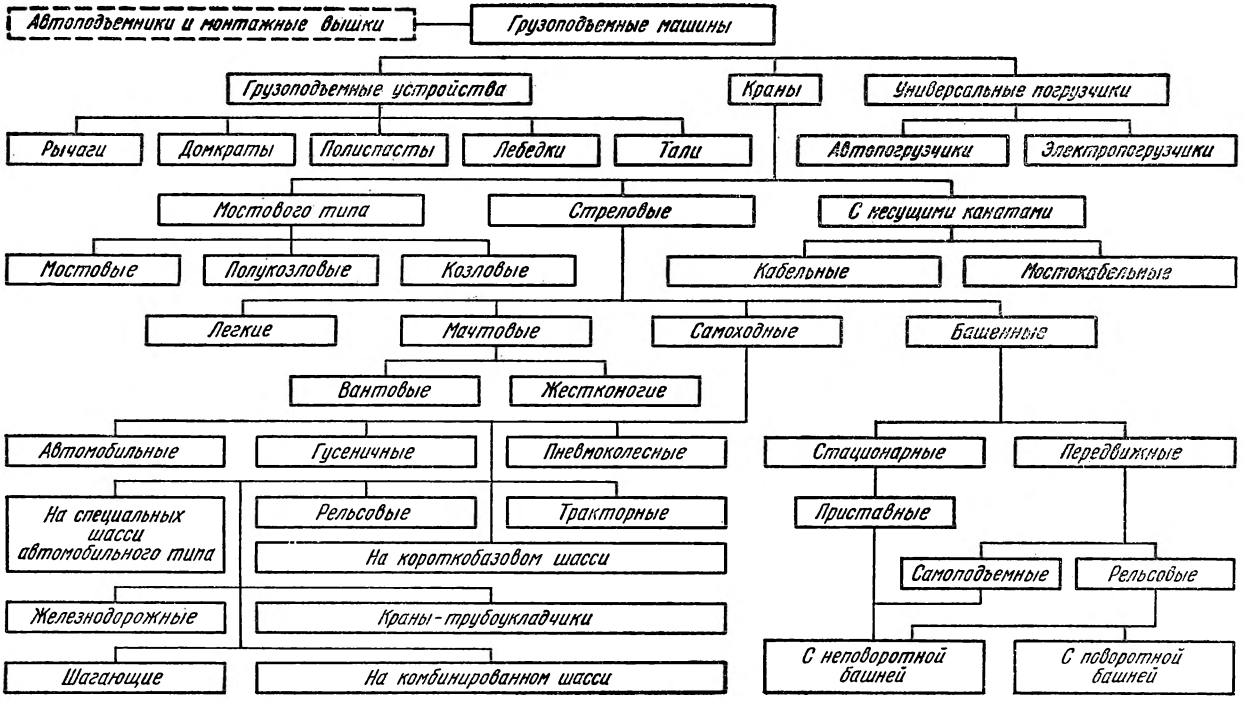


Рис. 3. Классификация грузоподъемных машин

зочных работах на рассредоточенных строительных объектах и по конструкции ходовой части их делят на автомобильные (использующие шасси, силовую установку, трансмиссию и систему управления грузового автомобиля), пневмоколесные и гусеничные (пневмоколесное и гусеничное шасси, приводимое в движение от силовой установки, расположенной на поворотной платформе крана); на специальных шасси автомобильного типа, приспособленных для работы с крановым оборудованием, на коротко-базовом шасси, предназначенные для работы на неподготовленном основании и в стесненных условиях; тракторные и краны-трубоукладчики. Кроме того, применяют рельсовые, железнодорожные, плавучие, летающие и др. типы кранов.

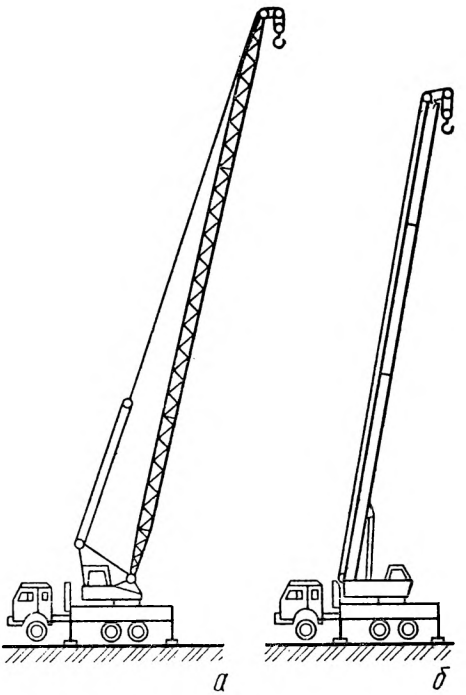


Рис. 4. Автомобильные краны с гибким (*а*) и жестким (*б*) подвесом стрелового оборудования

Отдельно выделяют легкие краны (устанавливаемые на крыше или монтируемые в оконном (дверном) проеме здания); мачтовые (применяемые для производства СМР) и башенные, предназначенные для высотного строительства и монтажных работ. По конструкции поворотной части башенные краны выпускают с поворотной и неповоротной

башней. Самоподъемные башенные краны применяют на монтаже высотных конструкций: мачт, башен, градирен и труб. При производстве СМР применяют башенные краны на рельсовом ходу.

По роду привода механизмов различают краны с ручным и машинным приводом. В свою очередь, машинный привод разделяют на механический, электрический, гидравлический, пневматический и комбинированный, к которому относят дизель-электрический, дизель-гидравлический, электрогидравлический и др.

Помимо общей классификации по основным признакам грузоподъемные краны подразделяют на более мелкие подгруппы по степени поворота, виду грузозахватного органа и рабочего оборудования. По степени поворота краны могут быть неповоротными, неполно- и полноповоротными. По виду грузозахватного органа различают крюковые, грейферные, магнитные, клещевые и др. краны.

Краны с механическим и электрическим приводом выпускают с гибким (канатным) подвесом стрелового оборудования, а гидравлические краны и с телескопическими стрелами — с жестким подвесом на гидроцилиндрах (рис. 4). Последние позволяют быстро изменять параметры кранов, что обеспечивает их широкое применение на различных видах работ.

Механизм изменения вылета башенных кранов выполняется в двух модификациях — с подъемной стрелой и неподвижной горизонтальной стрелой балочного типа, оснащенной грузовой перемещающейся тележкой (кареткой).

§ 2. Основные параметры кранов

Основные параметры и технические характеристики стреловых самоходных кранов, определяющие их эксплуатационные возможности и технико-экономические показатели, регламентированы требованиями СТ СЭВ 723—77 и ГОСТ 22827—85.

Грузоподъемность Q — наибольшая допустимая масса рабочего груза, на подъем которой рассчитан кран при сохранении требуемой устойчивости и прочности деталей, т. Масса съемных грузозахватных устройств включена в грузоподъемность крана. Данную грузоподъемность также называют номинальной (паспортной). Указанная величина не зависит от ускорения свободного падения g, а поэтому измеряется только в единицах массы. В отличие от массы вес тела — сила, с которой тело воздействует на опо-

ру, зависит от ускорения свободного падения и измеряется в единицах силы.

Очевидно, что в расчетах на прочность учитывают соответствующий номинальной грузоподъемности вес груза

$$G_{гр} = Qg, \text{ Н},$$

где $g = 9{,}81$ м/с^2 — ускорение свободного падения (с целью упрощения расчетов принимают $g \cong 10$ м/с^2.)

Если опора неподвижна относительно земли или груз движется равномерно и прямолинейно, то его вес равен силе тяжести. При подъеме с ускорением вес тела превышает силу тяжести, а при опускании с ускорением, наоборот, вес меньше силы тяжести.

С целью унификации ГПМ ГОСТ 1575—81 устанавливает для всех типов машин ряд номинальных грузоподъемностей (от 0,01 до 1250 т), представляющий геометрическую прогрессию с коэффициентом 1,25 до 100 т и с коэффициентом 1,125 после 100 т. Соответственно грузоподъемные краны и такелажные средства имеют следующую грузоподъемность: 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,2; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10,0; 12,5; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100; 112; 125; 140; 160; 180; 200; 225; 250; 280; 320; 360; 400; 450; 500; 560; 630; 710; 800; 900; 1000; 1120; 1250 т.

Вылет стрелы (крюка) R, м — расстояние по горизонтали от оси вращения поворотной части крана до вертикальной оси грузозахватного органа (различают максимальный R_{max} и минимальный R_{min} вылеты).

Грузовой момент M, т·м — основной параметр стрелового крана, равный произведению грузоподъемности на вылет стрелы $M = QR$. Грузовой момент крана является постоянной величиной, поэтому грузоподъемность крана — величина переменная, изменяющаяся в зависимости от вылета обратно пропорционально его значению (чем больше вылет стрелы, тем меньше грузоподъемность крана и наоборот). В нормативно-технической и справочной документации часто не приводят значения грузового момента, а указывают грузоподъемность крана при минимальном и максимальном вылетах стрелы. Данный грузовой момент нельзя путать с опрокидывающим моментом, равным сумме произведений веса частей крана на соответствующие плечи, определяющим устойчивость крана и имеющим размерность Н·м.

Грузовая (грузовысотная) характеристика представляет собой зависимость грузоподъемности крана от вылета стрелы (с учетом высоты подъема груза), которую обычно

изображают в виде кривой на графике (рис. 5). При этом номинальная грузоподъемность крана соответствует минимальному вылету стрелы.

Длина стрелы L — расстояние между осью шарнира стрелы, которым она прикреплена к поворотной части крана, и осью головного блока стрелы, м.

Свободный вылет стрелы $R_{св}$ — расстояние по горизонтали от ребра опрокидывания крана до вертикальной оси грузозахватного органа, м.

Высота подъема груза H — расстояние по вертикали от уровня стоянки крана до грузозахватного органа, находящегося в верхнем рабочем положении, м.

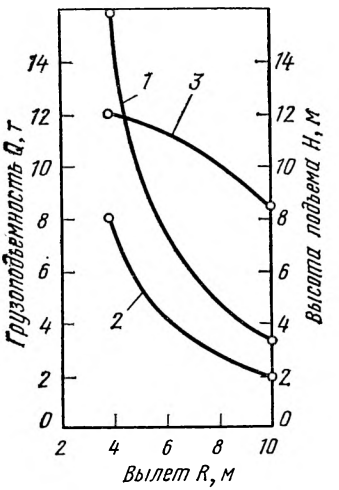


Рис. 5. Грузовысотная характеристика стрелового самоходного крана с основной стрелой:

1 — грузоподъемность крана, установленного на выносные опоры; *2* — то же, без выносных опор; *3* — высота подъема крюка крана

Глубина опускания груза h — то же, но до грузозахватного органа, находящегося в нижнем рабочем положении, м.

Диапазон подъема D — расстояние по вертикали между верхним и нижним рабочими положениями грузозахватного органа, м.

Колея $L_к$ — расстояние между продольными осями, проходящими через середины опорных поверхностей ходового устройства крана, м. У кранов мостового типа колею называют пролетом, соответствующим расстоянию между осями рельсов кранового пути; величины пролетов регламентированы ГОСТ 534—78.

База K — расстояние между вертикальными осями передних и задних колес (балансирных тележек) крана, м.

Задний габарит l — наибольший радиус поворотной части крана со стороны, противоположной стреле, м.

Скорость подъема (опускания) груза $v_п$ — скорость максимального вертикального перемещения груза номинальной массы при установившемся режиме движения лебедки. При наличии многоскоростных лебедок в характеристике крана указывают все скорости подъема груза, м/с.

Скорость посадки $v_м$ — наименьшая скорость посадки (опускания) груза при установившемся режиме движения

лебедки, необходимая для точной его установки (например, у монтажных кранов), м/с.

Скорость изменения вылета стрелы $v_г$ — средняя скорость горизонтального перемещения рабочего груза при изменении вылета стрелы от наибольшего до наименьшего значения соответственно, скорость передвижения грузовой тележки (каретки) по горизонтальной балочной стреле крана или его мосту, м/мин.

Частота вращения крана n — частота вращения поворотной части крана при максимальном вылете стрелы и с номинальным грузом на крюке, мин$^{-1}$.

Скорость передвижения $v_д$ — рабочая скорость передвижения крана с номинальным грузом в установившемся режиме движения по горизонтальному пути, м/мин.

Транспортная скорость $v_т$ — скорость передвижения крана в транспортном положении, обеспечиваемая собственным приводом, км/ч.

Радиус закругления $R_з$ — наименьший радиус закругления оси внутреннего рельса на криволинейном участке кранового пути (соответственно, радиус поворота $R_п$ — наименьший радиус окружности, описываемой внешним передним колесом крана на пневмоходу при изменении направления его движения), м.

Установленная мощность N — суммарная мощность электродвигателей всех механизмов крана, кВт.

Режим работы РР — обобщенный показатель, характеризующий главные условия работы крана и его механизмов: нагрузка и продолжительность их действия (см. далее § 3).

Конструктивная масса $m_к$ — масса крана без балласта и противовеса, в незаправленном состоянии (без ГСМ и воды), т.

Общая масса $m_{кр}$ — полная масса крана с балластом, противовесом, в заправленном состоянии, без груза.

Нагрузка на колесо P — наибольшая вертикальная нагрузка на ходовое колесо от общей массы крана и номинального груза в рабочем положении крана, а при транспортировке — от массы крана в транспортном положении, Н.

Производительность П — главный экономический показатель, характеризуемый количеством продукции (суммарной массой груза), перемещаемой в единицу времени (час, смена, год), т/ч, т/смена, т/год. Производительность зависит от конструкции крана и его параметров, организации работ на объекте и квалификации машиниста.

$П_ч = zm_{гр}$ — для штучных грузов одинаковой массы;

$П_ч = z_1 m_{гр1} + z_2 m_{гр2} + ... + z_i m_{грi}$ — для штучных грузов различной массы,

где $m_{гр} ... m_{грi}$ — массы грузов, т; $z ... z_i$ — количество циклов работы крана в час с соответствующими по массе грузами, шт.

$z = 3600/T_ц$, где $T_ц$ — время цикла, с.

Рабочий цикл крана $T_ц$ — время, затрачиваемое на перемещение груза с момента его строповки до возвращения грузозахватного органа в исходное положение для захвата следующего груза, с.

§ 3. Режимы работы механизмов и машин

Режим работы (РР) — комплексная характеристика, учитывающая изменение и длительность действия нагрузки на кран (сборочные единицы), а также другие показатели, влияющие на работоспособность агрегатов крана.

Изучаемые грузоподъемные машины являются машинами периодического (циклического) действия, работающими в прерывистом режиме при повторно-кратковременных включениях привода. Основной характеристикой режима является цикл работы машины, т. е. время работы машины состоит из повторяющихся законченных циклов, состоящих, в свою очередь, из ряда последовательных операций.

Другими словами, работа механизма подъема груза крана состоит из процессов подъема (опускания) груза или порожнего грузозахватного устройства, а работа механизмов изменения вылета стрелы, поворота и передвижения крана (тележки) — из движений в одну и другую сторону как с грузом, так и без него. При этом все механизмы крана последовательно реверсируют. За один цикл могут работать любые механизмы ГПМ как с грузом, так и без него.

Кроме периодов работы механизмов цикл работы машины включает паузы, в течение которых механизм не работает. Указанное время используют для строповки (расстроповки) груза, выверки его положения и подготовки к выполнению следующих операций. Помимо этого каждый процесс рабочего движения крана включает периоды неустановившегося движения, в течение которого происходит разгон (период пуска) или замедление (период торможения) поступательно движущихся и вращающихся масс груза и деталей механизмов, а также период движения

с постоянной скоростью (период установившегося движения).

Полное время цикла работы механизма грузоподъемной машины равно сумме времени пуска $\Sigma t_п$, установившегося движения $\Sigma t_у$, торможения $\Sigma t_т$ и пауз Σt_0, т. е.

$$T_ц = \Sigma t_п + \Sigma t_у + \Sigma t_т + \Sigma t_0.$$

Очевидно, что время работы механизма $T_в = \Sigma t_п + \Sigma t_у$ будет меньше $T_ц$. Отношение времени работы механизма к полному времени цикла характеризует интенсивность использования механизма. Данное отношение называют относительной продолжительностью включения

$$ПВ = \frac{T_в}{T_ц} 100\%.$$

Для электрооборудования грузоподъемной машины ПВ определяют за период времени не свыше 10 мин, а для механизмов — не более 1 ч. За номинальные приняты следующие значения ПВ: 15, 25, 40 и 60 %. Интенсивность работы механизма характеризуют также следующие показатели:

коэффициент использования крана по грузоподъемности, $k_г$ (определяют с учетом соответственной массы грузозахватного устройства)

$$k_г = m_{ср}/Q_{ном},$$

где $m_{ср}$ — среднее значение массы перемещаемого за смену груза, т; $Q_{ном}$ — номинальная грузоподъемность крана, т ($k_г$ определяют с учетом собственной массы грузозахватного устройства);

коэффициент использования механизма по времени в течение года

$$k_{вг} = \frac{\text{число дней работы в году}}{365};$$

коэффициент использования механизма по времени в течение суток

$$k_{вс} = \frac{\text{число часов работы в сутки}}{24};$$

коэффициент использования механизма по времени в течение часа

$$k_{вч} = T_{раб}/60,$$

где $T_{раб}$ — время работы механизма крана в течение одного часа, мин.

Кроме указанных показателей режим работы механиз-

ма крана также зависит от числа включений электродвигателя в час, температуры и влажности окружающей среды (воздуха).

Классификация кранов и их механизмов по режимам работы дает возможность выбрать конкретный кран, его механизм (сборочную единицу) для реальных условий работы, получить исходные данные для проектирования и расчетов кранов, а также является базой для проводимой унификации кранов, их механизмов и сборочных единиц.

В нашей стране в течение нескольких десятков лет действовала классификация крановых механизмов по режимам работы, установленная Правилами по кранам, которая в зависимости от сочетания четырех вышеприведенных показателей ($k_г$, $k_{вг}$, $k_{вс}$ и ПВ) относила механизм подъема груза крана к одному из режимов работы — легкому (Л), среднему (С), тяжелому (Т) и весьма тяжелому (ВТ). Режим работы крана в целом и его металлоконструкции принимали таким же, как режим работы механизма подъема груза. Кроме того, Правила по кранам указывают режимы работы и других механизмов для конкретных кранов.

В соответствии с данной классификацией была разработана специальная нормативно-техническая документация и осуществлялось серийное производство кранов. Однако действующая классификация имела серьезные недостатки, которые были устранены вводом новой классификации кранов и их механизмов по режимам работы, разработанной Техническим Комитетом 96 ИСО (международная Организация по Стандартизации) и утвержденной стандартом ИСО 4301-1980, принятым и в нашей стране.

В основу новой классификации положены принципиально новые показатели: класс использования и класс нагружения. Эти показатели характеризуют главные условия эксплуатации (время и нагрузку) механизма крана, которые не зависят от его типа и вида привода. Стандарт устанавливает режимы работы для крана в целом и отдельно режимы работы крановых механизмов. На основании данного стандарта разработаны и утверждены ГОСТ 25546—82 «Краны грузоподъемные. Режимы работы», ГОСТ 25835—83 «Краны грузоподъемные. Классификация механизмов по режимам работы», СТ СЭВ 2077—80 и РС СЭВ 5138—75 на режимы работы крановых механизмов.

В указанных стандартах применен новый термин «группа режима работы» (ГРР), отражающий одну из особенностей классификации, согласно которой каждой группе

режима работ соответствует несколько комбинаций классов использования и нагружения.

В соответствии с требованиями ГОСТ 25835—83 в зависимости от условий использования механизмов грузоподъемных машин различают шесть ГРР, определяемых классами использования и нагружения. Стандарт устанавливает 7 классов использования (от А0 до А6) и 4 класса нагружения (от В1 до В4).

Примерное распределение механизмов грузоподъемных машин по ГРР приведено в табл. 3.

Таблица 3. **Группы режимов работы для различных механизмов грузоподъемных машин**

Группы режимов работы	Режим работы	Механизмы
1М—3М (легкий)	Работа с большими перерывами, малыми скоростями и числом включений электродвигателей (до 60 включений в час), с малой относительной продолжительностью включения ПВ. Редкая работа с грузами номинальной массы	Вспомогательного назначения (подъема и передвижения кранов ремонтных и машинных залов; передвижения строительных и портальных кранов, перегрузочных мостов) и др. редко работающих механизмов
4М (средний)	Работа с грузами различной массы, со средними скоростями и числом включений (до 120 включений в час), со средней ПВ	Монтажных кранов, поворота строительных кранов, электроталей, подъема и передвижения кранов механических и сборочных цехов при среднесерийном производстве
5М (тяжелый)	Постоянная работа с грузами близкими по массе к номинальной, с высокими скоростями, большим числом включений (до 240 включений в час), с высокой ПВ	Подъема груза строительных кранов, кранов литейных цехов и заводов с крупносерийным производством
6М (весьма тяжелый)	Постоянная работа с грузами номинальной массы, с высокими скоростями, большим числом включений (до 600 включений в час), с высокой ПВ	Кранов металлургических производств, грейферных, магнитных; рудных и угольных перегружателей

Механизмы стреловых строительно-монтажных кранов как правило работают при классах использования А3 или А4 и классе нагружения В1, т. е. во II или III группах режимов работы (2М, 3М), соответствующих легкому (Л) режиму работы по классификации Правил по кранам.

РР кранов регламентируют требования ГОСТ 25546—82, согласно которым грузоподъемные машины в зависимости от условий использования разделяют на восемь ГРР, также определяемых классами использования и нагружения. Стандартом установлено 10 классов использования (от С0 до С9) и 5 классов нагружения (от *Q*0 до *Q*4).

По причине выбора различных показателей классификации невозможно установить прямое соответствие между ГРР механизмов и кранов по ГОСТ 25835—83, 25546—82 и РР в соответствии с требованиями Правил по кранам, однако примерное соответствие может быть принято по табл. 4.

Таблица 4. **Условное соответствие между регламентируемыми режимами работы**

Правила по кранам	Режим работы			
ГОСТ 25835—82	Л	С	Т	ВТ
	Группы режимов работы механизмов			
	1М...3М	4М	5М	6М
ГОСТ 25546—82	Группы режимов работы кранов			
	1К...3К	4К...5К	6К...7К	8К

Таблица 5. **Срок службы деталей грузоподъемных машин**

Группы режимов работы	Срок службы *h*, год			Время работы *T*, тыс. ч		
	подшипников качения	зубчатых передач		подшипников качения	зубчатых передач	
1М...3М	10	15	25	1,0	1,5	2,5
4М	5	10	15	3,5	7,0	10,0
5М	3	8	10	5,0	13,0	16,0
6М	3	5	10	10,0	16,0	32,0

Расчеты деталей и сборочных единиц механизмов грузоподъемных машин на прочность производят в соответствии с действительными режимами их работы. В зависимости от ГРР механизма рассчитывают двигатель и тормоз, определяют нагрузки, действующие при работе механизма,

в том числе на металлоконструкцию, принимают основные нормативные значения, коэффициенты запаса прочности деталей и торможения механизма, а также сроки службы отдельных деталей. Рекомендуемые сроки службы деталей грузоподъемных машин приведены в табл. 5.

§ 4. Режимы работы крановых электродвигателей

Допускаемые внешние нагрузки на электродвигатель механизма крана лимитируются степенью его нагрева и следовательно зависят от режима его работы. Различают три основных номинальных РР крановых электродвигателей: продолжительный (S_1), при котором двигатель работает без выключения в течение длительного времени и его нагрев при постоянной внешней нагрузке, соответствующей номинальной мощности, не превышает допустимой температуры нагрева изоляции обмоток; кратковременный (S_2) с длительностью работы двигателя при постоянной внешней нагрузке в течение 10, 30, 60 и 90 мин с последующим перерывом в работе до полного остывания и повторно-кратковременный (S_3), представляющий собой повторяющиеся циклы работы двигателя при продолжительности включения до 10 мин.

По характеру нагружения электродвигателей различают две основные группы приводов механизмов кранов: подъема груза, работа которого характеризуется относительно небольшим временем разгона (около 1 с) при соответствии номинальной внешней нагрузки величине крутящего момента на валу ротора электродвигателя, и остальных механизмов, работа которых отличается высокими значениями инерционных масс деталей и сборочных единиц и относительно большим временем разгона (8 10 с) при высоких значениях пусковых моментов и тока.

Работа электродвигателей механизмов подъема груза и изменения вылета стрелы отличается от других механизмов еще и тем, что при подъеме груза (стрелы) часть затраченной энергии превращается в потенциальную, которая при опускании груза (стрелы) помогает вращению ротора электродвигателя (создает дополнительный крутящий момент, направленный в сторону вращения ротора).

На рис. 6 на примере механизмов подъема груза и передвижения крана представлены два различных РР механизмов: двигательный режим работы, когда двигатель преодолевает момент сил сопротивления M_c и крутящий момент на валу ротора $M_{дв}$ направлен в сторону его вра-

щения n, например при подъеме груза (стрелы), передвижении и повороте крана. В этом случае крутящий момент ротора двигателя положителен, а момент сил сопротивления — отрицателен (рис. 6, *а*, *б*). В случае ограничения скорости опускания тяжелого груза (рис. 6, *в*), наличия попутного ветра или уклона, помогающих передвижению (повороту) крана (рис. 6, *г*), когда двигатель противодей-

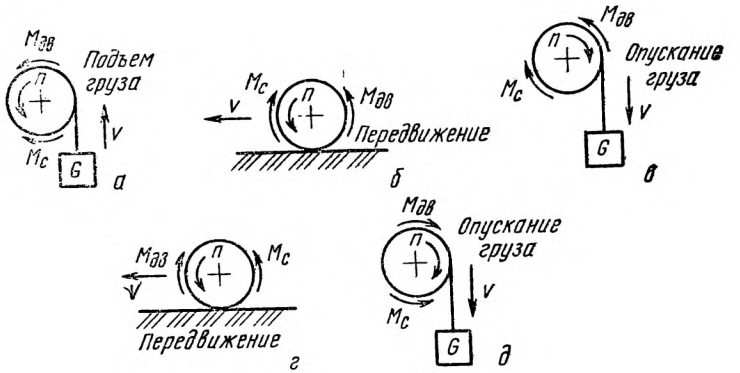


Рис. 6. Режимы работы электродвигателей механизмов подъема груза (*а*, *в*, *д*) и передвижения крана (*б*, *г*):
а, *б* — двигательный; *в*, *г* — тормозной; *д* — силовой

ствует движению, момент ротора двигателя $M_{дв}$ становится отрицательным, а момент сил сопротивления $M_с$ — положительным. Такой РР электродвигателя, при котором крутящий момент на валу ротора противоположен направлению его вращения, называют тормозным. При опускании небольшого по массе груза, сила тяжести которого не может преодолеть момент сил сопротивления $M_с$, двигатель развивает положительный крутящий момент $M_{дв}$, направленный в сторону движения груза (рис. 6, *д*). Такое опускание груза называют силовым.

§ 5. Расчетные нагрузки

Работоспособность, долговечность, надежность и безопасность эксплуатации ГПМ обеспечены расчетами деталей и сборочных единиц на прочность при однократном действии наибольших нагрузок; выносливость, нагрев и износ при многократном действии нагрузок за срок службы (см. § 3); величину деформаций (прогибов металлоконструкций); достаточность сцепления приводных колес с опорной

поверхностью; уровнь вибраций и других моментов, нарушающих нормальную работу ГПМ или их механизмов (элементов) либо оказывающих вредное физиологическое воздействие на обслуживающий персонал.

При этом необходимо учитывать следующие характерные для ГПМ эксплуатационные нагрузки: *весовые* (от масс груза, ГПМ в целом или ее элементов), действующие в вертикальной плоскости, переменные и постоянные по величине, сосредоточенные и распределенные, неподвижные и подвижные; *динамические,* действующие в период неустановившегося движения [в случае наезда крана или его подвижного элемента на упоры; от центробежных сил при вращении крана; при прохождении неровностей пути (например, зазоры в стыках крановых рельсов), при внезапном снятии нагрузки (обрыв грузового каната или самопроизвольная расстроповка груза) и др.]. Указанные нагрузки рассчитывают по соответствующим формулам механики или учитывают как увеличение весовых нагрузок с помощью коэффициентов динамичности. В зависимости от направления приложения сил, скорости и ускорения движения данные нагрузки действуют в вертикальной или горизонтальной плоскостях.

Кроме того, учитывают нагрузки, обусловленные метеорологическими факторами (ветер, снег, обледенение, изменение температуры окружающей среды). Эти нагрузки действуют в обеих плоскостях на ГПМ, работающие на открытом воздухе или в неотапливаемых помещениях.

К эксплуатационным также относят нагрузки на площадки, лестницы, поручни и перила крана от действий обслуживающего персонала с учетом веса переносимого инструмента и запасных деталей. Указанные нагрузки являются сосредоточенными подвижными и имеют следующие значения: 3000 Н — вертикальная нагрузка на площадки, на которых можно размещать материалы; 1300 Н — горизонтальная нагрузка на перила и поручни; 1200 Н — вертикальная на элементы лестниц.

Технологические нагрузки учитывают в случаях выполнения ГПМ специфических технологических операций, например, поддержание деталей при сварке оборудования, монтаж оборудования, трубопроводов и др.

Транспортные нагрузки, действующие на ГПМ и их отдельные элементы в транспортном положении в зависимости от способа перевозки, размещения и крепления элементов на транспортных средствах. Указанные нагрузки определяют согласно требованиям соответствующих ведомств

и нормативно-технической документации на транспортные средства.

Монтажные нагрузки действуют на ГПМ (элементы) в процессе монтажа (демонтажа) и их определяют с учетом конкретной технологии ведения работ.

Рассмотренные нагрузки весьма разнообразны по характеру приложения и величинам, поэтому для удобства выполнения расчетов они сведены в три основные группы:

— нормативные нагрузки, характеризующиеся наибольшими предельными величинами, установленными на основании характеристик ГПМ, режима нагружения и условий эксплуатации (например, нагрузка от массы груза, равной номинальной грузоподъемности ГПМ, ветровые нагрузки рабочего состояния и др.);

— случайные нагрузки, представляющие собой отклонения от нормативных нагрузок, учитываемые коэффициентом перегрузки (например, случайно поднятый груз, превышающий по массе номинальную грузоподъемность ГПМ, ветровые нагрузки нерабочего состояния и др.);

— эквивалентные нагрузки, отражающие особенность нагружения ГПМ различными по значению нагрузками за определенный срок службы. Эквивалентная нагрузка при стационарном режиме (постоянное многократное приложение нагрузки одного значения) вызывает ту же степень усталостного повреждения детали (увеличение прогиба элемента и пр.) в течение рассматриваемого срока службы ГПМ (за машинное время работы), как и фактически действующие нагрузки при нестационарном режиме (переменные по значению и времени действия нагрузки).

В расчетах прочности и устойчивости ГПМ, работающих на открытом воздухе, необходимо учитывать действие ветровых нагрузок, которые в соответствии с требованиями ГОСТ 1451—77 «Краны грузоподъемные. Нагрузка ветровая. Нормы и методы определения» разделяют на нагрузки рабочего и нерабочего состояний. При этом понимают, что в рабочем состоянии ГПМ выполняет работу по подъему и перемещению груза, а в нерабочем состоянии ГПМ без груза с выключенными механизмами испытывает нагрузки от сил тяжести собственных элементов и ветрового давления. К нерабочему состоянию также относят процессы монтажа (демонтажа) и транспортировки ГПМ.

При нагрузках рабочего состояния разрешена нормальная эксплуатация ГПМ с грузом номинальной массы, а сами нагрузки учитывают для расчета сил сопротивления при выполнении рабочих движений механизмов, мощности дви-

гателей, тормозов, металлических конструкций и грузовой устойчивости ГПМ. В указанных расчетах учитывают ветровую нагрузку на элементы ГПМ и груз. Нагрузку нерабочего состояния учитывают при расчете металлоконструкций, осей и валов ходовых колес, противоугонных устройств и собственной устойчивости ГПМ.

Ветровую нагрузку для обоих состояний ГПМ определяют как сумму статической и динамической составляющих. Первая составляющая соответствует постоянной скорости ветра и ее учитывают во всех расчетных случаях. Динамическая составляющая обусловлена пульсацией (изменением скорости) ветра и ее следует учитывать только при расчете на прочность металлоконструкций и проверке устойчивости ГПМ против опрокидывания. Динамическую составляющую определяют по нормам проектирования ГПМ данного типа.

Статическую составляющую ветровой нагрузки, действующую на элемент ГПМ или груз, определяют по формуле

$$F = pA, \text{ Н}, \tag{1}$$

где p — распределенная ветровая нагрузка на единицу расчетной площади элемента ГПМ или груза в данной зоне высоты, Па; A — расчетная площадь элемента крана или груза, м^2.

Распределенную ветровую нагрузку, в свою очередь, определяют по формуле

$$p = qkcn, \tag{2}$$

где q — динамическое давление ветра на высоте не более 10 м над поверхностью земли, Па; k — коэффициент, учитывающий изменение динамического давления по высоте; c — коэффициент аэродинамической силы; n — коэффициент перегрузки, учитывающий применяемый расчетный метод.

Динамическое давление ветра для рабочего состояния крана принимают независимо от района его установки, но с учетом назначения, в соответствии с которым установлены три значения q: 125 Па — для строительных, монтажных и технологических кранов, а также стреловых самоходных кранов общего назначения; 250 Па — для кранов всех типов, установленных в речных и морских портах; 500 Па — для кранов, установленных на объектах, исключающих возможные перерывы в работе.

Динамическое давление ветра для нерабочего состояния крана регламентировано требованиями ГОСТ 1451—77 для

семи районов в соответствии с картой районирования территории СССР (табл. 6).

Если район установки крана точно не известен, то допускается принимать $q=450$ Па, что соответствует III району.

Таблица 6. Значения динамического давления ветра, принятые в различных районах территории СССР

Районы территории СССР	I	II	III	IV	V	VI	VII
Динамическое давление ветра, Па	270	350	450	550	700	850	1000
Скорость ветра, м/с	21	24	27	30	33	37	40

В зависимости от высоты расположения элемента крана над поверхностью земли принимают следующие значения коэффициента k:

Высота над поверхностью Земли, м	10	20	40	60	100	200	300 и более
k	1,0	1,25	1,55	1,75	2,1	2,6	3,1

Значения коэффициента аэродинамической силы — c принимают согласно требованиям ГОСТ 1451—77 от 0,1 до 2,0 в зависимости от конструктивных особенностей, формы наветренной поверхности, коэффициента заполнения ферм и степени их перекрытия (затененности) другими элементами, размеров элементов, направления и скорости ветра. При определении ветровой нагрузки на груз принимают $c=1$.

Значения коэффициента перегрузки n при определении ветровой нагрузки рабочего состояния принимают равными единице, а для нерабочего состояния $n=1{,}1$ при расчете по методу предельных состояний и $n=1{,}0$ — по методу допускаемых напряжений и если в нормах на проектирование не заданы другие значения.

Расчетную площадь груза определяют по фактическим данным или рекомендациям ГОСТ. При этом ветровую нагрузку на груз следует принимать не менее 500 Н.

При определении мощности приводов крановых механизмов в расчете принимают 70 % ветровой нагрузки рабочего состояния, так как регламентированные ветровые нагрузки действуют относительно редко.

Нагрузки от снега и обледенения, величины которых

принимают по СНиП П-6—74. «Нормы проектирования. Нагрузки и воздействия», также относят к метеорологическим. Нагрузку от действия снежного покрова определяют по горизонтальной проекции воспринимающей поверхности. Снеговая нагрузка равна 10^3 Па для средней полосы Европейской части СССР и районов Сибири. Толщину обледенения на оттяжках, канатах и решетчатых элементах металлоконструкций принимают равной 1—1,2 см при плотности ледяного покрова 0,9 кг/дм^2.

Нагрузки, обусловленные температурными изменениями окружающей среды, определяют в интервале температур ±40 °С, учитывают при расчете статически неопределимых металлоконструкций и указывают в технической документации. За пределами указанного диапазона температур эксплуатация обычных кранов запрещена. Разработаны и выпускают ГПМ специального северного исполнения, обеспечивающие работоспособность при температуре до —60 °С.

При расчете механизмов ГПМ и их элементов необходимо учитывать возникающие в процессе работы нагрузки, их возможные сочетания, определять наиболее опасные из этих сочетаний и по ним проводить расчет на прочность и сопротивление усталости. Для ГПМ возможные основные сочетания расчетных нагрузок условно разделены на три расчетных случая.

Расчетный случай I — нормальная нагрузка ГПМ в рабочем состоянии, включающая номинальный вес груза и грузозахватного устройства, собственный вес конструкций и механизмов, ветровые нагрузки рабочего состояния, а также динамические нагрузки, возникающие в период неустановившегося движения при нормальных условиях эксплуатации.

Расчетный случай II — максимальная рабочая нагрузка, включающая, кроме нагрузок от собственного и номинального весов груза и грузозахватного устройства, также и максимальные динамические нагрузки, возникающие при резких пусках и экстренном торможении механизмов, внезапном включении (выключении) электрического тока, и предельные значения ветровой нагрузки рабочего состояния. Предельные значения динамической рабочей нагрузки ограничивают величиной момента пробуксовки или юза ходовых колес, максимального крутящего момента на валу двигателя или тормоза, а также срабатыванием специальных предохранительных устройств. В этом случае расчет ведут с учетом максимально возможного уклона пути и проверяют грузовую устойчивость ГПМ.

Расчетный случай III — нагрузки нерабочего состояния ГПМ без груза, с выключенными механизмами, установленного на открытом воздухе. При этом на машину кроме собственного веса действует предельная ветровая нагрузка нерабочего состояния, а иногда и нагрузки, вызываемые снегом, обледенением или температурным воздействием. Воздействие снеговой и ветровой нагрузок одновременно не учитывают. В данном расчетном случае проверяют собственную устойчивость ГПМ.

Расчетные случаи, виды нагрузок и их сочетания для конкретных ГПМ регламентируют соответствующие нормативно-технические документы. Основные расчетные нагрузки определяют по графикам загрузки механизмов во времени, построенным с учетом действительного режима работы механизма.

§ 6. Методы расчета

Для расчетов ГПМ и их элементов в настоящее время применяют два метода. Расчет элементов механизмов на прочность как правило выполняют по методу допускаемых напряжений. При этом небходимо выполнять условия

$$N_р \leqslant [N]; \quad \sigma_р \leqslant [\sigma]; \quad n \geqslant [n], \tag{3}$$

где $N_р$ — расчетная нагрузка, выраженная в силовых факторах (сила, момент) или другие расчетные величины (деформация, температура, срок службы, износ и др.); в качестве расчетной принимают нормативную нагрузку ($N_р = N_н$); $\sigma_р$ — расчетное напряжение при действии расчетных нагрузок; n — расчетный коэффициент запаса прочности, устойчивости, сцепления и др.; $[N]$, $[\sigma]$, $[n]$ — допускаемые нагрузка, напряжение и коэффициент запаса прочности соответственно.

Для определения напряжений условие (3) обычно имеет вид

$$\sigma_р = N_н/A \leqslant [\sigma]; \quad [\sigma] = \sigma_0/[n], \tag{4}$$

где A — геометрический фактор, характеризующий расчетное сечение элемента (площадь, момент сопротивления и др.); σ_0 — предел текучести (прочности) материала; $[n]$ — допускаемый коэффициент запаса прочности, значение которого обусловлено назначением детали, материалом и условиями работы ($[n]=1{,}3...1{,}8$).

Разновидностью данного расчетного метода является расчет элементов на прочность по допускаемым нагрузкам,

широко применяемый при выборе стальных проволочных канатов (см. гл. II).

Более совершенным и прогрессивным методом расчета, позволяющим наиболее полно учитывать действующие нагрузки, свойства материалов и условия работы, является расчет по предельным состояниям. Данный метод разработан академиком Стрелецким Н. С. для расчета строительных конструкций. В настоящее время он нашел применение в расчетах крановых металлоконструкций. Основным условием надежной эксплуатации элемента конструкции является требование, чтобы наибольшая возможная нагрузка в элементе не превышала сопротивление его материала (несущую способность), что характеризуется предельным неравенством

$$(N_р)_{max} \leqslant \Phi_{min}, \tag{5}$$

где $(N_р)_{max}$ — наибольшая расчетная нагрузка, выраженная в силовых факторах (сила, момент), расчетное напряжение или другие расчетные величины; Φ_{min} — наименьшая расчетная несущая способность.

В качестве расчетной принимают нормативную нагрузку с учетом коэффициента перегрузки

$$N_р = N_н k_п, \tag{6}$$

где $N_н$ — нормативная нагрузка; $k_п$ — коэффициент перегрузки для ГПМ и такелажных средств, применяемых на монтажных работах ($k_п = 1{,}07 \div 1{,}1$).

Для определения напряжений неравенство (4) можно преобразовать

$$\sigma_р = N_н k_п / A \leqslant m R_р; \quad R_р = R_н / k_м, \tag{7}$$

где A — геометрический фактор, характеризующий расчетное сечение элемента (площадь, момент сопротивления и др.); m — коэффициент условий работы, учитывающий особенности расчета, изготовления и эксплуатации рассчитываемого элемента ($m = 0{,}5 \div 1{,}0$); $R_р$ — расчетное сопротивление материала; $R_н$ — нормативное сопротивление материала (например, предел текучести для расчетов на прочность, устойчивость и пр.); $k_м = 1{,}05...1{,}1$ — коэффициент безопасности по материалу ($k_м = 1{,}05 \div 1{,}1$), в случае определения действительных прочностных характеристик материала непосредственно испытанием $k_м = 1{,}0$.

Аналогичные методы применяют для расчетов транспортных машин и такелажных средств.

Контрольные вопросы

1. Как классифицируют ГПМ, применяемые при производстве СМР?
2. По какому основному признаку классифицируют самоходные стреловые краны?
3. В чем состоит различие стреловых кранов с гибким и жестким подвесом стрелы?
4. Назовите и объясните основные параметры кранов?
5. Что характеризует грузовой момент крана и в каких физических единицах его выражают?
6. Что такое грузовысотная характеристика крана?
7. Из каких операций состоит рабочий цикл крана?
8. В чем состоит основной принцип классификации режимов работы кранов по ИСО?
9. К какой группе режимов работы относят строительно-монтажные краны?
10. В каких режимах работают электродвигатели крановых механизмов?
11. Какие основные нагрузки необходимо учитывать при расчете кранов?
12. Как учитывают ветровую нагрузку?
13. Какие расчетные методы применяют при расчете кранов?

Глава II
ГИБКИЕ ОРГАНЫ

§ 1. Стальные проволочные канаты

В большинстве современных ГПМ, такелажных средств и грузозахватных устройств (ГУ) в качестве основного элемента применяют гибкие несущие (тяговые) органы, которые предназначены для преобразования вращательного движения барабана подъемной машины в поступательное движение перемещаемого груза или для соединения последнего с грузозахватным органом машины. В качестве гибких органов применяют стальные проволочные канаты, сварные и пластинчатые цепи. Канаты из органических (пенька, хлопчатобумажные, манила, сизаль, джут и др.) и искусственных (нейлон, капрон, перлон и др.) волокон, имеющих малую прочность, большое упругое удлинение под действием нагрузки, подверженных гниению, чувствительных к воздействию температуры и острых предметов, а также обладающих другими недостатками, в ГПМ не применяют.

Стальные канаты менее трудоемки в изготовлении, имеют высокую удельную несущую способность и гибкость, существенно удобнее в работе, а их долговечность выше, чем у грузовых круглозвенных сварных стальных цепей. Стальной проволочный канат работает практически

бесшумно, сглаживает динамические нагрузки и обладает большей надежностью, так как разрушение происходит не внезапно, как у цепи, а число оборванных проволок нарастает постепенно, что позволяет следить за состоянием стального каната и выбраковывать его задолго до обрыва. Кроме того, себестоимость изготовления стальных канатов в 8...10 раз ниже себестоимости грузовых сварных цепей.

Стальной канат состоит из определенного количества проволок, как правило круглых, диаметром 0,1...2,0 мм, получаемых волочением по ГОСТ 7372—79 из специальной высокоуглеродистой катаной стали марок 60, 80 по ГОСТ 1050—74, перевитых между собой и образующих элемент каната — прядь. Несколько прядей, также перевитых между собой и расположенных на центральном сердечнике, образуют собственно канат. В процессе производства стальную проволоку подвергают специальной холодной пластической деформации (многократному волочению) совместно с термохимической обработкой, чем достигают ее высокие механические свойства, в частности маркировочная группа по временному сопротивлению проволок разрыву составляет 1372...2358 МПа.

Современные канаты имеют высокую агрегатную прочность каната в целом при малом диаметре, минимальную жесткость при изгибе, достаточную долговечность и высокую стойкость против коррозии и кручения под действием растягивающей нагрузки. Последнее свойство не менее важно, так как канат свит из спиральных элементов (проволок, прядей) по типу пружины и по аналогии с пружиной под нагрузкой склонен к кручению, что неблагоприятно сказывается на работе подъемного механизма.

В зависимости от количества проволок в пряди, конструкции последней, ее формы, количества прядей в слоях и числа слоев прядей в канате, направлений свивки элементов каната, наличия и типа сердечника и других факторов конструкции стальных проволочных канатов могут быть самыми различными. ГОСТ 3241—80 предусматривает выпуск следующих типов стальных канатов:

по форме поперечного сечения: круглые (рис. 7) и плоские. Последние не предназначены для работы в полиспастных системах и не получили применения в ГПМ.

В свою очередь круглые канаты подразделяют по ряду признаков:

по конструктивному на канаты одинарной (без сердечника), двойной и тройной свивки. Обе последние конструкции имеют сердечник. Спиральные канаты одинарной свивки представляют собой перевитые по спирали в один или несколько концентрических слоев проволоки *1* (рис. 7, *а*). При изготовлении канатов двойной свивки (однослойных) сначала из проволок свивают канат одинарной свивки, называемый в данном случае прядью *2*, а затем из прядей свивают собственно канат (рис. 7, *б*). Пряди в канатах двойной свивки расположены также по спирали в один

(несколько) концентрических слоев вокруг центрального формирующего сердечника *3*.

Канаты двойной свивки получили наибольшее распространение в ГПМ, так как они в полной мере удовлетворяют сформулированным выше требованиям. Канаты двойной

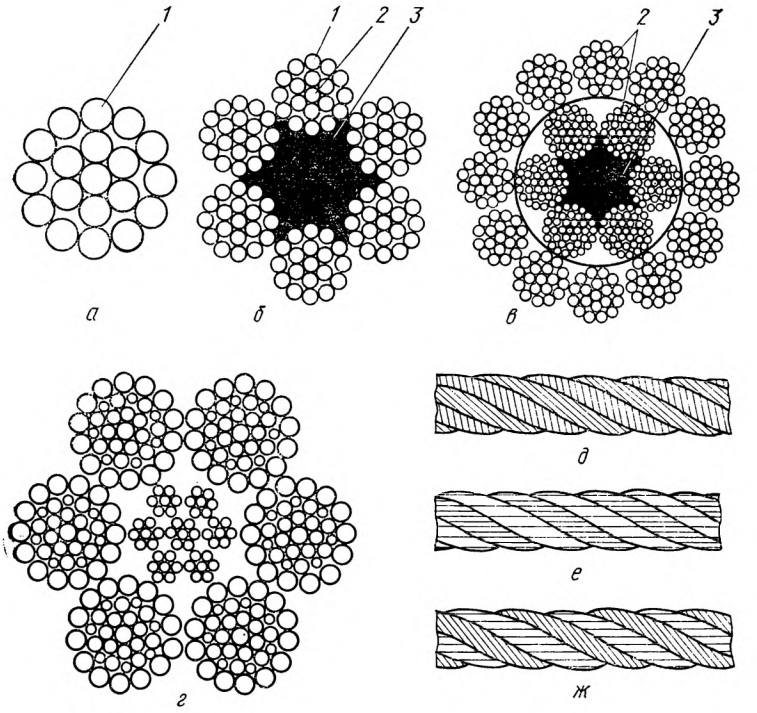


Рис. 7. Стальные проволочные канаты:

а — спитальный одинарной свивки, с органическим сердечником двойной свивки — однослойный (*б*) и двухслойный (*в*); *г* — с металлическим сердечником двойной свивки; *д* — двойной односторонней свивки; *е* — то же крестовой свивки; *ж* — то же комбинированной свивки

свивки бывают одно-, двух- (рис. 7, *в*) и трехслойные — два последние называют многослойными (многопрядными). В отдельных случаях применяют канаты тройной (кабельтовой) свивки из стренг-канатов двойной свивки;

по форме поперечного сечения прядей: круглопрядные и фасоннопрядные (трехгранной, овальной или другой). Последние обеспечивают более полное заполнение поперечного сечения каната проволоками (металлом), так как воз-

душные зазоры между элементами в них меньше, благодаря чему агрегатная прочность каната выше;

— *по типу свивки прядей* и канатов одинарной свивки: канаты с точечным касанием проволок между слоями (ТК); — канаты с линейным касанием проволок между слоями (ЛК); канаты с комбинированным точечно-линейным (линейно-точечным) касанием проволок между слоями (ТЛК, ЛТК); канаты с полосовым касанием проволок между слоями (ПК).

Необходимо отметить, что пряди типа ТК состоят из проволок одного диаметра и свивку их выполняют за несколько технологических операций (по числу слоев проволок в пряди), тогда как пряди типа ЛК состоят из проволок разного диаметра и их свивку выполняют за одну операцию, что является существенным конструктивным и технологическим преимуществом канатов данного типа.

В свою очередь пряди и канаты типа ЛК изготовляют из одинаковых по диаметру проволок в слоях прядей (ЛК-О) — рис. 7, *б*, из разных по диаметру проволок в слоях прядей (ЛК-Р) и с промежуточными проволоками заполнения между слоями пряди (ЛК-З), а также из проволок одного диаметра в одном слое и разного диаметра в другом слое (ЛК-РО). Канаты типа ПК получают методом пластической деформации обычных прядей *2* в радиальном направлении в специальных обжимных плашках (волоках) *3*, в результате чего линейный контакт проволок *1* в прядях преобразуется в полосовой, что обусловливает уменьшение внутрипроволочных контактных напряжений и благоприятно сказывается на работоспособности стальных канатов (рис. 8);

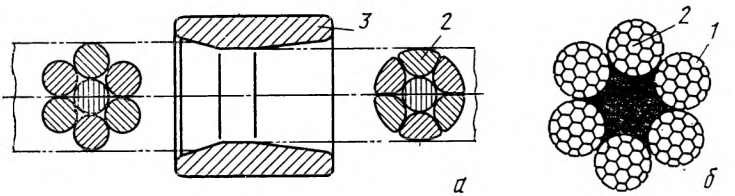


Рис. 8. Стальной канат типа ПК:
а — деформирование пряди, *б* — канат

— *по количеству проволок (прядей):* малопроволочные одинарной свивки типа ЛК-О 1×7 (1+6) — 7 проволок (ГОСТ 3062—80); ТК 1×19 (1+6+12) — 19 проволок (ГОСТ 3063—80); ТК 1×37 (1+6+12+18) — 37 проволок (ГОСТ 3064—80) и др., а также двойной свивки типа ЛК-Р

6×7+1 о. с. — 42 проволок (ГОСТ 3069—80); ЛК-О 6×19+1 о. с. — 114 проволок (ГОСТ 3077—80); ЛК-Р 6×19+1 о. с. — 114 проволок (ГОСТ 2688—80); ЛК-З 6×25+1 о. с. — 150 проволок (ГОСТ 7665—80) и др.;

многопроволочные двойной свивки типа ЛК-РО 6×36+1 о. с. — 216 проволок (ГОСТ 7668—80), ТЛК-О 6×37+1 о. с. — 222 проволоки (ГОСТ 3079—80), ЛК-РО 6×31+1 о. с. — 186 проволок (ГОСТ 16853—71, исполнение 1) и др.;

многопрядные (многопроволочные) типа ЛК-Р 18×19+1 о. с. — 342 проволоки (ГОСТ 3068—80), ЛК-РО 12×7+6×36+1 о. с. — 300 проволок (ГОСТ 16828—71) и др.;

по материалу сердечника: с крученым сердечником из органических волокон (рис. 7. *б, в*) — органический сердечник (о. с.); с витым сердечником из стальных канатных проволок (рис. 7, *г*) — металлический сердечник (м. с.); с сердечником из искусственных синтетических волокон или стержней — искусственный сердечник (и. с.);

— *по способу свивки:* на раскручивающийся (Р) и нераскручивающиеся (Н). Проволоки и пряди в канатах типа Н сохраняют после разрезания свое первоначальное положение в канате, а в канатах типа Р — не сохраняют, концы их раскручиваются, образуя «метелки». Поэтому в соответствии с требованиями Правил по кранам на раскручивающиеся канаты по обе стороны от места реза накладывают специальные марки (бензельные обвязки) из мягкой отожженной проволоки или бензельного каната.

по направлению свивки: канаты правого и левого (Л) направления свивки. Направление свивки элементов каната определяют по направлению свивки проволок наружного слоя для канатов спиральной свивки, направлению свивки прядей наружного слоя для канатов двойной свивки и направлению свивки стренг для канатов тройной свивки. У канатов правой свивки элементы располагаются справа вниз налево (рис. 7, *д*), если смотреть на вертикальный канат, а у канатов левой свивки наоборот — слева вниз направо. Отечественная промышленность выпускает преимущественно канаты правой свивки;

по сочетанию направлений свивки элементов каната: односторонней свивки, когда направления свивки проволок наружного слоя прядей и прядей в канат одинаковы (О) — (рис. 7, *д*); крестовой свивки, когда указанные направления противоположны (рис. 7, *е*); комбинированной свивки, когда указанные направления сочетаются (К) (рис. 7, *ж*);

по степени крутимости: крутящиеся канаты, в которых

все элементы имеют одинаковые направления свивки; малокрутящиеся канаты — многопрядные двойной свивки и многослойные одинарной свивки с противоположным направлением свивки прядей и проволок в слоях каната;

по механическим свойствам проволоки каната: высокого качества марки (В); нормального качества марки (I); марки (II), изготовляемой только с согласия потребителя; марки (Б) — бензельные, отличающиеся чистотой химического состава и физико-механическими свойствами;

— *по виду покрытия поверхностей проволок и каната:* из светлой проволоки (без покрытия) для легких условий эксплуатации (Л); из проволоки с тонким слоем цинкового покрытия (оцинкованные) для средних условий эксплуатации в агрессивных средах (С); из проволоки со средней толщиной цинкового покрытия для жестких условий эксплуатации (Ж); из проволоки с толстым слоем цинкового покрытия для очень жестких условий эксплуатации (ОЖ).

Группы условий эксплуатации для покрытий стальных проволок даны по ГОСТ 14007—68;

с покрытием искусственными материалами поверхностей прядей или самого каната (П) для условий эксплуатации (Ж, ОЖ).

Канаты из оцинкованных проволок применяют в машинах, работающих на открытом воздухе (группа С), и в условиях повышенного коррозионного воздействия (промышленная или морская атмосфера) — группы Ж и ОЖ. Канаты с покрытием П применяют в особо активных коррозионных средах, как правило химических производств;

— *по назначению:* на грузолюдские (ГЛ), грузовые (Г) и бензельные (Б) для наложения бензельных обвязок. Канаты типа ГЛ, свитые из проволоки марки В, применяют только на ответственных подъемных машинах, предназначенных для подъема людей и перемещения расплавленного (раскаленного) металла, взрыво- и огнеопасных, а также ядовитых материалов. Для остальных ГПМ и строповки грузов применяют канаты типа Г, свитые из проволоки марки I по ГОСТ 7372—79.

Такое многообразие типов и конструкций стальных проволочных канатов объясняется их различным назначением и специфическими условиями эксплуатации. Конкретные конструкции канатов и их параметры регламентированы требованиями соответствующих ГОСТ.

Условное обозначение каната должно соответствовать требованиям соответствующего ГОСТ и содержать: диаметр каната, назначение, вид покрытия, направление свив-

ки элементов, способ свивки, степень крутимости, марку и маркировочную группу проволоки и номер соответствующего стандарта на сортамент. Так, запись «Канат 39,5-Г-1-0-Р-1764 ГОСТ 7668—80» обозначает: стальной канат диаметром 39,5 мм, грузового назначения, из проволоки нормального качества марки I, без покрытия, правой односторонней свивки, раскручивающийся, маркировочной группы по временному сопротивлению проволок разрыву — 1764 МПа, по ГОСТ 7668—80. Последний, в свою очередь, обозначает круглый многопроволочный канат двойной свивки из шести круглых прядей по тридцать шесть проволок в каждой с органическим сердечником и линейным касанием одинаковых по диаметру проволок в слоях прядей — ЛК-РО 6×36 (1+7+7/7+14)+1 о. с.

§ 2. Основные факторы, определяющие срок службы канатов

Стальной проволочный канат представляет собой сложный агрегат пространственно перевитых между собой проволок, в которых под нагрузкой возникают различные дополнительные внутренние напряжения от растяжения, изгиба, кручения, контактных давлений и пр. Так, изгиб и кручение каната под нагрузкой вызывают поворот (смещение) его соседних поперечных сечений — депланацию — и за счет упругих деформаций проволок обусловливают возникновение в них дополнительных внутренних напряжений. При этом в местах контакта наружных проволок каната с поверхностью желоба блока (барабана лебедки) также возникают внутренние напряжения, приводящие к их взаимному изнашиванию. Указанные напряжения в сечениях отдельных проволок в сумме могут превысить предел прочности материала, что ведет к разрушению каната. Особенно интенсивно процесс изнашивания происходит при наличии в окружающей среде абразивной пыли или веществ, способствующих коррозии проволок.

Применение стальных канатов с маркировочной группой по временному сопротивлению проволок разрыву в пределах 1568...1960 МПа рационально. При низких значениях маркировочной группы проволок канат более дешевый, но при этом нерационально возрастает диаметр каната (соответственно блоков и барабанов), что обусловливает увеличение габаритов и массы механизма в целом. Получение канатной проволоки с более высокой маркировочной группой требует применения более сложной и дорогой техноло-

гии изготовления и при этом существенно снижаются пластические свойства проволоки и ее усталостная прочность, влияющая на срок службы каната.

Как правило, на ГПМ применяют однослойные канаты двойной свивки с одним органическим сердечником. Органические сердечники изготовляют из пенькового волокна по ГОСТ 5269—77, крученой хлопчатобумажной пряжи по ГОСТ 15958—70, сизаля, манилы и др. Сердечник должен быть трехпрядным с обязательной пропиткой противогнилостным составом.

В случаях, когда канаты с органическим сердечником не обеспечивают требуемой агрегатной прочности, а увеличение диаметра каната нежелательно, применяют канаты с металлическим сердечником, который меньше подвержен тепловому воздействию и не выгорает при перемещении грузов с высокой температурой, например расплавленный металл, шлак. Кроме того, проволочные канаты с металлическим сердечником, имеющие большую жесткость при раздавливании в поперечном направлении, предпочтительны при многослойной навивке каната на барабан лебедки. Как правило, в качестве металлического сердечника применяют специальные пряди одинарной свивки конструкции 1×7 или канаты двойной свивки конструкции 7×7.

Спиральные канаты обладают высокой агрегатной прочностью и гибкостью, обеспечивают большую площадь контакта проволок с поверхностью желоба блока и органа навивки (барабана лебедки). Однако, вследствие склонности к раскручиванию под действием растягивающей нагрузки (кручение) в ГПМ, имеющих свободный подвес груза в пространстве (без направляющих), их не применяют. Кроме того, при обрыве проволоки последняя выходит из каната но всей длине, что нарушает структуру самого каната, является причиной возникновения аварийной ситуации и делает дальнейшую эксплуатацию каната невозможной.

В отличие от этого канаты двойной свивки с органическим сердечником имеют меньшую гибкость и площадь контакта проволок с поверхностью желоба блока. Однако, за счет сложной пространственной свивки элементов каната оборвавшиеся проволоки не выходят из тела каната по всей длине, что делает возможной дальнейшую эксплуатацию каната. Канаты односторонней свивки за счет одинаковых направлений свивки проволок в пряди и прядей в канате обладают большей гибкостью по сравнению с канатами крестовой свивки и имеют в 2 раза большую площадь контакта с рабочей поверхностью блока, что обусловливает меньшие удельные контактные напряжения в проволоках каната и на поверхностях органов навивки и уменьшает износ каната и рабочих поверхностей блоков и барабанов, т. е. другими словами, повышает срок службы таких канатов на 25...50 %. При этом канаты крестовой свивки меньше склонны к кручению под действием прилагаемой нагрузки, так как внутренние крутящие моменты в элементах каната в значительной мере уравновешивают друг друга.

В настоящее время все большее распространение получают канаты

типа ПК, имеющие большее заполнение поперечного сечения каната металлом, более ровную наружную поверхность и большую площадь контакта с поверхностью желоба, что обусловливает их более высокую агрегатную прочность и срок службы.

Для борьбы с коррозией канатной проволоки применяют горячее цинкование или покрытие ее защитными пленками. Горячее цинкование — трудоемкий процесс, а обязательный при этом нагрев канатной проволоки снижает ее механические свойства.

Необходимо учитывать, что чередующиеся перегибы каната, особенно в противоположных направлениях, вызывают возникновение знакопеременных напряжений в проволоках и резкое накопление усталости металла, что существенно сокращает срок службы каната. Увеличение диаметра блоков существенно уменьшает дополнительные внутренние напряжения в проволоках каната и повышает долговечность каната наряду с уменьшением числа блоков и исключением перегибов каната в противоположных направлениях.

В механизмах современных ГПМ получили распространение следующие конструкции стальных канатов двойной свивки: ЛК-РО 6×36+1 о. с. по ГОСТ 7668—80; ТЛК-О 6×37+1 о. с. по ГОСТ 3079—80 и ЛК-Р 6×19+1 о. с. по ГОСТ 2688—80. При необходимости применяют канаты марок ЛК-РО 6×36+7×7 по ГОСТ 7669—80 и ЛК-З 6×25+ +7×7 по ГОСТ 7667—80. Для оснащения грузовых полиспастов и монтажных лебедок такелажных средств применяют канаты по ГОСТ 7668—80, ГОСТ 3079—80 и ГОСТ 2688—80; для изготовления расчалок (вант), оттяжек и тяг — канаты по ГОСТ 7669—80 и ГОСТ 2688—80, а для изготовления стропов — канаты по ГОСТ 7668—80, ГОСТ 3079—80 и ГОСТ 2688—80. В последнее время получают более широкое применение многорядные канаты ЛК-Р 18×19+1 о. с. по ГОСТ 3088—80 и ПК-РО 6×36+1 о. с. по ТУ 14-4-324-73.

К недостаткам стальных канатов следует отнести относительно небольшой срок службы, кручение и упругое удлинение под действием приложенной нагрузки, а также увеличение их длины (вытяжку) в процессе эксплуатации. Применение барабанов большого диаметра ведет к увеличению передаточного числа редуктора, габаритов и массы механизма.

Основные технические характеристики стальных проволочных канатов приведены в приложении II.

§ 3. Расчет и выбор стальных канатов

Значения суммарных внутренних напряжений, возникающих в проволоках каната от прилагаемой нагрузки, зависят от многих факторов и их сочетаний: величины и характера приложения нагрузки, диаметра и конструкции каната, диаметра проволок, числа прядей и углов их свивки, типа и качества свивки каната, материала сердечника и покрытия проволок, конструкции и размеров блоков (барабанов) и многих др., т. е. определение суммарных напряжений представляет собой многофакторную задачу. Очевидно, что установить общую математическую зависимость несущей способности каната от всех факторов практически невозможно, поэтому на основе многочисленных исследований были выявлены основные факторы, которыми являются рабочая нагрузка на канат и отношение диаметров блока (барабана) и каната (см. § 1 гл. IV) и для которых Правилами по кранам регламентированы соответствующие расчетные нормы.

Расчет стальных проволочных канатов ведут по методу допускаемых нагрузок по формуле

$$P/F \geqslant k,$$

где P — разрывное усилие каната в целом (агрегатная прочность), принимаемое при проектировании механизма по данным ГОСТ, а при замене каната по его сертификату, кН; F — наибольшее натяжение ветви каната с учетом КПД полиспаста и отводных блоков (без учета динамических нагрузок), кН; k — статистический коэффициент запаса прочности в зависимости от назначения канатов и группы режима работы механизмов (см. табл. 7).

В отличие от основных значений k, обязательных для соблюдения во всех отраслях народного хозяйства страны, два последние значения регламентированы требованиями ОСТ 36-73—82 и распространяются только на СМР. Другими словами, на практике расчет сводится к выбору каната, агрегатная прочность которого удовлетворяет неравенству

$$P \geqslant Fk. \qquad (8)$$

Следует учитывать, что вследствие сложного напряженного состояния каната (неравное распределение прилагаемой нагрузки между его проволоками) P всегда меньше суммарной прочности составляющих его проволок и обычно равна 0,82÷0,85 суммарной прочности, приведенной в сертификате на канат.

При выборе каната следует помнить, что канат из малого числа проволок большого диаметра обладает повышенной изгибной жесткостью, но хорошо сопротивляется абразивному изнашиванию. С уменьшением диаметра проволок

Таблица 7. **Наименьшие значения статистического коэффициента запаса прочности канатов**

Назначение	Привод машины и группа режима работы	Значение k
Для механизмов подъема груза и стрелы крана	Ручной, 1М	4
	Машинный, 1М, 2М, 3М	5
	То же 4 М	5,5
	» 5М, 6М	6
Для изготовления растяжек стрел кранов	—	3,5
Для изготовления расчалок, вант, несущих канатов кабельных кранов и их растяжек:		
— постоянные	—	3,5
— со сроком работы до 1 года	—	3
— тяговые, применяемые на кранах	—	4
Для монтажа кранов	—	4
Для грейферов:		
— двухмоторные (двухканатные)	Машинный, любая группа	6
— одномоторные и одноканатные	То же	5
Для подъема людей	Любые	9
Для стропов:		
— канаты стальные	—	6
— канаты пеньковые и хлопчатобумажные	—	8
Для монтажных лебедок и полиспастов при соотношении $D/d_к$:		
— 12...15	—	3,5
— свыше 15	—	3

гибкость каната возрастает, так как изгибная жесткость уменьшается, при этом снижаются износостойкость каната и его структурная прочность (жесткость в поперечном направлении), что обусловливает сокращение срока службы каната особенно при многослойной навивке его на барабан лебедки.

Пример. Рассчитать и выбрать стальной канат для оснащения монтажной электрореверсивной лебедки ЛМС-12,5 с тяговым усилием $F=125$ кН.

Решение. 1. Предварительно задаемся диаметром каната $d_к=30$ мм. Тогда с учетом диаметра барабана лебедки $D=800$ мм

$D/d_к = 26{,}7$. По табл. 7 принимаем $k \geqslant 3$. Определяем расчетное разрывное усилие каната в целом

$P \geqslant Fk = 125 \cdot 3 = 375$ кН.

2. По сортаменту на канаты выбираем Канат 27-Г-I-0-Н — 1764(80) ГОСТ 7668—80, разрывное усилие которого $P = 396$ кН>375 кН.

3. При этом фактическое $D/d_к = \frac{800}{27} = 29{,}6 > 15$ (см. табл. 7), т. е. канат выбран верно.

§ 4. Концевые крепления канатов

Применение стальных канатов невозможно без выполнения концевых креплений (КК), предназначенных для соединения канатов с деталями ГПМ и перемещаемым грузом. По конструкции концевые крепления разделяют на разъемные и неразъемные, а по назначению — для крепления на барабане и соединения с деталями машин (груза). Узел крепления каната должен быть надежным, простым по конструкции, компактным, доступным для осмотра и замены каната, который в месте крепления не должен иметь крутых перегибов.

Разъемные КК применяют для соединения канатов с барабанами лебедок, крюковыми подвесками кранов (монтажными обоймами), при изготовлении расчалок (тяг, вант), а также неинвентарных канатных стропов, применяемых для подъема нестандартного КТО, и соединения полиспастов расчалок с якорями. Неразъемные КК, как правило, применяют при изготовлении инвентарных грузозахватных устройств (ГУ), не являющихся принадлежностью ГПМ.

В соответствии с рекомендациями Правил по кранам крепление конца каната *3* на барабане лебедки выполняют при помощи прижимных планок или клиновых зажимов (рис. 9). На барабанах ГПМ наибольшее распространение получило крепление прижимными планками *2*, устанавливаемыми на цилиндрической (рис. 9, *а*) и торцевой (рис. 9, *б*) поверхностях барабана или в приливе его стенки (рис. 9, *в*). С целью обеспечения надежности крепления расчетное число планок должно быть не менее двух. Планки крепят к барабану *4* болтами *1*. Самозатягивающийся клиновой зажим *5* устанавливают в приливе стенки барабана (рис. 9, *г*).

Соединение каната с деталями машин обычно выполняют образованием петли *2* на его конце с последующим закреплением петли при помощи оси *1* (рис. 10). При производстве СМР такелажными средствами разъемные креп-

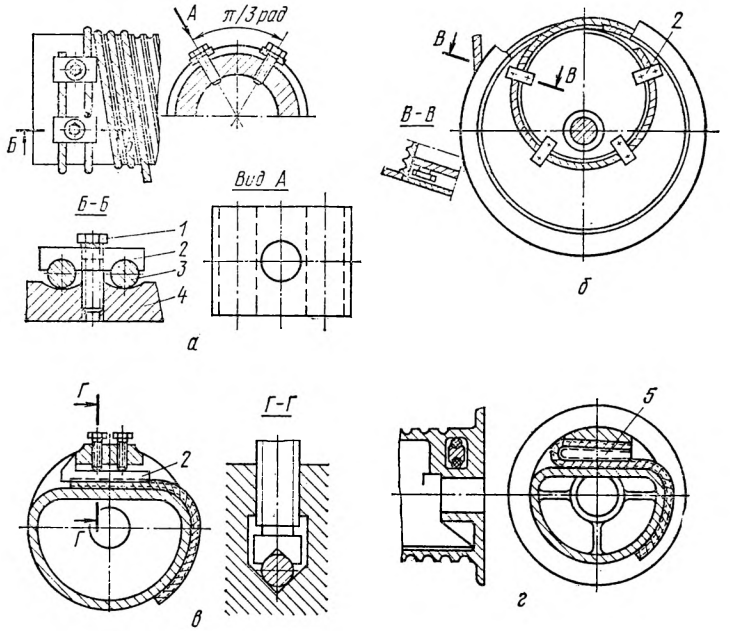


Рис. 9. Крепление конца каната на барабане, прижимными планками, устанавливаемыми на цилиндрической (*а*) и торцевой (*б*) поверхностях барабана; *в* — в приливе его стенки, *г* — клиновым зажимом

ления выполняют при помощи винтовых зажимов *4* по ОСТ 24.090.51—80 (рис. 10, *а*), а для соединения канатов с деталями ГПМ применяют самозатягивающиеся клиновые зажимы (рис. 10, *б*). С целью предохранения каната от чрезмерных напряжений, смятия и истирания в узле крепления применяют коуш *3* (от одноименного голландского слова), представляющий собой овальную (круглую) обойму с желобом под канат на наружной поверхности. Коуши выпускают штампованными по ГОСТ 2224—72 или сварными из отводов труб. Пример условного обозначения коуша с диаметром внутреннего отверстия 40 мм — Коуш 40 ГОСТ 2224—72.

Канат огибает коуш, а конец каната крепят к его основной ветви. Винтовой зажим состоит из скобы *5* и колодки *6*, изготовленных из ВСт3сп или сталей 20, 25, 30 и заживаемых гайками 7. ОСТ предусматривает 16 типоразмеров зажимов для канатов диаметром 4...63 мм. Пример обозначения зажима для канатов диаметром 16...19 мм — зажим 19 ОСТ 24.090.51—80. Очевидно, что при затягива-

нии гаек зажима скоба деформирует канат больше чем колодка, поэтому зажимы устанавливают колодками на основную (нагруженную) ветвь каната. Надежность соединения зависит от количества зажимов, степени их затяжки и шага установки p.

В соответствии с требованиями Правил по кранам количество зажимов не должно быть менее трех, а $p \geqslant 6d_к$. Недостаточная затяжка зажимов не обеспечивает надеж-

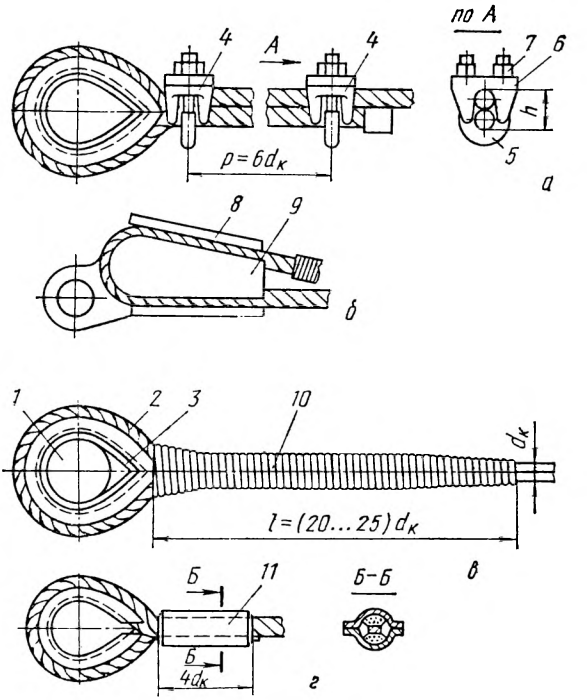


Рис. 10. Соединение каната с деталями машин:
а — винтовыми зажимами; *б* — клиновыми зажимами; *в* — заплеткой, *г* — обжимной втулкой

ность соединения (возможно проскальзывание конца каната), а излишняя затяжка вызывает значительную деформацию поперечного сечения каната и снижение несущей способности. Степень затяжки зажимов удобно контролировать по величине h, измеряемой при помощи штангенциркуля между внутренними поверхностями скобы и колодки. По результатам исследования ВНИИМССа $h=0{,}72...0{,}75$ — для канатов с органическим сердечником и $h=$

=0,85...0,87 — для канатов с металлическим сердечником. Кроме того, степень затяжки зажимов можно контролировать по величине крутящего момента, прикладываемого при затягивании гаек (табл. 8).

Таблица 8. **Количество зажимов в соединении и крутящий момент для затягивания гаек по ОСТ 24.090.51—80**

Диаметр каната, мм	4...6	6...8	8...10	10...16	16...22	22...25
Количество зажимов, шт	3				4	
Крутящий момент, Н·м	0,3	10	30	55	80	125

Продолжение

Диаметр каната, мм	25...28	28...36	36...40	40...50	50...63
Количество зажимов, шт	5			6	
Крутящий момент, Н·м		200	330		450

Необходимое количество винтовых зажимов можно определить по формуле

$$z = \frac{Fk}{f_к (1 + e^{\mu\alpha}) N} \qquad (9)$$

где k — коэффициент запаса надежности соединения (k=1,5 — для 1, 2 и 3-й, k=2 — для 4-й и k=2,5 — для 5 и 6-й групп режима работы); $f_к$=0,3 — коэффициент сцепления между ветвями сжимаемого каната; μ=0,15 — коэффициент трения между канатом и желобом коуша; α — угол обхвата коуша канатом, рад; N — усилие, создаваемое одним зажимом, кН. Выражение $(1+e^{\mu\alpha})$ по закону Эйлера характеризует часть закрепляющего усилия, воспринимаемого коушем.

Клиновой зажим по ОСТ 22-253—72 состоит из кованой, штампованной или литой стальной втулки *8* и стального клина *9* с уклоном 1 4, имеющего желоб на наружной поверхности (аналогично коушу). Под действием рабочего усилия в канате клин прижимается к стенкам втулки и закрепляет канат. При снятии нагрузки клин во втулке удер-

живают силы трения, т. е. зажим не может раскрыться самопроизвольно. Для раскрытия зажима необходимо ударить по клину в противоположном направлении.

В качестве неразъемных концевых креплений канатов применяют заплетку и обжимные втулки. Заплетка *10* (счаливание, рис. 10, *в*) — наиболее простой и распространенный способ крепления, к недостаткам которого следует отнести высокую трудоемкость, необходимость применения тяжелого ручного труда, повышенный расход каната (концы после заплетки отрубают), высокую стоимость и снижение на 5...15 % несущей способности канатов (в зависимости от диаметра каната и квалификации рабочего).

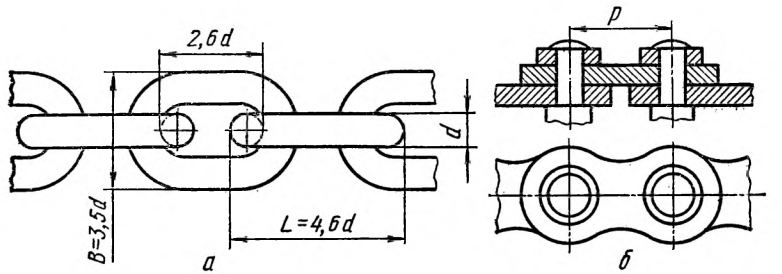
Обжимные втулки, устанавливаемые на канате, являются наиболее простым, надежным, современным и технологическим решением. Основной деталью крепления является овальная втулка *11* из стали 20 по ГОСТ 1050—74 или алюминиевых сплавов АД0, АД1, АД31 или АМЦ по ГОСТ 4784—74 (трубы из сплавов по ГОСТ 18482—79). Конец каната пропускают через втулку, изгибают для образования петли и вновь вставляют во втулку с противоположной стороны, после чего соединение обжимают в штампе. Иногда между ветвями каната во втулке помещают стальной клин. После обжатия втулка приобретает круглое или овальное поперечное сечение (рис. 10, *г*). Длина соединения в 5...6 раз меньше в сравнении с заплеткой. Технология выполнения такого крепления достаточно проста, но требует специальной несложной оснастки. Однако при массовом изготовлении себестоимость крепления конца каната в обжимной втулке в 4...5 раз ниже по сравнению с заплеткой. Поэтому оно нашло широкое применение при изготовлении инвентарных ГУ (канатных стропов). Концевые крепления каната во втулке с последующей заливкой легкоплавким сплавом (дорогие, трудоемкие и нетехнологичные) в практике производства СМР применения не получили.

§ 5. Стальные цепи

Цепь — гибкое изделие, состоящее из соединенных шарнирно отдельных жестких звеньев. Благодаря простоте конструкции и высокой гибкости при достаточной несущей способности стальные цепи в ряде случаев успешно конкурируют с канатами. По назначению цепи разделяют на приводные (для механических передач), подъемные (для подъема грузов) и грузовые (для строповки). По конструкции различают цепи: круглозвенные сварные, выполненные из

звеньев овальной формы, расположенных во взаимно перпендикулярных плоскостях, что обеспечивает высокую гибкость цепи во всех направлениях, и грузовые пластинчатые, выполненные из стальных пластин, соединенных валиками.

В свою очередь, сварные цепи по ГОСТ 2319—81 под-



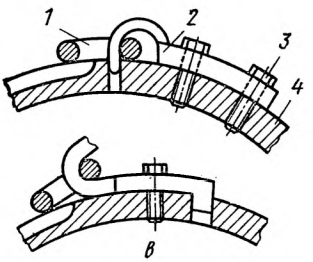


Рис. 11. Стальные цепи:

а — круглозвенная сварная; *б* — грузовая пластинчатая; *в* — крепление круглозвенной сварной цепи на барабане лебедки

разделяют по типу на короткозвенные (А) и длиннозвенные (В), а по исполнению — калиброванные (1) и некалиброванные (2), отличающиеся точностью изготовления (рис. 11, *а*).

Звенья цепи изготовляют из прутков диаметром d (калибра) из Ст2, Ст3 по ГОСТ 380—71 кузнечно-горновой или контактной сваркой. Пример обозначения короткозвенной калиброванной цепи калибра $d = 10$ мм с шагом $p = 28$ мм — Цепь А1—10×28 ГОСТ 2319—81. Кроме того, отечественная промышленность выпускает цепи сварные общего назначения по ГОСТ 7070—75. Некалиброванные цепи предназначены для работы с гладкими блоками (барабанами) при скорости не более 1 м/с, а калиброванные — со звездочками, имеющими специальные гнезда (например, тяговое колесо), при скорости не более 0,1 м/с.

Благодаря криволинейной форме звена в материале последнего под нагрузкой возникают внутренние напряжения растяжения и изгиба. С целью ограничения последних на-

пряжений необходимо выдерживать соотношение $D/d>20$ для ГПМ с ручным и $D/d>30$ — с машинным приводом.

К недостаткам сварных цепей, ограничивающим область их применения, относят большую массу в сравнении со стальными канатами, возможность внезапного обрыва и быстрое изнашивание звеньев, требующих постоянного и тщательного контроля за состоянием цепи, а также малые рабочие скорости.

Основных недостатков в значительной мере лишены грузовые пластинчатые цепи по ГОСТ 191—82, изготавливаемые из сталей 40, 45, 50 по ГОСТ 1050—74. Пластинчатая цепь состоит из пластин, соединенных при помощи валиков (рис. 11, *б*). Отсутствие сварки и термообработка деталей (улучшение или нормализация) повышают надежность цепей и уменьшают деформацию звеньев под нагрузкой. Грузовые пластинчатые цепи изготовляют четырех типов (с расклепыванием валиков, с шайбами, со шплинтами и пр.) и двух исполнений: *1* — без концевых пластин; *2* — с концевыми пластинами. Пример обозначения грузовой пластинчатой цепи типа I (с расклепыванием валков) с шагом 50 мм и с концевыми пластинами — цепь 1-50-2 ГОСТ 191—82.

Пластинчатая цепь движется более плавно, что снижает динамические нагрузки. Одним из недостатков такой цепи является ограниченная гибкость в ее плоскости, что не позволяет навивать цепь на барабан лебедки, поэтому цепи принимают только с ведущими звездочками. В силу конструктивных и технологических особенностей пластинчатые цепи тяжелее и дороже сварных. На заводе-изготовителе все цепи подвергают испытанию статической нагрузкой, составляющей 50 % от разрушающей.

Концевые крепления цепей выполняют при помощи специальных разъемных звеньев (замков). Для крепления сварных цепей *1* к барабану лебедки *4* применяют кованые крючкообразные зажимы *2*, прикрепляемые к барабану болтами *3* (рис. 11, *в*).

Ввиду сложности определения фактических суммарных напряжений в звеньях цепей их расчет и выбор гибких органов производят также по методу допускаемых нагрузок (см. § 3, формула 8) с учетом нормативных значений статического коэффициента запаса прочности, приведенных в табл. 9, где P — разрушающая цепь нагрузка, принимаемая по данным ГОСТ на цепь, кН.

Таблица 9. **Наименьшие значения статического коэффициента запаса прочности цепей k**

Характеристика и назначение цепи	Значение k	
	Ручной привод машины	Машинный привод машины
Грузовые сварные некалиброванные, работающие на гладком барабане	3	6
Грузовые сварные калиброванные, работающие на звездочках	3	8
Грузовые пластинчатые	3	5
Для стропов	5	5

§ 6. Основные правила эксплуатации

Канаты являются одним из ответственных и быстроизнашиваемых элементов ГПМ, поэтому они требуют особого внимания в процессе эксплуатации и от их состояния в значительной мере зависит надежная, безопасная и ритмичная эксплуатация ГПМ и такелажных средств. Преждевременное изнашивание канатов и возникновение в них структурных дефектов обычно имеют место в результате неправильного выбора конструкции каната или нарушения правил эксплуатации. Например, несоответствие параметров свивки выбранного каната условиям его эксплуатации, применение неправильных схем запасовки каната в полиспаст или навивки на барабан лебедки, несоблюдение регламентированного соотношения $D/d_к$, искажение профиля желоба (канавки) блока, воздействие динамических нагрузок на канат, несоблюдение требований и периодичности его осмотра (обслуживания), несвоевременная замена изношенного каната и др. могут послужить причиной его предельного износа, влекущего за собой обрыв каната и падение крюковой подвески вместе с грузом. Очевидно, что разрушение строповочного каната (съемного грузозахватного устройства) вызывает те же последствия. Поэтому техническая администрация предприятий, эксплуатирующих ГПМ, обязана систематически следить за работой и состоянием стальных проволочных канатов. Вопросы эксплуатации канатов затрагивают различные аспекты технологических мероприятий, включая транспортирование, разгрузку и хранение канатов, подготовку их к работе, разматывание, резку, запасовку в полиспасты, выполнение концевых креплений, собственно эксплуатацию (чистку, смазывание, освидетельствование, выбраковку и др.), от качественного

и своевременного выполнения которых зависят наработка каната до норм технического ресурса и экономическая эффективность его применения.

Стальной проволочный канат является специфическим элементом подъемной машины, в связи с чем основные положения по его эксплуатации существенным образом отличаются от приемов эксплуатации типовых деталей, сборочных единиц и механизмов ГПМ.

Стальные проволочные канаты следует хранить в смазанном состоянии в закрытых проветриваемых, при возможности отапливаемых, сухих помещениях обязательно с асфальто-бетонным полом или деревянным настилом. Во избежание активной коррозии проволок хранить канаты непосредственно на земле категорически запрещено. При хранении канатов, навитых на катушки, последние следует устанавливать на диски в один ряд. Хранение лежа на дисках (плашмя) запрещено. Разрешено временное хранение стальных канатов (не более одного месяца) на открытом воздухе с обязательной укладкой на деревянные щиты и укрытием толью, рубероидом от прямого воздействия осадков и предохранения смазки канатов от попадания грязи и песка. К каждому отрезку стального каната должна быть прикреплена металлическая (деревянная) бирка с указанием основных параметров каната в соответствии с данными сертификата.

Разматывать канаты следует посредством вращения катушки (бухты). При этом ось последней должна быть горизонтальна (рис. 12, *а*) или вертикальна (рис. 12, *в*). В по-

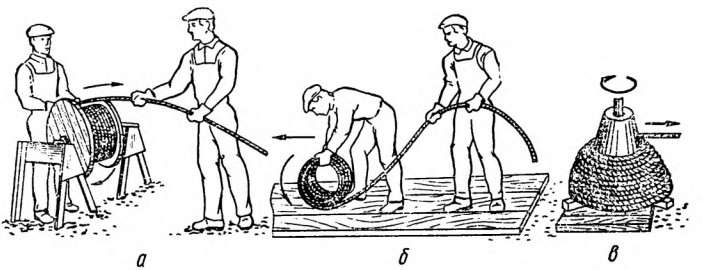


Рис. 12. Технология разматывания каната (*а* — с барабана; *б* — из бухты способом перекатывания; *в* — то же при помощи вьюшки)

рядке исключения допускается разматывать канат перекатыванием бухты вручную в сторону, противоположную от конца разматываемого каната (рис. 12, *б*). Разматывать канат сбрасыванием витков через борт барабана, лежащего на диске, и вытягиванием из лежащей бухты категорически запрещено, так как это вызывает кручение каната вокруг собственной оси и возникновение в нем неустранимых структурных дефектов.

Во избежание налипания на канат грязи и последующего ускоренного его изнашивания разматывать канат на

земле или полу не рекомендуется (необходимо применять деревянные подкладные щиты).

Измерение длины каната производят при помощи штатных измерительных устройств (линейки, рулетки и пр.). Канаты режут дисковыми пилами трения, отрезными абразивными кругами, газовыми резаками, оплавлением током сварочного аппарата и другими способами. Канаты диаметром до 16 мм разрешено рубить зубилом. С целью предохранения концов каната от раскручивания и возникновения структурных дефектов перед резкой на канат (по обе стороны от места реза) необходимо наложить бензельные обвязки, т. е. намотать мягкую отожженную проволоку (рис. 13, *а*). Для наложения бензельных обвязок следу-

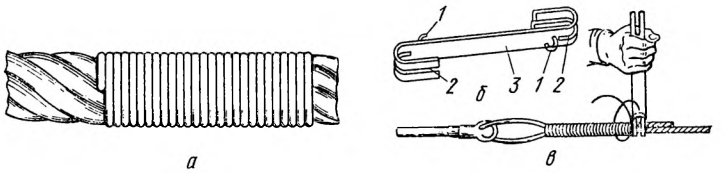


Рис. 13. Наложение бензельной обвязки:
а — общий вид; *б* — устройство приспособления; *в* — применение приспособления; *1* — крючок; *2* — паз; *3* — рукоятка

ет применять простейшие ручные приспособления, обеспечивающие ровную и плотную укладку проволоки (рис. 13, *б*, *в*).

Смазывание канатов уменьшает внутренние силы трения и увеличивает гибкость каната, его работоспособность, а также обеспечивает высокие антикоррозионные свойства. Поэтому необходимо постоянно следить за состоянием смазочного покрова, периодически очищать канат от грязи, продуктов износа и коррозии и смазывать его свежей смазкой, обеспечивая проникновение ее внутрь каната в необходимом количестве.

С целью повышения долговечности и надежности стальных канатов при изгибе необходимо строго соблюдать рекомендуемые Правилами по кранам значения соотношения $D/d_к$ (см. § 1, гл. IV); исключать возможность схода канатов с блоков и барабанов, для чего последние снабжают защитными кожухами, предохранительными ребордами и пр.; не допускать смещения канатов за установленные габариты и их перетирания при взаимодействии с элементами конструкции машины или другими канатами. Так как на практике невозможно измерить диаметр блока (барабана) по оси навитого каната — D, то рекомендуется измерять его

диаметр по дну желоба или канавки — D_1 (рис. 33) при помощи штангенциркуля либо специального калибра и для пересчета пользоваться зависимостью $D = D_1 + d_к$.

Наиболее слабым местом являются концевые крепления канатов (их соединения), состояние которых необходимо тщательно контролировать.

Стальные канаты (особенно с органическим сердечником) следует защищать посредством установки ограждающих кожухов от непосредственного воздействия тепловой энергии и попадания на них расплавленного металла, например, при электросварке. Во избежание нагрева проволок каната запрещено пропускать по ним электрический ток.

При работе со стальными канатами следует применять специальный ручной инструмент — прошивки (свайки), кусачки, веревки, молотки и пр. Во избежание травмирования рук рабочих все работы по подготовке стальных канатов к эксплуатации, включая запасовку (навеску) в полиспасты, выполнение концевых креплений, технические освидетельствования и обслуживания, необходимо выполнять в рукавицах, а при необходимости пользоваться защитными очками.

Стальной проволочный канат в процессе эксплуатации теряет несущую способность постепенно, поэтому его состояние необходимо постоянно контролировать, учитывая число оборванных проволок в наружных слоях прядей, степень их износа и коррозии. Техническое обслуживание (ТО) и освидетельствование канатов совмещают с проведением ТО ГПМ. Обычно канаты осматривают визуально, без применения оптических приборов. Поперечное сечение каната должно быть круглым, а его диаметр, замеряемый штангенциркулем, должен соответствовать размеру, указанному в сертификате (паспорте) крана (рис. 14, *а*). Число обрывов проволок, степень их износа и коррозии, предельные значения которых регламентированы требованиями Правил по кранам (стр. 278, приложение 8), определяют на длине шага свивки каната. При этом под шагом свивки каната понимают длину его участка, на котором прядь делает полный оборот вокруг продольной оси каната

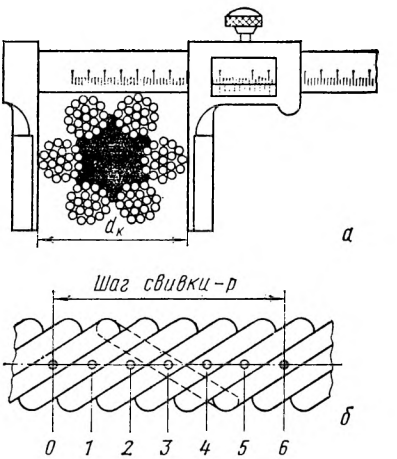


Рис. 14. Измерение параметров шестипрядного стального каната двойной свивки (*а* — диаметра при помощи штангенциркуля; *б* — длины шага свивки прядей; 0...6 — номера прядей)

(сердечника). Длину шага свивки прядей в канате определяют следующим образом. На поверхность любой пряди наносят метку «0», от которой вдоль оси каната (в любом направлении) отсчитывают количество прядей, соответствующее конструкции каната (например, 6 — для шестирядного каната) и на последней ставят метку «6». Расстояние между указанными метками равно шагу свивки (рис. 14, *б*). Канат должен иметь равномерный по всей длине шаг свивки, величина которого регламентирована требованиями ГОСТ 3241—80.

Очищенный канат осматривают по всей длине, разматывая его с барабана лебедки при минимальной частоте вращения последнего. При этом устанавливают участки каната, имеющие наибольшее количество обрывов проволок. Как правило, это участки каната, претерпевающие наибольшее число перегибов на блоках и навиваемые на барабан лебедки. Именно на этих участках каната необходимо определить абсолютное число обрывов проволок. С целью упрощения технологии выполнения работ рекомендуется использовать зеркало, устанавливаемое с задней (по отношению к наблюдателю) стороны каната, и мощный источник света. Для удобства подсчета числа обрывов проволок канат следует немного изогнуть. При этом не следует смешивать число обрывов проволок с количеством концов оборванных проволок, которых всегда вдвое больше. С целью недопущения возможного травматизма рук подсчитывать оборванные проволоки ощупыванием (органолептически) категорически запрещается.

В среднем для применяемых канатов двойной свивки число обрывов проволок (браковочная норма) составляет примерно 10 % от общего числа проволок в канате. Канаты, достигшие браковочной нормы, выбраковывают и заменяют новыми. С учетом износа и коррозии проволок браковочную норму снижают. При износе (коррозии) проволок, достигшем 40 % (и более) от номинального диаметра, без наличия обрыва канат также выбраковывают.

Все контрольные измерения выполняют на расстоянии не менее 5 м от конца каната. С целью увеличения сроков службы стальных канатов и взаимодействующих с ними блоков (барабанов лебедок), а также исключения возможного травматизма рабочих при выполнении освидетельствования и технического обслуживания канатов концы оборванных проволок (у канатов, не достигших норм браковки), выступающие над поверхностью каната, необходимо удалять при помощи кусачек. Концы проволок диаметром 0,5 мм и менее допускается заделывать загибанием внутрь прядей. Результаты осмотров стальных канатов заносят в крановый журнал, в котором отмечают дату освидетельствования, состояние каната, места наибольшего скопления дефектов, максималь-

ное число обрывов проволок на длине одного шага свивки каната, процентный износ (коррозию) проволок и др. обнаруженные дефекты.

Взамен забракованного (снятого с ГПМ) навешивают новый канат, техническая характеристика которого соответствует требованиям паспорта машины. После навески нового каната лицо, ответственное за исправное состояние ГПМ, обязано проверить правильность запасовки каната в полиспаст, надежность выполнения концевых креплений, произвести пробную обтяжку каната рабочим грузом и убедиться в нормальных условиях его работы. Сертификат нового каната (документ его заменяющий) также необходимо хранить вместе с паспортом ГПМ, в котором делают соответствующую отметку в разделе «Сведения о ремонте».

В процессе эксплуатации звенья цепей изнашиваются в шарнирах, что ведет к уменьшению поперечного сечения звеньев и удлинению цепи. Поэтому за ними необходимо постоянно вести наблюдение, обращая особое внимание на своевременность и качество смазывания шарниров цепи. В силу большой инерционности цепи не могут работать при больших скоростях движения, вызывающих сход звена с зуба звездочки. Это необходимо учитывать при выборе и эксплуатации цепей.

Общим преимуществом цепей является высокая гибкость, обусловливающая малые диаметры звездочек (барабанов), что позволяет уменьшить значения крутящих моментов на валах. Допустимый износ звена сварной цепи ограничен величиной, составляющей 10 % от диаметра прутка, по достижению которого цепь заменяют новой. При работе пластинчатой цепи на звездочке одновременно в полном зацеплении с ней должно находиться не менее двух зубьев звездочки.

Контрольные вопросы

1. Какие гибкие органы применяют при производстве СМР и каковы их преимущества?
2. Из чего состоит стальной канат? Перечислите основные типы канатов и укажите их маркировку.
3. Какие основные факторы определяют срок службы канатов?
4. Какие преимущества обеспечивает канату металлический сердечник?
5. Как рассчитывают стальные канаты? Укажите значения статического коэффициента запаса прочности в зависимости от назначения каната.
6. Как крепят конец каната на барабане лебедки? Укажите преимущества различных способов.
7. Какие типы разъемных креплений конца каната получили наибольшее распространение? Почему?
8. Какие требования предъявляют к установке винтовых зажимов на канат?
9. Изложите преимущества обжимной втулки по сравнению с заплеткой канатов?

10. Какие преимущества обеспечивает применение цепей? Укажите область их применения.

11. Как рассчитывают стальные цепи и каковы значения статического коэффициента запаса прочности?

12. Какие требования предъявляют к хранению стальных канатов?

13. Изложите основные технологические приемы подготовки стальных канатов к работе.

14. С какой целью и как накладывают бензельные обвязки на канат?

15. Каким образом и при помощи каких инструментов измеряют основные параметры канатов?

16. Как определяют длину шага свивки каната?

17. Сформулируйте основные критерии выбраковки гибких органов.

Глава III
ГРУЗОЗАХВАТНЫЕ ОРГАНЫ И СЪЕМНЫЕ УСТРОЙСТВА

Для захватывания перемещаемых ГПМ грузов применяют различные грузозахватные органы — крюки, петли (скобы), грейферы, электромагниты, вакуумные захваты и пр., являющиеся частью ГПМ, а также съемные (навесные) грузозахватные устройства (ГУ) — стропы, эксцентриковые и клещевые захваты, бадьи, тару и т. д.

§ 1. Грузовые крюки и петли

Наибольшее распространение в современных ГПМ получили универсальные грузозахватные органы — крюки и петли, соединяемые с перемещаемым грузом посредством съемных ГУ общего или специального назначения. По форме грузовые крюки разделяют на: однорогие и двурогие, а по способу изготовления на: кованые (штампованные) и пластинчатые. ГОСТ 6627 — 74 предусматривает изготовление 26 типоразмеров однорогих крюков грузоподъемностью 0,4...100 т для применения в механизмах ГПМ с ручным и машинным приводом (рис. 15, *а*), а ГОСТ 6628—73 — 14 типоразмеров двурогих крюков грузоподъемностью 5... 100 т для применения в механизмах только с машинным приводом для всех групп режима работы (рис. 15, *б*).

Крюки изготовляют ковкой или штамповкой из низкоуглеродистой стали 20 или 20Г. После ковки крюки обязательно отжигают для снятия внутренних напряжений в металле. Применение высокоуглеродистых сталей и чугуна недопустимо, т. к. указанные материалы имеют хрупкую структуру, что ведет к образованию трещин и изломов в те-

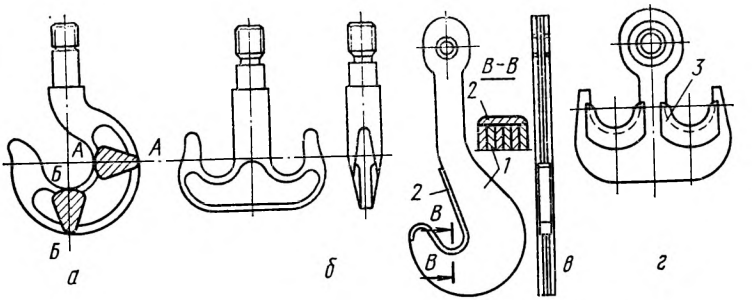


Рис. 15. Грузовые крюки (*а*, *б* — кованые/штампованные; *в*, *г* — пластинчатые)

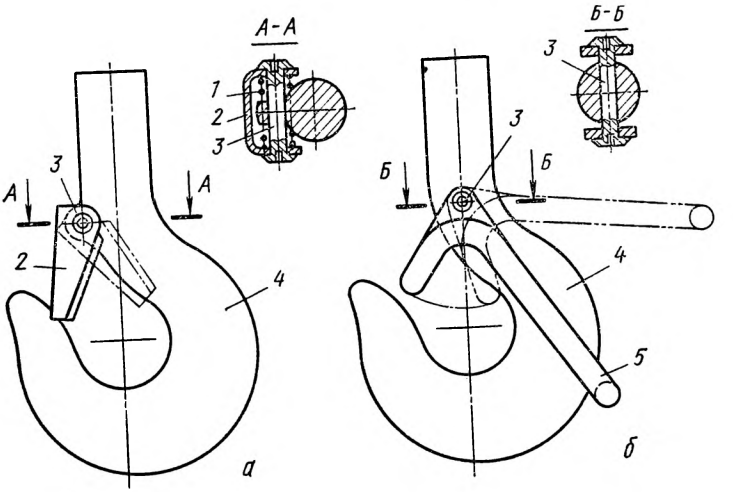


Рис. 16. Предохранительные скобы с замыканием зева крюка:
а — пружиной; *б* — скобой; *1* — пружина; *2* — защелка; *3* — ось; *4* — крюк; *5* — скоба

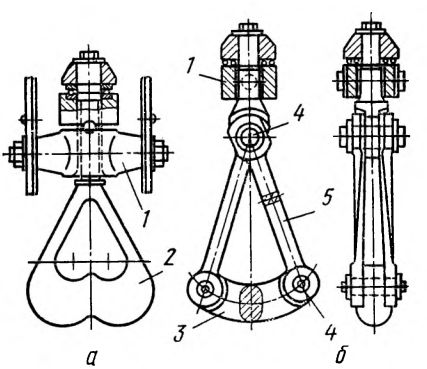


Рис. 17. Грузовые петли:
а — неразъемная; *б* — разъемная; *1* — траверса; *2* — петля; *3* — серьга; *4* — ось; *5* — тяга

ле крюка, особенно в опасных сечениях АА и ББ (рис. 15, *а*). По тем же причинам ограничивают применение литых крюков из-за склонности к образованию внутренних дефектов при отливке. После изготовления каждый крюк испытывают в течение 10 мин статической нагрузкой, на 25 % превышающей его номинальную грузоподъемность. После испытания на теле крюка не должно быть следов остаточных деформаций, трещин, надрывов, изломов и других дефектов. ГОСТ предусматривает выпуск крюков с коротким (тип А) и длинным (тип Б) хвостовиком, применяемых в крюковых подвесках соответственно нормальной и укороченной длины. Пример обозначения кованого однорогого крюка грузоподъемностью 20 т для механизма с машинным приводом 1...4 групп режима работы с удлиненным хвостовиком — Крюк № 19, тип Б ГОСТ 6627—74.

Крюки стреловых, башенных и др. кранов, перемещающих грузы, навешанные при помощи жестких элементов (скоб, тяг и пр.), должны быть снабжены предохранительными скобами по ГОСТ 12840—80 (рис. 16). Общие требования безопасности к грузозахватным органам регламентируют требования ГОСТ 12.2.090—83.

Для ГПМ большой грузоподъемности ГОСТ 6619—75 предусматривает изготовление 14 типоразмеров одно- и двурогих пластинчатых крюков грузоподъемностью 40...320 т, собираемых из пластин, вырезанных из листовой стали марок ВСт3сп, 20 или 16МС и соединенных между собой заклепками (рис. 15, *в*, *г*). Для равномерного распределения нагрузки между пластинами *1* и исключения перегибов строповочных канатов в зев крюка помещают вкладыш *2* из мягкой стали, имеющей соответствующую форму, или специальный коуш *3*. Пластинчатые крюки легче кованых, более технологичны в изготовлении (не требуют мощного кузнечно-прессового оборудования) и ремонтопригодны.

Иногда вместо грузовых крюков применяют цельнокованые (неразъемные) и разъемные грузовые петли, выполненные из низкоуглеродистых сталей (рис. 17). При равной грузоподъемности петля имеет меньшие габариты и массу в сравнении с крюком, так как в ее сечении действует меньший изгибающий момент. В эксплуатации петли менее удобны из-за необходимости размыкания разъемной петли, а неразъемная требует продевать строп внутрь петли. Форму крюков и петель принимают такой, чтобы обеспечить наименьшие размеры и массу при требуемой несущей способности. Так как форма и размеры петель не

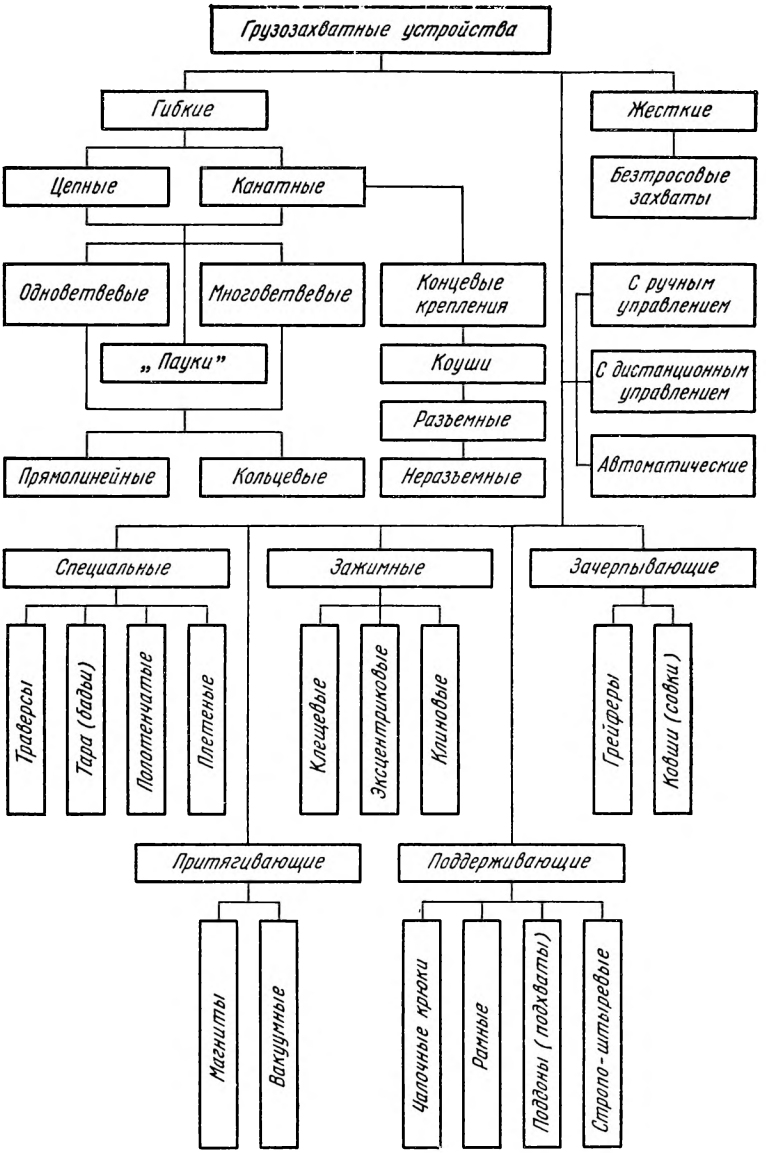


Рис. 18. Классификация съемных грузозахватных устройств

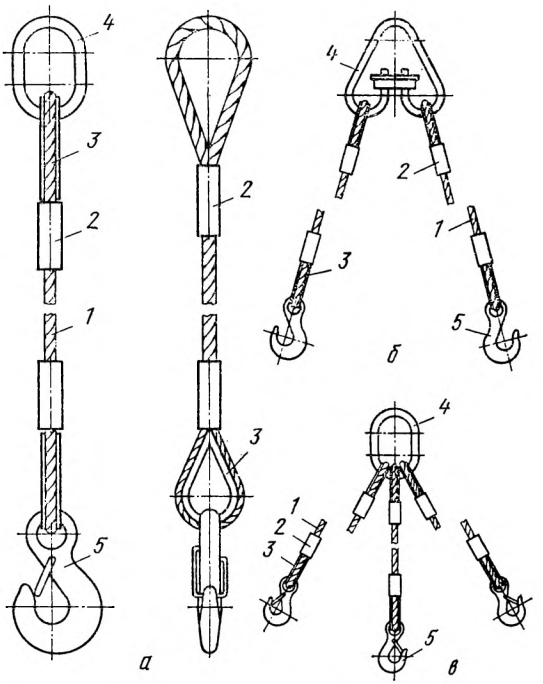
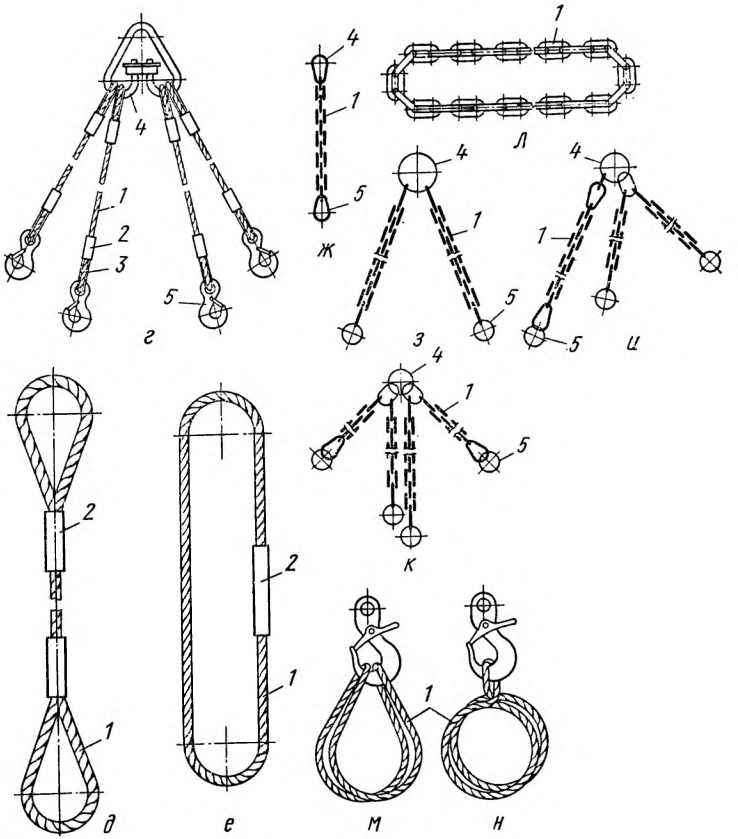


Рис. 19. Гибкие грузозахватные устройства:
канатные: *а* — 1СК; *б* — 2СК; *в* — 3СК; *г* — 4СК; *д* — УСК1; *е* — УСК2; цепные: *ж* — 1СЦ; *з* — 2СЦ; *и* — 3СЦ; *к* — 4СЦ; *л* — УСЦ; строповка груза: *м* — в обхват; *н* — «на удав»; *1* — канат (цепь); *2* — концевое крепление; *3* — коуш; *4* — подвеска; *5* — крюк

стандартизованы, перед их применением необходимо обязательно выполнить поверочный расчет.

§ 2. Классификация съемных грузозахватных устройств

Основное назначение съемных (навесных) грузозахватных устройств (ГУ) — соединение перемещаемых грузов с крюковой подвеской ГПМ. Технологическую операцию крепления груза к ГПМ (зацепление крюками, обвязку и пр.) называют строповкой, а обратную операцию — расстроповкой. Соответственно, рабочих, выполняющих указанные операции, называют стропальщиками, а основные инвентарные ГУ, выполненные на основе гибких органов, с т р о п а м и. Классификация съемных ГУ приведена на рис. 18. Очевидно, что не все приведенные ГУ получили распрост-



ранение при производстве СМР. Так зачерпывающие, притягивающие и большинство поддерживающих ГУ на практике не применяют, поэтому в данном учебнике они не рассматриваются. Специальные (полотенчатые и плетеные стропы) и жесткие ГУ (бестросовые захваты) отнесены к такелажным средствам и рассмотрены в гл. XII.

Так как номенклатура перемещаемых грузов по форме, размерам и массе разнообразна и велика, а крановые крюковые подвески имеют различные грузозахватные органы, то в настоящее время широко распространены съемные ГУ различного исполнения и назначения. В соответствии с ГОСТ 25032—81 современные ГУ должны удовлетворять следующим требованиям: высокая надежность,

исключающая самопроизвольную расстроповку груза и обеспечивающая его сохранность, а также безопасное ведение СМР; простота конструкции, малые габариты и масса, низкая себестоимость изготовления; высокая несущая способность; строгое соответствие характеру перемещаемого груза, быстрота и технологичность строповки (расстроповки) и др.

Наибольшее применение получили универсальные инвентарные и специальные ГУ, к которым относят ГУ дистанционного и автоматического принципа действия, зажимные и пр.

§ 3. Гибкие съемные грузозахватные устройства

При ручной строповке грузов применяют съемные инвентарные гибкие ГУ, соответствующие требованиям ОСТ 24.090.50—79. ОСТ 24.090.48—79 предусматривает выпуск

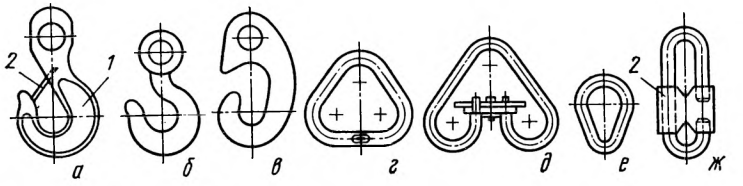


Рис. 20. Концевые звенья:
крюки типа. *а* — К1; *б* — К2; *в* — К3; *г* — треугольное звено неразъемное; *д* — то же разъемное (подвеска); *е* — овальное звено неразъемное; *ж* — карабин; *1* — крюк; *2* — предохранительная скоба

канатных грузовых стропов типа 1СК, 2СК, 3СК и 4СК (одно-, двух-, трех- и четырехветвевые) и аналогичных цепных стропов типа 1СЦ, 2СЦ, 3СЦ и 4СЦ (рис. 19) с различными концевыми звеньями (рис. 20) и коушами в петлях, а также универсальных канатных с увеличенными петлями без коушей — УСК1, замкнутых кольцевых УСК2 и замкнутых цепных УСЦ (рис. 19, *д*, *е*, *л*). Четырехветвевой строп иногда называют «пауком». Грузоподъемность стропов: 1СК (1СЦ) — 0,32...20 т, 4СК (4СЦ) — 0,63...32 т; УСК1 и УСК2 — 0,32...32 т, УСЦ — 0,4...25 т. Грузоподъемность многоветвевых стропов общего назначения указывают при угле между ветвями $\pi/2$ рад. Стропы типа СК длиной 0,9...20,5 м и УСК — длиной 1...30 м изготовляют из целых кусков стального каната диаметром 6,3... 66,5 мм с выполнением концевых креплений обжимной втулкой (реже заплеткой) — см. приложение III. Сращивание (сплетение) кусков каната даже одного диаметра и ГОСТ категорически запрещено.

Многоветвевые стропы комплектуют из стропов 1СК и нормализованных концевых звеньев. Они предназначены для подъема грузов за несколько точек. Пример обозначения универсального канатного стропа исполнения I грузоподъемностью 16 т и длиной 18 000 мм — Строп УСК1-16/ /18 000 ОСТ 24.090.48—79. Обозначение стропов типа СК (СЦ) отличается добавлением указания типа концевых звеньев.

Стропы типа УСК (УСЦ) не имеют захватных органов и как правило их применяют для строповки грузов, не имеющих захватных устройств (петель, скоб, рым-болтов и пр.), в обхват или «на удав» (рис. 19). В этих случаях ветвь каната стропа изгибается относительно другой ветви каната, т. е. соотношение $D/d_к=1$, что явно недостаточно, а потому недопустимо. Автором предложена специальная втулка с параболической формой образующей, формирующая изгиб каната при строповке «на удав» (рис. 21). Втулку предварительно надевают на

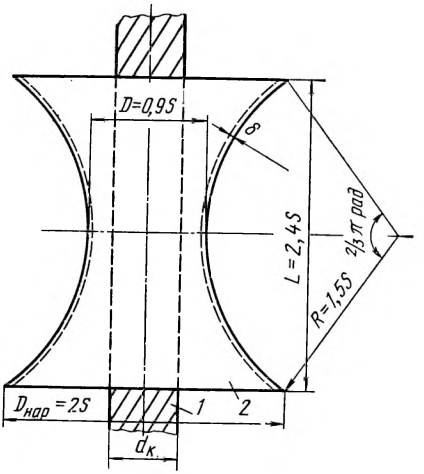


Рис. 21. Специальная втулка:

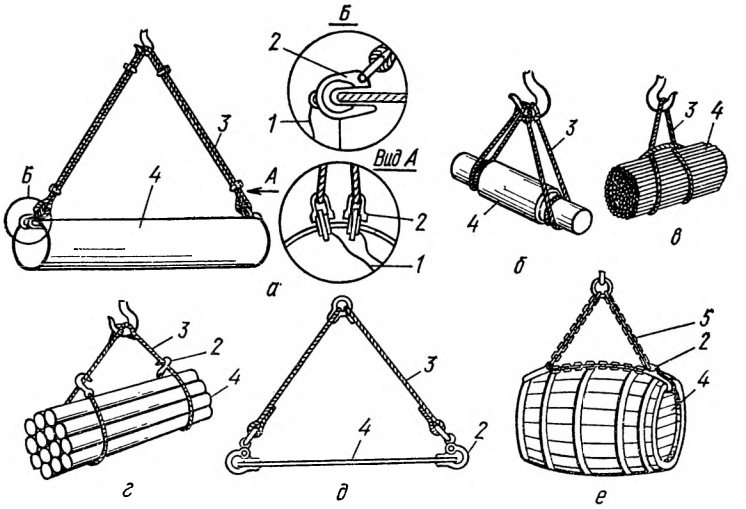
1 — канат; *2* — втулка; δ — зев грузового крюка

ветвь стропа любого типа. Наличие втулки на стропе не ограничивает область его применения. Заготовкой для изготовления втулки служит труба стальная электросварная прямошовная по ГОСТ 10704—76. Концы трубы развальцовывают в горячем состоянии для получения требуемых размеров втулки.

Размеры втулки обеспечивают требуемые условия изгиба ветвей каната в стропе ($D/d_к>4$). Так как $D_{нар}>S$, то крюк при строповке ложится на параболическую наружную поверхность втулки, что исключает самопроизвольную расстроповку груза.

Допускается изготовлять канатные стропы из канатов, снятых с эксплуатации в механизмах ГПМ. Очевидно, что это могут быть отрезки канатов, не достигшие норм браковки. Они не должны иметь следов нарушения сплошности и округлости поперечных сечений (западания или отслаивания прядей), заломов, «жучков» и пр. структурных

дефектов, снижающих несущую способность каната. В процессе эксплуатации такие стропы должны находиться под особым контролем. На рис. 22 показаны примеры применения универсальных гибких ГУ для строповки грузов различного народнохозяйственного назначения.



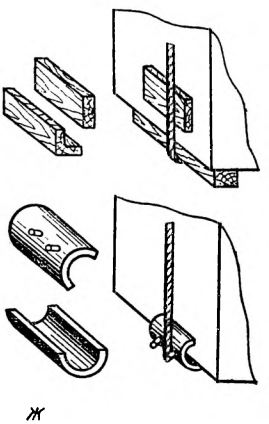


Рис. 22. Примеры применения универсальных гибких ГУ для строповки различных грузов (*а* — труб; *б* — валов; *в*, *г* — пакетов длинномерных грузов; *д* — стальных листов; *е* — бочкотары; *ж* — инвентарные подкладки):

1 — вспомогательный канат; *2* — захватное звено; *3* — канатный строп; *4* — груз; *5* — цепной строп

§ 4. Расчет и выбор гибких грузозахватных устройств

Канаты гибких ГУ также рассчитывают по формуле (8). Для одноветвевых стропов типа 1СК $F = G_{гр}$, а для многоветвевых стропов, расположенных под углом к вертикаль-

ной оси (рис. 23, *а*), наибольшее допускаемое натяжение F одной ветви каната определяют по формуле

$$F = \frac{G_{гр}}{\cos\alpha \cdot n} = i\frac{G_{гр}}{n} \qquad (10)$$

где $G_{гр}$ — вес поднимаемого груза, кН; n — число ветвей каната в стропе, шт; α — угол наклона ветви каната

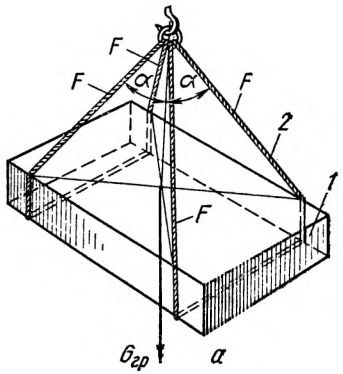
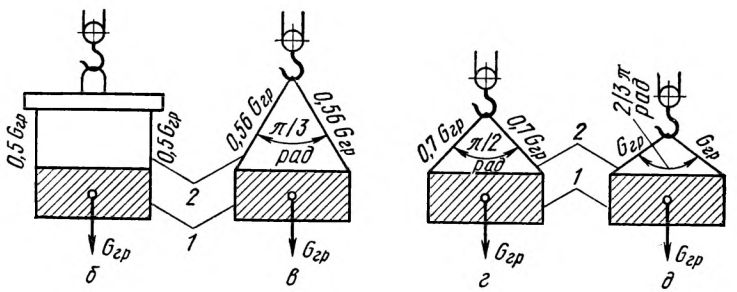


Рис. 23. Строповка груза (*а* — четырехветвевым стропом; *б—д* — двухветвевым):

1 — груз; *2* — ветви стропа



к вертикальной оси, рад; i — коэффициент, зависящий от угла α.

При углах наклона ветвей каната в стропе к вертикальной оси $\alpha = 0$, $\pi/6$ $\pi/4$ и $\pi/3$ рад, что соответствует углу между ветвями каната 0, $\pi/3$, $\pi/2$ и $^2/_3\pi$ рад, значения коэффициента i соответственно равны 1; 1,15; 1,42 и 2 (рис. 23, *б—д*). Очевидно, что с увеличением угла α натяжение ветви каната в стропе возрастает и при $\alpha = \pi/3$ рад $F = G_{гр}$, что соответствует применению одноветвевого стропа, поэтому на практике указанный угол ограничивают значением $\pi/4$ рад.

Пример. Определить диаметр и выбрать канат для строповки груза массой $m_{гр}=7500$ кг в четыре ветви ($n=4$ шт.) каната с расположением их под углом $\alpha = \frac{\pi}{6}$ рад к вертикали.

Решение. 1. Вес груза $G_{гр}=m_{гр}\,g=7500\cdot 9{,}8 \cong 75$ кН.
2. Натяжение одной ветви каната в стропе

$$F = \frac{75\cdot 1{,}15}{4} = 21{,}6 \text{ кН, где } i = 1{,}15 \text{ при } \alpha = \frac{\pi}{6} \text{ рад.}$$

3. Расчетное разрывное усилие каната в целом

$$P = Fk = 21{,}6\cdot 6 = 129{,}7 \text{ кН,}$$

где $k=6$ — статический коэффициент запаса прочности стального каната для изготовления стропов (см. табл. 7).
4. По сортаменту на канаты выбираем Канат 16,5-Г-1-0-Н — 1764 ГОСТ 7668—80, разрывное усилие которого — 150 кН>129,7 кН.
5. Либо, задавшись грузоподъемностью четырехветвевого стропа 8 т и длиной его ветвей 3000 мм, выберем необходимый Строп 4СК-8/3000 ОСТ 24.090.48—79.

§ 5. Грузозахватные устройства дистанционного и полуавтоматического действия

В настоящее время широко распространена ручная строповка (расстроповка) грузов с применением тяжелого, малоквалифицированного, трудоемкого и опасного ручного труда вспомогательных рабочих — стропальщиков. Время ручной строповки (расстроповки) грузов составляет до 50 % общего времени цикла работы ГПМ. Наиболее трудоемкой и опасной следует считать расстроповку грузов, выполняемую как правило на высоте. Очевидно, что применение ГУ дистанционного и полуавтоматического действия способствует повышению производительности ГПМ, труда стропальщиков и обеспечивает безопасность производства СМР

ГУ дистанционного и полуавтоматического действия предусматривают ручную строповку груза, выполняемую непосредственно стропальщиком, и дистанционную (полуавтоматическую) расстроповку его, осуществляемую без прямого воздействия на ГУ В ГУ дистанционного действия простого типа расстроповку груза осуществляют поворотом крюка (рис. 24, *а*, *б*) или вытягиванием запирающего пальца (рис. 24, *в*, *г*) при помощи вспомогательного канатика. Такие ГУ грузоподъемностью 1...10 т имеют собственную массу 2,7...33 кг. К недостаткам таких ГУ следует отнести сложность управления, возможное заедание подвижных деталей, невозможность управления при определенных углах наклона вспомогательного канатика и не-

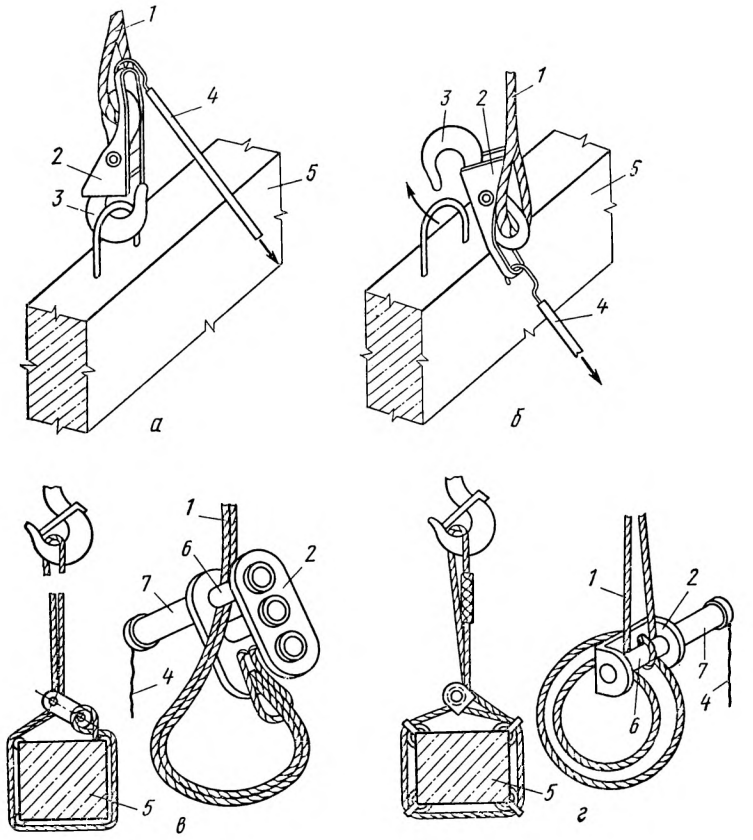


Рис. 24. Универсальное грузозахватное устройство дистанционного действия (*а*, *б* — с поворотным крюком; *в*, *г* — с запирающим пальцем):
1 — строп; *2* — ГУ; *3* — крюк; *4* — тяга; *5* — груз; *6* — палец; *7* — пружина

обходимость вытаскивания ГУ из-под груза при помощи ГПМ.

Для монтажа стальных и железобетонных конструкций применяют специальные дистанционные ГУ грузоподъемностью 10 и 20 т (рис. 25). ГУ состоит из корпуса *1*, в канале которого размещен выдвижной шток *4* с пружиной *5*, управляемый электромагнитом *2* через двуплечий рычаг *8*. При строповке груза одну петлю стропа УСК1 надевают на неподвижную ось *6*, а другую — на выдвижной шток. Для ручной расстроповки груза предусмотрена рукоятка *7* Управление ГУ осуществляют с пульта управления ГПМ посредством электрокабеля *9*, подключаемого к клемме *3*.

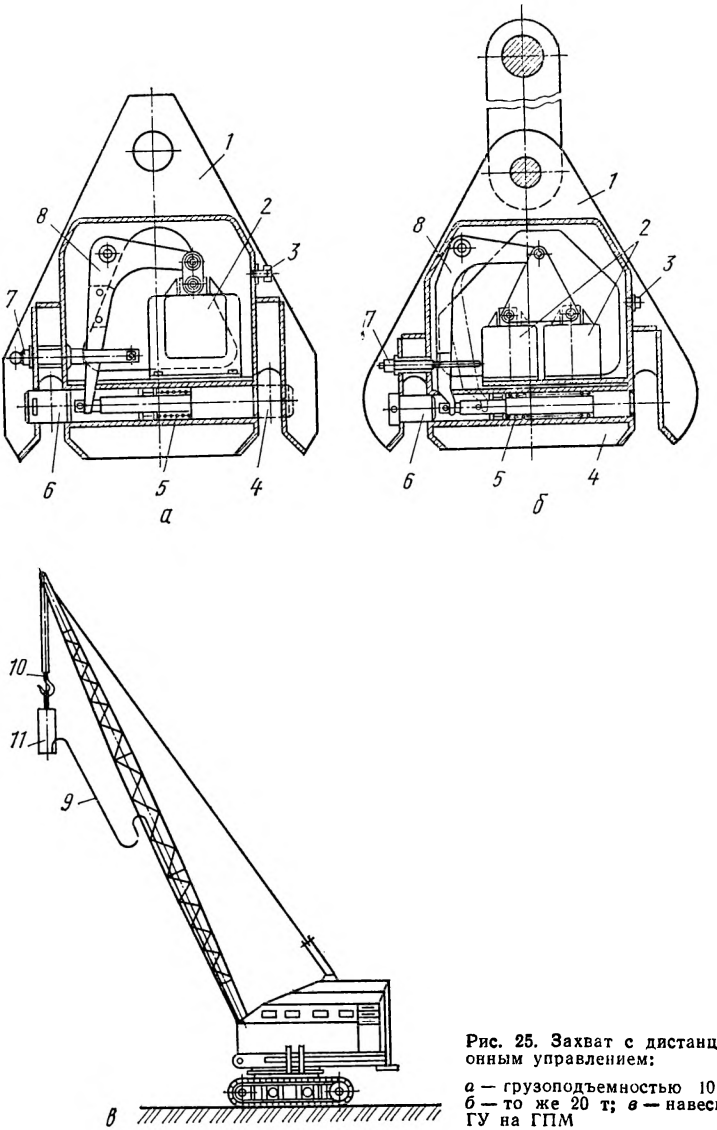


Рис. 25. Захват с дистанционным управлением:

а — грузоподъемностью 10 т; *б* — то же 20 т; *в* — навеска ГУ на ГПМ

ГУ навешивают на крюковую подвеску *10* ГПМ. Для увеличения мощности, необходимой для выдвижения штока *4*, ГУ грузоподъемностью 20 т снабжено двумя электромагнитами *2*.

Полная автоматизация технологической операции строповки грузов затруднена несовершенством технологии и конструкций применяемых ГУ. Однако для расстроповки грузов (освобождения одного концевого звена [петли] канатного стропа) созданы и нашли применение различные конструкции ГУ полуавтоматического действия. Очевидно, что расстроповку груза можно осуществлять только после установки его на основание (снятия нагрузки со стропа). Этот принцип положен в основу работы специального ГУ, монтируемого на стандартном грузовом крюке *5* (рис. 26). ГУ состоит из скобы *4*, имеющей фигурные пазы *3* и две щеки *2*, в нижней части которых шарнирно закреплена пята *8*. При строповке груза концевые звенья *1* и *6* вручную надевают на грузовой крюк. Для расстроповки груза (после его установки на основание) дополнительно опускают крюковую подвеску. При этом пята *8* упирается в груз и крюк *5* под действием силы тяжести опускается внутри щек скобы, пока не освободит концевое звено *1*. Наклонная пластина *7* обеспечивает правильное взаимодействие крюка со скобой *4*. После расстроповки крюковую подвеску поднимают совместно с ГУ и освобождают строп из-под груза. Ясно, что для каждой ГПМ и перемещаемого груза размеры такого ГУ должны быть различными, что сдерживает их широкое внедрение. Необходимо отметить, что проводимые в настоящее время работы по созданию кранов-манипуляторов непременно приведут к созданию специальных автоматизированных ГУ.

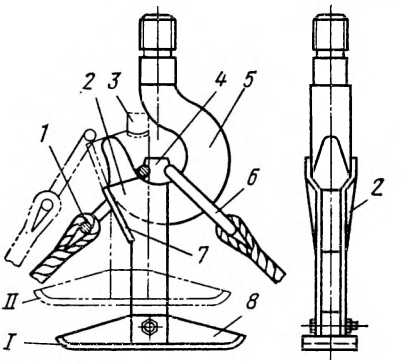


Рис. 26. Грузозахватное устройство полуавтоматического действия (положение *I* — груз застроплен, положение *II* — расстроповка груза)

§ 6. Зажимные грузозахватные устройства

С целью сокращения времени на строповку (расстроповку) штучных грузов и уменьшения доли ручного труда применяют специальные зажимные ГУ, которые разделяют на клещевые, эксцентриковые, винтовые и клиновые. Эти ГУ должны строго соответствовать форме и размерам перемещаемых грузов, что снижает их универсальность. Клещевые захваты имеют рычажную систему в виде клещей (отсюда они получили свое название), свободные концы которых загнуты по форме груза (например захваты для труб и бочек) или снабжены колодками, прижимаемыми к грузу для удержания последнего посредством сил трения (фрикционные клещевые захваты — от одноименного латинского слова — трение) — рис. 27, *а*. Так как на практике f (коэффициент трения между грузом и колодкой)

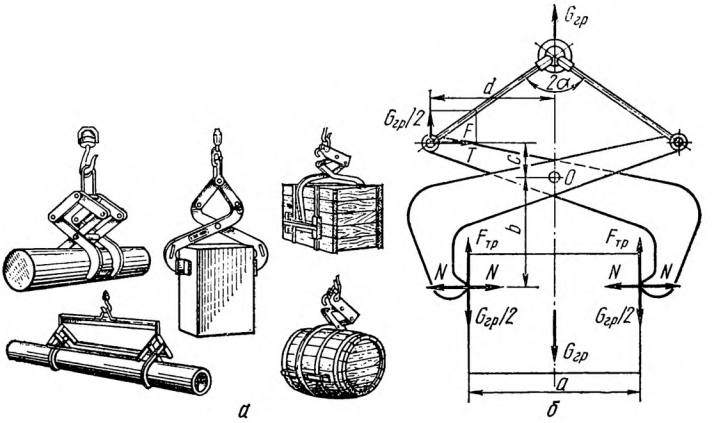


Рис. 27. Клещевые захваты (*а* — примеры применения; *б* — расчетная схема)

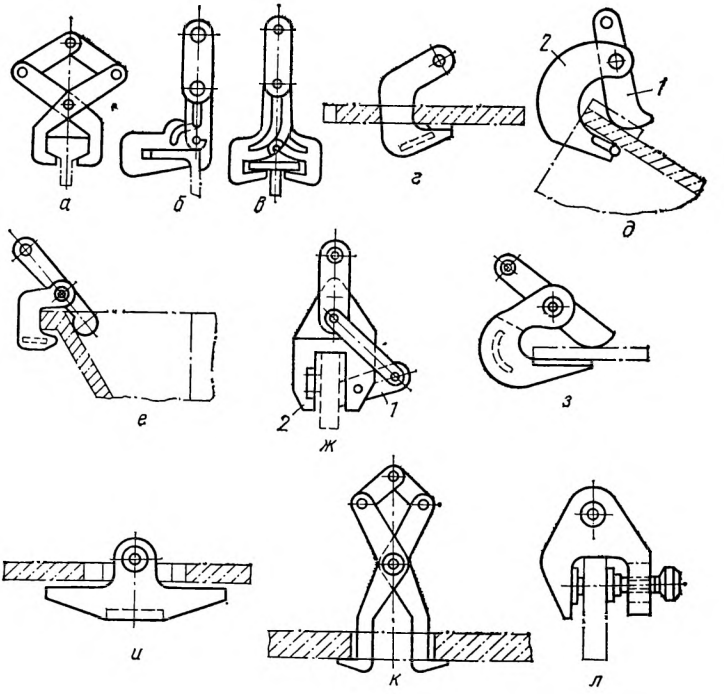


Рис. 28. Зажимные захваты (*а—в*, *к* — клещевые; *д—з* — эксцентриковые; *г*, *и* — с поворотными закладными деталями; *л* — винтовой)

имеет малые и непостоянные по величине значения, то поверхности колодок выполняют рифлеными (что увеличивает f примерно в два раза) и в расчет вводят $k=1{,}2...1{,}5$ — коэффициент запаса трения. Тогда $2F_{тр}=G_{гр}\cdot k$, где $F_{тр}=N\cdot f$ — сила трения (рис. 27, *б*). Требуемую величину сжимающей силы N обеспечивают подбором длин плеч рычагов клещевого захвата. Для перемещения сортового проката применяют специальные клещевые захваты (рис. 28, *а—в*).

Стальные листы (листовые конструкции) стропят за края посредством эксцентриковых захватов (от одноименного латинского слова эксцентрик — смещение центра) — деталь в форме диска со смещением оси вращения относительно геометрической оси на определенное расстояние, называемое эксцентриситетом. В момент строповки груза эксцентрик *1* прижимают к поверхности листа. Затем под действием сил тяжести и трения эксцентрик поворачивается и прижимает лист к упору *2* (рис. 28, *д—з*).

Для тех же целей применяют винтовые захваты, в которых необходимую силу трения создают винтом (рис. 28, *л*). Грузы, имеющие круглые отверстия (полости), предназначенные для взаимодействия с распорными деталями ГУ, стропят при помощи клиновых (цанговых) захватов (от немецкого слова «цанга» — разрезная втулка для зажима цилиндрических предметов, например, цанговый карандаш). Листовые конструкции со сквозными отверстиями стропят при помощи ГУ с поворотными закладными деталями (рис. 28, *г, и*) или клещевых захватов (рис. 28, *к*).

Правила по кранам запрещают перемещать опасные грузы при помощи зажимных фрикционных захватов.

Штучные, кусковые, сыпучие, пылевидные, жидкие и другие грузы транспортируют в специальных емкостях (таре).

§ 7. Траверсы

Применение наклонных стропов для подъема длинномерных и имеющих сложную пространственную конфигурацию грузов, а также КТО ведет к потере полезной высоты подъема ГПМ, возникновению значительных растягивающих усилий в стропах, сжимающих усилий в элементах поднимаемого груза и изгибающих моментов в монтажных петлях. Кроме того, практические схемы строповки отличаются от схем нагружения конструкции (оборудова-

ния) в процессе эксплуатации, поэтому последние часто не выдерживают приложения монтажных нагрузок, на восприятие которых они не рассчитаны. В таких случаях широко применяют траверсы, оснащенные инвентарными ГУ.

Траверса — грузоподъемное приспособление в виде горизонтальной балки, работающей на сжатие (растяжение) или изгиб. По назначению траверсы разделяют на грузоподъемные и балансирные (уравновешивающие). По конструкции грузоподъемные траверсы подразделяют на балочные (рис. 29, *а*), изготовляемые из труб или сваренные из швеллеров (уголков), и решетчатые — в виде развитых пространственных ферм (рис. 29, *б*). Из-за ограничения собственной массы длина балочной траверсы не превышает 4 м. Для крепления ГУ в балке траверсы сверлят от-

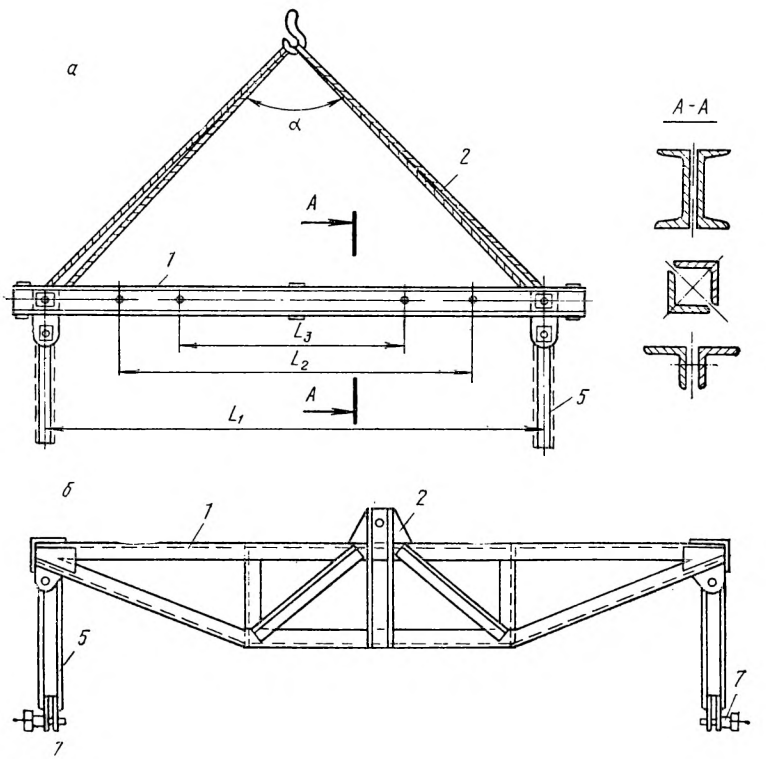
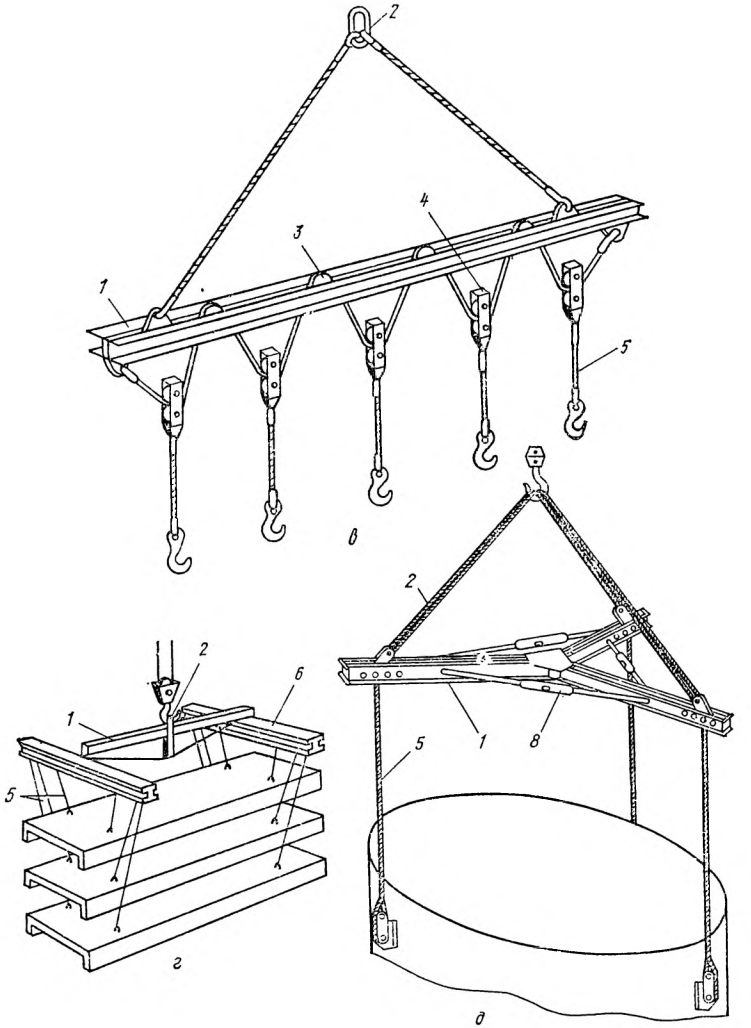


Рис. 29. Траверсы (*а* — балочная; *б* — решетчатая; *в* — балансирная с блоками; *г* — с коромыслами; *д* — трехлучевая):
1 — траверса; *2* — подвеска; *3* — блоки неподвижные; *4* — то же подвижные; *5* — стропы; *6* — коромысла; *7* — захваты; *8* — винтовые стяжки



верстия или вваривают проушины, размещаемые попарно для строповки различных грузов длиной $L_1 ... L_3$. Решетчатая траверса состоит из фермы *1*, подвески *2* для крепления к ГПМ, инвентарных ГУ 5 с полуавтоматическими захватами *7*.

Помимо обычных стропов траверсы комплектуют специализированными ГУ. Так строповочный канат может

огибать блоки, расположенные на траверсе. Такие траверсы применяют для строповки грузов, у которых точки захвата расположены в разных уровнях (рис. 29, *в*). Также применяют балочные траверсы с коромыслами для одновременной строповки нескольких пространственных элементов конструкций (рис. 29, *г*), унифицированные траверсы для подъема различных строительных конструкций и др. При производстве СМР широко применяют специальные траверсы, например для подъема цилиндрических царг (элементов без днища), профилированного настила, подкрановых балок и пр. Траверса для подъема цилиндрических царг состоит из трехлучевой (в плане) балки *1*, по концам лучей которой выполнены отверстия для крепления проушин стропов *5* для подвески к ГПМ (рис. 29, *д*). Винтовые стяжки *8* служат для регулировки угла между лучами, а инвентарные ГУ крепят за монтажные петли на царге.

Траверсы рассчитывают в соответствии с требованиями ВСН 42—74 ММСС СССР. Траверса с жесткой балкой, навешенная на крюк ГПМ посредством скобы, расположенной посередине (без гибких тяг), рабо-

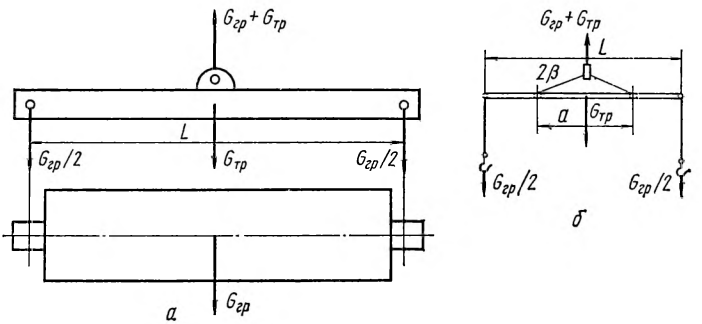


Рис. 30. Расчетные схемы траверс (*а* — работающей на изгиб; *б* — работающей на изгиб и сжатие)

тает только на изгиб (рис. 30, *а*). При этом максимальный изгибающий момент в среднем сечении траверсы (под скобой), Н·м

$$M_{изг} = \frac{G_{гр} L}{2 \cdot 2} + \frac{G_{тр} L}{2 \cdot 4} = \frac{L}{4}\left(G_{гр} + \frac{G_{тр}}{2}\right),$$

где $G_{тр}$ — вес траверсы, Н; L — длина траверсы, м.

Если траверсу подвешивают к крюку ГПМ посредством наклонных тяг (рис. 30, *б*), то на участке *а* между тягами кроме напряжений изгиба возникают дополнительные напряжения от действия сжимающей силы, величина которой зависит от угла между тягами β. Усилие в тяге, Н

$$F = (G_{гр} + G_{тр})/2 \cos \beta,$$

а продольное усилие, сжимающее траверсу, Н

$$N = (G_{гр} + G_{тр})/2 \operatorname{tg} \beta.$$

Максимальный изгибающий момент будет в сечении крепления тяги к балке траверсы, Н·м

$$M'_{изг} = G_{гр}/2 \left(\frac{L-a}{2}\right) + G_{тр}/2 \left(\frac{L/2-a}{2}\right) =$$

$$= \frac{1}{4}\left[L\left(G_{гр} + \frac{G_{тр}}{2}\right) - a\,(G_{гр} + G_{тр})\right].$$

Тогда напряжения в балке траверсы площадью сечения A при моменте сопротивления изгибу W равно

$$\sigma = M'_{изг}/W + N/A, \text{ Па},$$

где W — момент сопротивления поперечного сечения траверсы изгибу, м³, A — площадь поперечного сечения траверсы, м².

При совместной работе двух (нескольких) ГПМ или такелажных средств с различными параметрами (грузоподъемность, скорость подъема груза и пр.) применяют балансирные траверсы, уравновешивающие нагрузки на отдельные ГПМ при креплении перемещаемого груза к траверсе в одной точке. По конструкции такие траверсы разделяют на равноплечие (рис. 31, *а*) — для ГПМ одной грузоподъемности и разноплечие — для различных ГПМ (рис. 31, *б*).

Разноплечая траверса позволяет полностью использовать грузоподъемность каждой ГПМ, при этом узел *5* крепления аппарата к траверсе должен быть смещен относительно ее центра, т. е. $l_2/l_1 = Q_1/Q_2$, где l_1 и l_2 — длина плеч траверсы, м; Q_1 и Q_2 — минимальная и максимальная грузоподъемности подъемных машин.

К числу оригинальных конструкций балансирных траверс для монтажа вертикальных аппаратов спаренными кранами следует отнести траверсу с «перетекающим» стропом (рис. 32). Траверса состоит из двухпетлевого канатного стропа, навешиваемого на крюки кранов, и четырех канатных блоков, закрепляемых на корпусе аппарата: два — по диаметральной плоскости и два — в плоскости, перпендикулярной ей. При неравномерной работе кранов, строп перемещается по блокам, исключая перегрузку.

Пример. Рассчитать поперечное сечение и подобрать сортовой прокат для изготовления балансирной уравновешивающей, разноплечей траверсы длиной 4 м для подъема аппарата массой $m = 67$ т спаренными кранами грузоподъемностью $Q_1 = 25$ т и $Q_2 = 63$ т без поворота стрел с поднятым грузом (рис. 31, *б*).

Решение. 1. С учетом неравномерности нагружения кранов ($K_н = 1{,}1$), возможной перегрузки ($K_п = 1{,}05$) и динамического характера приложения нагрузки ($K_д = 1{,}1$) определяем поперечную силу, действу-

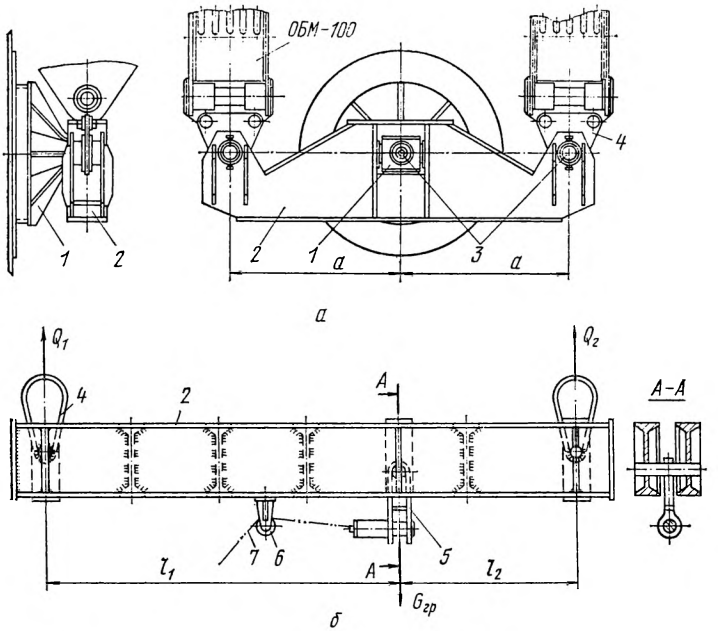


Рис. 31. Балансирные траверсы (*а* — равноплечая; *б* — разноплечая):

1 — монтажный штуцер; *2* — траверса; *3* — соединительный палец; *4* — подвеска; *5* — полуавтоматический захват; *6* — отводной блок; *7* — вспомогательный канатик

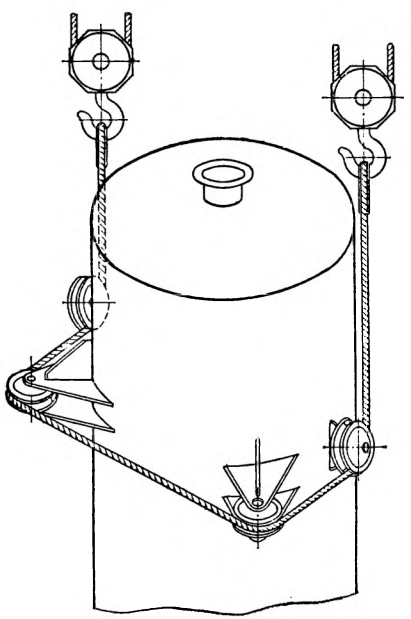


Рис. 32. Траверса с «перетекающим» стропом

ющую на траверсу

$G_{гр} = mgK_н K_п K_д = 67 \cdot 10^3 \cdot 9{,}8 \cdot 1{,}1 \cdot 1{,}1 \cdot 1{,}1 = 865$ кН.

2. Определяем соотношение плеч траверсы

$l_1 = Q_2 l/(Q_1 + Q_2) = 63 \cdot 4/(25 + 63) = 2{,}86$ м;

$l_2 = l - l_1 = 4 - 2{,}86 = 1{,}14$ м.

3. Определяем максимальный изгибающий момент, действующий в поперечном сечении траверсы в месте крепления поднимаемого аппарата (без учета собственного веса траверсы)

$M_{изг} = G_{гр}\, l_1\, l_2/l = 865 \cdot 2{,}86 \cdot 1{,}14/4 = 694$ кН·м.

4. Определяем требуемый момент сопротивления поперечного сечения траверсы изгибу

$$W_{тр} = \frac{M_{изг}}{[\sigma]} = \frac{694\,000}{180 \cdot 10^6} = 3{,}86 \cdot 10^{-3}\ м^3 = 3860\ см^3.$$

5. Конструктивно задаемся сечением траверсы, состоящей из двух двутавров № 55 с $W_x^{дв} = 2035$ см³. Тогда момент сопротивления сечения траверсы изгибу (суммарный момент двух двутавров)

$W_x = 2W_x^{дв} = 2 \cdot 2035 = 4070\ см^3 > W_{тр} = 3860\ см^3.$

§ 8. Основные правила эксплуатации

Все съемные инвентарные ГУ подлежат техническому освидетельствованию после изготовления, а также периодическому осмотру в установленные сроки (не реже, чем каждые 6 месяцев — для траверс; каждый месяц — зажимные и др. захваты, а также тара; и каждые 10 дней — для гибких ГУ). Редко применяемые съемные ГУ освидетельствуют перед началом их эксплуатации. Под освидетельствованием следует понимать осмотр, статическое испытание нагрузкой, превышающей в 1,25 раза номинальную грузоподъемность, и обслуживание. Техническое освидетельствование проводит лицо, ответственное за исправное состояние ГПМ и ГУ на предприятии (как правило прораб или мастер, применяющий ГУ). При осмотре проверяют общее состояние ГУ и его деталей: крюков, канатов (цепей), концевых креплений, гаек, заклепок, шплинтов, сварных соединений и пр.

Испытания ГУ проводят либо при помощи ГПМ с применением соответствующих контрольных грузов определенной массы или на специальных испытательных стендах, создающих испытательную нагрузку при помощи механического (гидравлического) привода. Место проведения испытаний необходимо огородить и принять требуемые меры безопасности. Время испытаний не нормировано. Обычно

принимают 3 мин при массовом и 10 мин — при единичном производстве ГУ. Изделие считают годным к эксплуатации, если в результате осмотра и испытаний на нем не обнаружены повреждения, остаточные деформации, обрывы, трещины, сколы и пр. дефекты. В этом случае к каждому ГУ прикрепляют табличку (бирку) с указанием номинальной грузоподъемности, предприятия-изготовителя, инвентарного номера и даты проведения освидетельствования. У канатных стропов указанные сведения выбивают на обжимной втулке. Результаты освидетельствования заносят в журнал учета ГУ. Забракованные ГУ (не прошедшие технического освидетельствования), а также не имеющие клеймения (табличек, бирок), к эксплуатации не допускают и изымают из работы до проведения восстановительного ремонта. Они не должны находиться на местах производства СМР.

Инвентарные канатные стропы освидетельствуют, хранят и выбраковывают так же, как стальные канаты (см. § 6 гл. II). При этом следует учитывать, что для них характерен не усталостный обрыв проволок, а их износ, коррозия и др. дефекты (вмятины, «жучки», выпучивание прядей и др.). Под обслуживанием ГУ понимают их чистку, смазывание и другие мероприятия, обеспечивающие работоспособность.

Грузозахватные органы и устройства, имеющие износ поперечного сечения в рабочей зоне, превышающий 10 % от первоначального размера, подлежат выбраковке и ремонту. Аналогичным образом бракуют грузовые цепи и навесные (концевые) звенья ГУ. При этом следует учитывать допуск на номинальный диаметр прутка (калибра), из которого они изготовлены. Также недопустимы расслоение металла, чрезмерная вытяжка отдельных звеньев и значительный слой коррозии.

При разрушении одной (нескольких) пластин пластинчатого крюка высверливают заклепки, разбирают крюк, заменяют разрушенные пластины, ставят новые заклепки и проводят статические испытания крюка.

Ветви гибкого ГУ следует размещать на поверхности грузозахватного органа равномерно (по центру), не допуская их смещения и самопроизвольного выхода из зева крюка. При наличии на грузозахватном органе предохранительной скобы (замка) применение ее обязательно. Также следует закреплять на грузе чалочные крюки, скобы, штыри и пр. При этом захватные устройства на грузе (петли, скобы, проушины, штуцеры, рым-болты и пр.) должны иметь ровные поверхности и поперечное сечение, в 2 раза превышающее диаметр строповочного каната. Захватные устройства, выполненные из листового металла газовым резаком, должны быть качественно зачищены, а острые кромки скруглены.

В процессе эксплуатации ГУ необходимо внимательно следить за состоянием их узлов и деталей, не допуская перекручивания ветвей каната, их защемления, возникновения заломов, «жучков» и пр. дефектов. С целью исключения возможного перетирания ветвей каната под нагрузкой перемещаемый груз следует стропить таким образом, чтобы его центр тяжести находился на вертикальной оси грузозахватного органа ГПМ. При этом все ветви каната в стропе должны быть равной длины и располагаться в пространстве симметрично относительно указанной вертикальной оси.

При креплении груза к двурогим крюкам стропы необходимо навешивать таким образом, чтобы прилагаемая нагрузка распределялась равномерно на оба рога. Строповка груза за один рог крюка категорически запрещена.

Основной причиной преждевременного изнашивания инвентарных гибких ГУ являются резкие перегибы на острых кромках (краях) огибаемого груза, ведущие к разрушению проволок (канатов). Для увеличения срока службы ГУ на кромки (между грузом и канатом) накладывают специальные инвентарные подкладки (соответствующие конфигурации и размерам данного груза), набор которых должен находиться на месте производства работ.

Контрольные вопросы

1. Какие грузозахватные органы получили распространение в современных ГПМ? Изложите основные требования к ним, их преимущества и недостатки?
2. На какие грузозахватные органы устанавливают предохранительные скобы и с какой целью? Как они работают?
3. Как классифицируют современные ГУ и какие из них широко применяют при производстве СМР? Почему?
4. Что такое универсальные гибкие ГУ? Как их изготовляют и какими преимуществами они обладают?
5. С какой целью на канатные стропы надевают втулку? Как ее изготовляют и какие преимущества она обеспечивает?
6. Как рассчитывают гибкие ГУ? Укажите значения статического коэффициента запаса прочности в зависимости от типа гибкого органа.
7. Какие преимущества обеспечивает применение ГУ дистанционного действия и как они работают?
8. Как устроено и работает полуавтоматическое ГУ? Почему в настоящее время невозможна полная автоматизация операции строповки грузов?
9. В чем состоит основной принцип работы зажимных ГУ? Каковы конструктивные отличия клещевого и эксцентрикового зажимов?
10. Как устроен и работает клиновой захват?
11. С какой целью применяют траверсы и как их классифицируют?
12. Каково назначение балансирных траверс? Чем отличается равноплечая траверса от разноплечей? Укажите области их применения.
13. Кто, с какой целью, периодичностью и в какой последовательности проводит техническое освидетельствование ГУ? Как оформляют результаты освидетельствования?
14. Каковы основные критерии выбраковки ГУ? Какова особенность выбраковки канатных стропов в сравнении со стальными канатами?
15. Как следует размещать гибкие ГУ на поверхности грузозахват-

ного органа ГПМ и на что необходимо обращать внимание в процессе их эксплуатации?

16. Для чего предназначены, каким требованиям должны удовлетворять и как следует применять инвентарные подкладки?

Глава IV
СБОРОЧНЫЕ ЕДИНИЦЫ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ МАШИН

§ 1. Блоки, барабаны и звездочки

В механизмах с канатным гибким тяговым органом применяют блоки и барабаны, а с цепным — звездочки.

Канатный блок (от одноименного английского слова — простая деталь ГПМ) — сборочная единица, состоящая из диска с желобом по окружности для размещения каната, установленного в подшипниках на неподвижной оси. Блоки как правило устанавливают на подшипниках качения с применением защитных уплотнений, предотвращающих загрязнение подшипников и утечку смазочного материала. Канатные блоки применяют для направления канатов и составления полиспастов. Блоки диаметром до 350 мм изготовляют штамповкой (литьем) из стали ВСт3 по ГОСТ 380—71 или серого чугуна СЧ12, СЧ15 или СЧ24 по ГОСТ 1412—79.

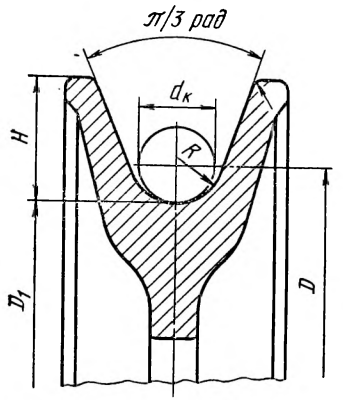


Рис. 33. Канатный блок

Профиль ручья блока должен обеспечить спокойное набегание (сбегание) каната и наибольшую площадь контакта с канатом, исключать заклинивание каната в ручье и случайное выпадение каната. Поэтому размеры профиля ручья должны иметь следующие значения: $R=(0{,}53...0{,}54)d_к$, $H=(1{,}4...1{,}9)d_к$, $r=0{,}2d_к$ (рис. 33). С целью повышения долговечности каната поверхность ручья блока футеруют алюминием, резиной или пластмассой.

Блоки для стальных канатов, предназначенные для полиспастных систем механизмов подъема груза электрических кранов мостового типа различных режимов работы

и исполнения грузоподъемностью 3,2...50 т, должны соответствовать требованиям ОСТ 24.191.05—82. Пример условного обозначения блока с размерами: $D_1=336$ мм — диаметр по дну канавки (желоба), $d=100$ мм — диаметр отверстия под подшипники и $d_к=14$ мм — диаметр каната в исполнении У и Т для категории размещения 1 и атмосферных условий типа II (по ГОСТ 15150—69) — Блок 336-100-14—УТ 1-II ОСТ 24.191.05—82.

Барабан лебедки служит для навивки каната и преобразует крутящий момент на валу в тяговое усилие в канате (вращательное движение барабана в поступательное

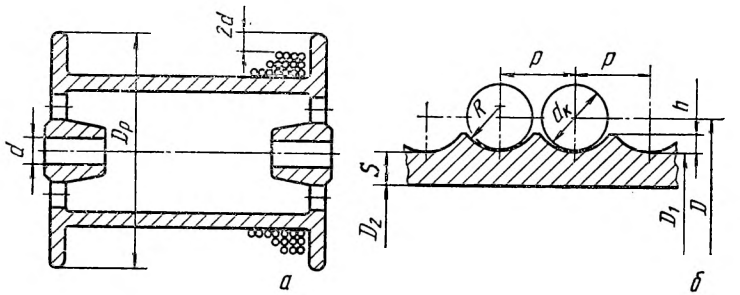


Рис. 34. Барабан (*а* — гладкий; *б* — нарезной)

движение каната). Барабаны имеют цилиндрическую форму и их изготовляют литыми, сварно-литыми или сварновальцованными из сталей 35Л и 55Л по ГОСТ 977—75 или чугуна СЧ15, СЧ18 и СЧ24.

По назначению различают барабаны для многослойной навивки каната большой длины и однослойной. Многослойные барабаны имеют гладкую рабочую поверхность (рис. 34). Однослойные барабаны всегда выполняют нарезными. Канавки, нарезанные по поверхности барабана по винтовой линии, упорядочивают укладку витков каната на барабане, увеличивают площадь контакта каната с барабаном, уменьшают дополнительные внутренние напряжения в проволоках каната, устраняют трение между соседними витками каната и уменьшают его износ. Для этого шаг нарезки канавок $p \geqslant 1{,}1d_к$; $R \cong 0{,}54d_к$, $h=0{,}3d_к$; $D=D_1+d_k$. Из условия прочности и технологичности изготовления толщина стенки барабана

$$S = D_1 - D_2 = 0{,}02D_1 + (0{,}6 \ldots 1{,}0 \text{ мм}).$$

С целью повышения срока службы стальных канатов

наименьший допускаемый диаметр блока должен быть

$$D \geqslant d_к e,$$

где e — коэффициент, зависящий от типа ГПМ и режима его работы (табл. 10).

Таблица 10. **Наименьшие допускаемые значения коэффициента e**

Тип грузоподъемной машины	Привод механизма	Группа режима работы механизма	Коэффициент e
Машины всех типов, кроме стреловых кранов, электроталей и лебедок	Ручной	—	18
	Машинный	1М, 2М, 3М	20
		4М	25
		5М	30
		6М	35
Механизмы подъема груза и изменения вылета стрелы стреловых кранов	Ручной	—	16
	Машинный	1М, 2М, 3М	16
		4М	18
		5М	20
		6М	25
Электрические тали	Машинный	—	20*
Грейферные лебедки:			
стреловых кранов	То же	—	20
остальных ГПМ		—	30
Блоки грейферов	То же	—	18
Лебедки для подъема:			
грузов	Ручной	—	12
	Машинный	—	20
людей	Ручной	—	16
	Машинный	—	25

* Для вновь проектируемых электроталей следует принимать e не менее 22.

Диаметр D_1 барабана (блока), измеренный по дну желоба (ручья, канавки), следует принимать по нормальному ряду размеров: 160, 200, 250, 320, 400, 450, 560, 630, 710, 800, 900 и 1000 мм.

Правила по кранам допускают принимать диаметр барабана на 15 %, диаметры уравнительного и отклоняющего блоков — на 20 %, а диаметры барабанов электроталей и стреловых кранов — на 40 % меньше расчетных.

Реборда (от французского слова «реборд» — приподнятый край, борт, гребень) — выступающая часть барабана (блока, колеса), направляющая движение каната и препятствующая сходу его с барабана (блока). В соответствии с требованиями Правил по кранам диаметр реборды $D_р$ должен превышать диаметр уложенного на барабане

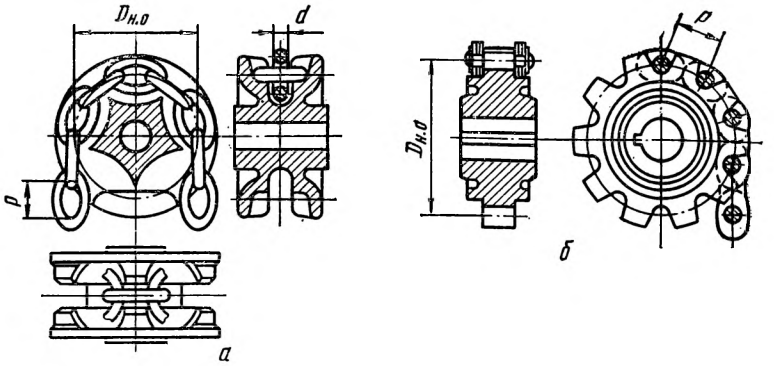


Рис. 35. Звездочка:
а — для сварной круглозвенной цепи, *б* — для пластинчатой цепи; $D_{н.о}$ — диаметр начальной окружности, мм; *p* — шаг цепи, мм; *d* — диаметр прутка сварной цепи (калибр), мм

каната не менее чем на $2d_к$, а гладких барабанов для сварных цепей — не менее чем на ширину звена цепи.

При однослойной навивке каната на барабан длина последнего складывается из трех участков, на которых размещены витки каната, находящиеся под прижимными планками, неприкосновенные (дополнительные) витки и рабочие витки каната, навиваемые в процессе подъема груза. Дополнительными называют витки каната, которые в соответствии с требованиями Правил по кранам всегда должны оставаться навитыми на барабан лебедки даже при самом низком рабочем положении крюковой подвески. Число указанных витков должно быть не менее 1,5; назначение их — уменьшить за счет действия сил трения по закону Эйлера натяжение каната в месте его крепления к барабану. В случае работы со сдвоенным полиспастом барабан имеет два симметричных рабочих участка со встречной нарезкой и длиной, учитывающей регламентированные нормами полтора дополнительных витка каната на каждом участке.

Звездочка — деталь, выполненная в форме диска с зубьями (гнездами) на образующей поверхности и предназначенная для изменения направления движения цепи или передачи на нее тягового усилия. Звездочки для круглозвенных сварных цепей имеют специальные гнезда с пазами, соответствующие форме звена, в результате чего звездочка имеет вид многогранника (рис. 35, *а*). Их выполняют литыми из чугуна или стали. Звездочки для пластинчатых цепей представляют собой зубчатые колеса (с малой ши-

риной зуба), зубья которых входят между пластинами цепей, взаимодействуя с валиками шарниров (рис. 35, *б*). Параметры профиля зубьев регламентированы требованиями ГОСТ 592—81. Такие звездочки изготовляют из сортового проката (ВСт4, ВСт5 и сталь 20) или из литейных марок стали. Тяговые звездочки связаны с валами посредством шпонок, а отводные сидят на осях в подшипниках.

§ 2. Тормозные устройства

Тормоз (греческое слово — отверстие для помещения стержня, замедляющего вращение колеса). Тормоз предназначен для замедления скорости движения машины или механизма, их полной остановки и удержания в заторможенном состоянии. Механизмы современных машин оснащены надежными тормозными устройствами, которые по конструктивному исполнению разделяют на колодочные, рабочим элементом которых является колодка, трущаяся по наружной цилиндрической поверхности тормозного барабана (шкива); ленточные — с рабочим элементом в виде гибкой стальной ленты, охватывающей и трущейся по поверхности шкива; дисковые — с рабочим элементом в виде диска и сегментными колодками и конические — с рабочим элементом в виде конуса. Первые два вида тормозных устройств объединяют в группу, получившую широкое распространение, с радиально действующим замыкающим тормоз усилием. Два последних вида объединяют в группу с замыкающим усилием, действующим вдоль оси тормоза (тормоза с осевым нажатием), по ряду причин не получившую широкого применения.

По назначению тормозные устройства подразделяют на стопорные, останавливающие механизм в конце движения, спускные тормоза и регуляторы скорости, ограничивающие скорость движения в заданных пределах. По принципу действия разделяют на автоматические, замыкаемые одновременно с выключением привода механизма, и управляемые при помощи педали (рукоятки). По характеру приложения тормозного усилия различают нормально закрытые тормозные устройства, замыкаемые постоянно действующей внешней силой (усилием пружины, весом груза) и размыкаемые прилагаемым при необходимости приводным усилием, и нормально открытые тормоза, размыкаемые постоянно действующей внешней силой и замыкаемые приводным усилием.

Кроме того, существуют комбинированные тормозные устройства, работающие в нормальном режиме как нормально открытые, а в аварийной ситуации как нормально закрытые.

Тормозные устройства современных машин должны обеспечивать гашение достаточного для заданных условий работы тормозного момента, быстро закрываться и открываться, их элементы должны иметь высокую конструктивную прочность. Помимо этого, они должны быть просты по конструкции, технологичны в изготовлении, удобны для осмотра и регулирования, ремонтопригодны, обеспечивать высокую надежность эксплуатации и срок службы при малых габаритах и массе, а также минимальный износ трущихся деталей.

§ 3. Остановы

Остановы — устройства, предназначенные для удержания груза в подвешенном состоянии. В качестве самостоятельного тормозного устройства остановы применения не нашли, так как их назначение — исключить возможное самопроизвольное движение. Поэтому они являются сборочной единицей сложных тормозных устройств. По конструкции различают остановы храповые и фрикционные. В современных ГПМ преимущественно применяют храповые остановы (рис. 36, *а*). Останов состоит из храпового колеса *1*, сидящего на шпонке на валу *2*, и собачки *3*, ось *4* которой закреплена на корпусе механизма. Собачка острым концом входит во впадину между зубьями храпового колеса и препятствует вращению последнего в сторону опускания груза (по часовой стрелке), не препятствуя вращению колеса в противоположную сторону на подъем груза. Для опускания груза собачку необходимо вывести из зацепления с храповым колесом (поднять).

Расчетным случаем (наиболее опасным для деталей устройства) является положение, когда острый конец собачки упирается в вершину зуба храпового колеса (рис. 36, *б*).

В данном положении рассчитывают напряжения смятия в материале кромки зуба колеса и собачки по распределенной нагрузке

$$q = F/b \leqslant [q], \tag{11}$$

где F — окружное усилие, Н; b — ширина кромки зуба, см $[q]$ — распределенная допускаемая нагрузка на кромку зуба с учетом динамического характера нагружения, Н/см (табл. 11). При этом окружное усилие, передаваемое зубом колеса на собачку, равно

$$F = 2M_{кр}/D = 2M_{кр}/zm, \tag{12}$$

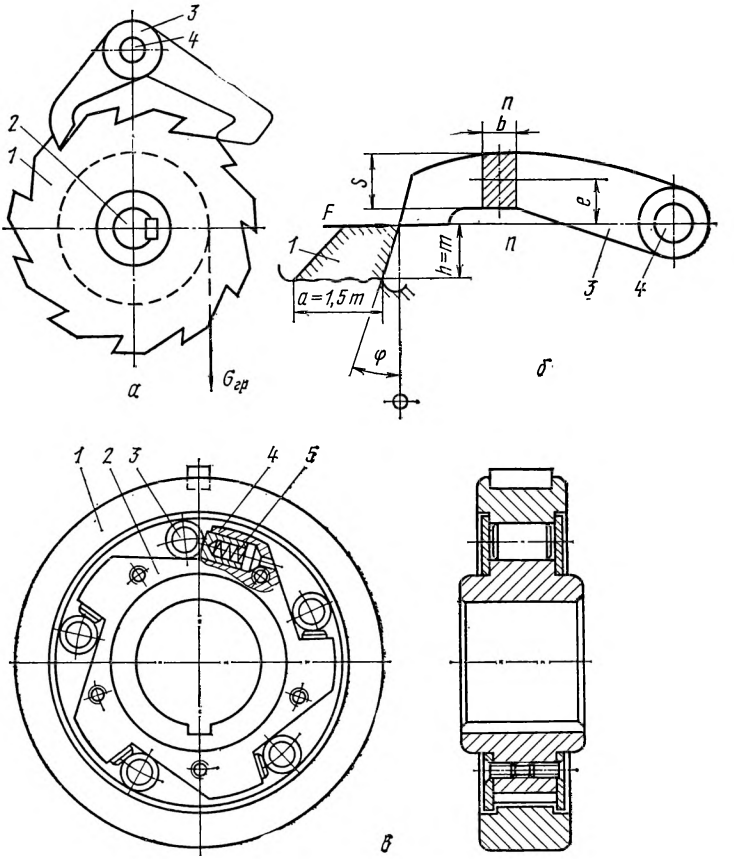


Рис. 36. Остановы:
а — схема работы храпового останова; *б* — его расчетная схема; *в* — роликовый останов

Таблица 11. **Параметры для расчета храпового колеса**

Материал колеса	Коэффициент $\psi=b/m$	$[q]$, Н/мм	Коэффициент запаса прочности, n
Чугун ($\sigma_B>150$ МПа)	2...6	1500	5
Сталь:			
литейная 35Л, 55Л	1,5...4,0	3000	4
ВСт3	1...2	3500	3
45	1...2	4000	3

где $M_{кр}$ — крутящий момент, действующий на валу храпового колеса, Н·см; D — внешний диаметр храпового колеса, см; z — количество зубьев храпового колеса, шт ; m — модуль зубчатого зацепления храпового колеса, см.

Ширину зуба — b определяют с учетом соотношения $\psi = b/m$, принимаемого по табл. 11. Большие значения принимают для храповых остановов, работающих со значительными ударными нагрузками. Для компенсации возможных неточностей при сборке ширину собачки принимают на 2...4 мм больше ширины зуба храпового колеса.

Из условия расчета кромок зубьев на смятие, преобразуя выражения (12), получаем выражение для модуля, см.

$$m = \sqrt{\frac{2M_{кр}}{z\,[q]\,\psi}}$$

При значении модуля зубьев храпового колеса, равном или большем 6 см можно ограничиваться приведенным расчетом. При меньшем значении модуля следует провести дополнительный проверочный расчет зуба на изгиб.

Собачку храпового устройства изготовляют только из стали с пределом прочности не менее 660 МПа. С учетом конструктивного выполнения останова и криволинейной формы собачка может работать на сжатие (растяжение) и изгиб (рис. 36, *б*), поэтому ее рассчитывают на сложное сопротивление. Тогда напряжение в опасном сечении *n—n*

$$\sigma = \frac{F}{BS} + \frac{6Fe}{BS^2} \leqslant [\sigma_{изг}],$$

где B — ширина собачки в данном сечении, см; S — длина в сечении, см; e — эксцентриситет центра расчетного сечения от оси действия силы F, см.

С учетом динамического характера приложения нагрузки коэффициент запаса прочности принимают равным 5.

С целью снижения уровня шума применяют конструкции бесшумных собачек, в которых специальное устройство за счет сил трения отводит собачку от храпового колеса при движении последнего в сторону подъема груза.

В отличие от работающих с ударной нагрузкой храповых остановов роликовые обеспечивают плавное приложение нагрузки при минимальном угле холостого хода. Их действие основано на использовании сил трения. Роликовый останов состоит из неподвижного корпуса *1*, втулки *2* и расположенных в клиновых пазах роликов *3* (рис. 36, *в*). При вращении втулки *2* против часовой стрелки (на подъем груза) силы трения увлекают ролики *3* в более широкую часть паза, обеспечивая свободное вращение вала механизма. В случае обратного направления вращения те же силы трения увлекают ролики в узкую часть клинового паза, что приводит к их заклиниванию в пазах и остановке вала механизма. Более быстрое и плавное заклинивание обеспечивают дополнительные пружины *5* и штифты *4*, дополнительно поджимающие ролики в клиновую часть паза. Роликовые остановы не получили широкого распростране-

ния в ГПМ. Их применяют в нереверсивных подъемно-транспортных машинах, например элеваторах, в которых они удерживают в неподвижном состоянии ковши при отключении питания.

§ 4. Безопасные рукоятки

В соответствии с требованиями Правил по кранам все ручные подъемные механизмы должны иметь специальное устройство, исключающее самопроизвольное опускание груза под действием силы тяжести и связанное с ним вращение приводной рукоятки, опасное для обслуживающего персонала. Такие устройства называют безопасными рукоятками, которые бывают двух типов. Безопасная рукоятка первого типа связана с грузоупорным тормозом, установленном на приводном валу механизма. В свою очередь, грузоупорный тормоз является разновидностью дискового тормоза с размыкаемыми поверхностями трения, замыкаемого осевым натяжением за счет действия силы тяжести груза, и представляет собой усовершенствованную конструкцию храпового останова. При опускании груза необходимо постоянно прикладывать к рукоятке вращающее усилие. При этом скорость опускания груза не превышает 20 м/мин и соответствует окружной скорости вращения рукоятки. Поэтому лебедки с ручным приводом, предназначенные для подъема людей, должны быть снабжены безопасными рукоятками только первого типа.

Рассматриваемый грузоупорный тормоз состоит из вала *1*, на котором жестко (на шпонке) закреплен диск *2*, свободно посажены храповое колесо *3* и на резьбе (с возможностью осевого смещения) диск *4*, выполненный как одно целое с ведущей шестерней *5* (рис. 37, *а*).

Резьба на валу имеет правое направление и под влиянием крутящего момента от веса перемещаемого груза шестерня с диском *4* передвигается по резьбе влево, прижимая храповое колесо к диску *2*. При вращении вала лебедки в сторону подъема груза (по часовой стрелке) собачка *6* не препятствует свободному совместному вращению обоих дисков и храпового колеса. По окончании подъема груза (остановке вала) собачка удерживает храповое колесо от вращения в обратном направлении и вместе с ним диски *2* и *4*, чем обеспечивает надежное стопорение вала лебедки и поднятого груза. Следует отметить, что крутящий момент от веса перемещаемого груза при

подъеме его, опускании и в подвешенном состоянии всегда направлен в одну и ту же сторону.

Для опускания груза необходимо принудительно вращать вал в противоположную сторону. Так как вал закреплен от осевого смещения, то при его вращении диск *4* начнет передвигаться по резьбе вправо до тех пор, пока его давление на храповое колесо уменьшится настолько, что момент сил трения между боковыми поверхностями дисков

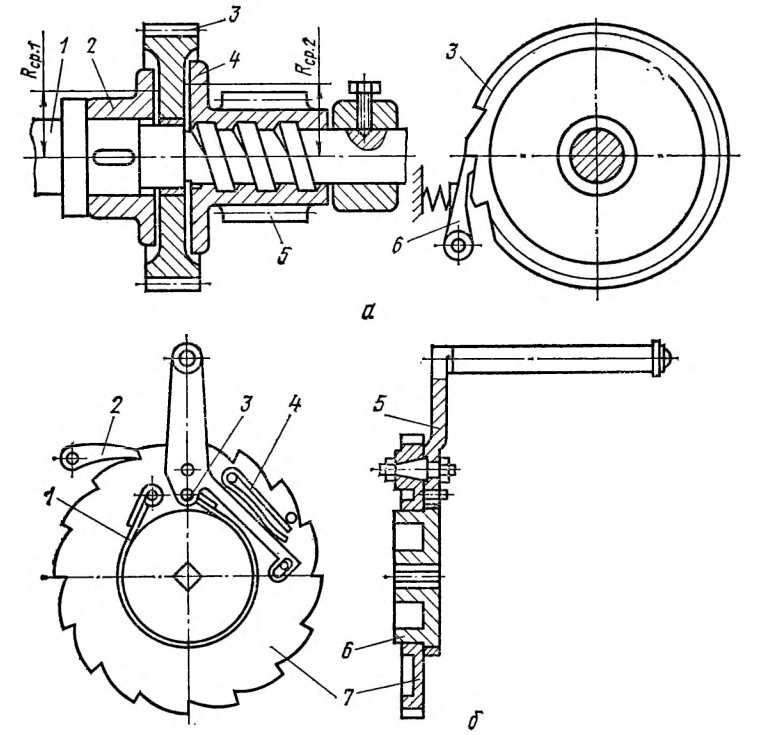


Рис. 37. Безопасные рукоятки (*а* — первого рода с дисковым тормозом; *б* — второго рода с ленточным тормозом)

и храпового колеса окажется недостаточным для удерживания шестерни *5* от вращения под действием силы тяжести груза. При этом, груз начнет опускаться под действием силы тяжести. Свободное опускание груза будет осуществляться до тех пор, пока угловая скорость диска *4* не превысит угловую скорость вращения вала. В этом случае диск *4* опять начнет передвигаться по резьбе вала влево, увеличивая крутящий момент от сил трения между дисками и храповым колесом и прекращая их относительное вращение. На практике относительное вращение переходит в непрерывное скольжение дисков относительно храпового колеса, в результате чего достигается состояние относительного равновесия,

при котором груз свободно опускается со скоростью, не превышающей соответствующую угловую скорость вращения вала лебедки. Крутящий момент от веса груза $M_{гр}$, Н·мм, приложенный к гайке-шестерне *5* или винту-валу *1* и затягивающий винтовое соединение, уравновешивается моментами от действия внутренних сил трения в резьбе и между диском *4* и храповым колесом *3*. При этом, осевая сила, сжимающая диски

$$F = \frac{M_{гр}}{r \operatorname{tg}(\alpha + \rho) + fR_{ср2}},$$

где r — средний радиус винтовой резьбы, мм; α — угол подъема средней линии резьбы вала, рад; ρ — угол трения в резьбе, рад; f — коэффициент трения между дисками и храповым колесом; $R_{ср2}$ — средний радиус поверхности трения между диском *4* и храповым колесом, мм.

Тормозной момент на валу грузоупорного тормоза, замыкаемого весом груза

$$M_т = fF(R_{ср1} + R_{ср2}),$$

где $R_{ср1}$ — средний радиус трения между диском *2* и храповым колесом, мм.

Для обеспечения надежного удержания груза в поднятом состоянии должно быть обеспечено условие, выражающееся в том, что сумма моментов от действия сил трения между дисками *2*, *4* и храповым колесом и между всеми деталями механизма (от двигателя до тормоза) должна быть не меньше крутящего момента от веса груза, действующего на валу

$$(R_{ср1} + R_{ср2}) \geqslant [r \operatorname{tg}(\alpha + \rho) + fR_{ср2}]\,\eta_1,$$

где η_1 — к. п. д. механизма между двигателем и валом, на котором установлен тормоз.

С целью обеспечения надежной и плавной работы автоматического грузоупорного тормоза, поверхности трения деталей обильно смазывают, а в механизмах с машинным приводом тормоз помещают в масляную ванну (ρ=0,05..0,03 рад). Резьбу выполняют трапецеидальной (прямоугольной) формы, а радиус резьбы выбирают минимальным из условия прочности вала и допускаемого давления в резьбе, которое при трении стали по чугуну равно 4...5 МПа, а для стали по бронзе 6...8 МПа. Угол подъема резьбы *2* принимают равным 0,25...0,3 рад. Число заходов резьбы n=2...4.

Рассмотренная конструкция грузоупорного тормоза выгодно отличается от обычного двухколодочного тормоза тем, что обеспечивает плавную остановку (с одинаковым замедлением) грузов различной массы, тогда как обычный тормоз, величину тормозного момента которого рассчитывают на номинальную грузоподъемность, резко затормаживает груз малой массы.

Безопасную рукоятку второго типа применяют в ручных механизмах подъема груза при необходимости опускания груза с большей скоростью, чем при подъеме. Безопасная рукоятка воздействует на нормально закрытый ленточный тормоз и открывает его. Рукоятка *5* шарнирно прикреплена к храповому колесу *7*, свободно размещенному на тормозном шкиве *6*, который жестко насажен на приводной

вал (рис. 37, *б*). Один конец тормозной ленты *1* закреплен на диске храпового колеса, а другой — на пальце *3* на коротком плече рукоятки *5*. Тормозная пружина *4*, воздействуя на второе плечо рукоятки, закрывает ленточный тормоз, соединяя тормозной шкив с храповым колесом. При вращении рукоятки в сторону подъема груза (по часовой стрелке) собачка *2* не препятствует вращению храпового колеса совместно с тормозным шкивом и приводным валом. По окончании подъема груза собачка препятствует вращению храпового колеса с тормозным шкивом в обратном направлении. Для опускания груза рукоятку отводят в направлении опускания (против часовой стрелки), преодолевая усилие тормозной пружины. При этом, лента освобождает тормозной шкив и под действием веса груза вал вращается в сторону его опускания. Вращать рукоятку для опускания груза не требуется. Расчет рассмотренной конструкции безопасной рукоятки аналогичен расчету простого ленточного тормоза.

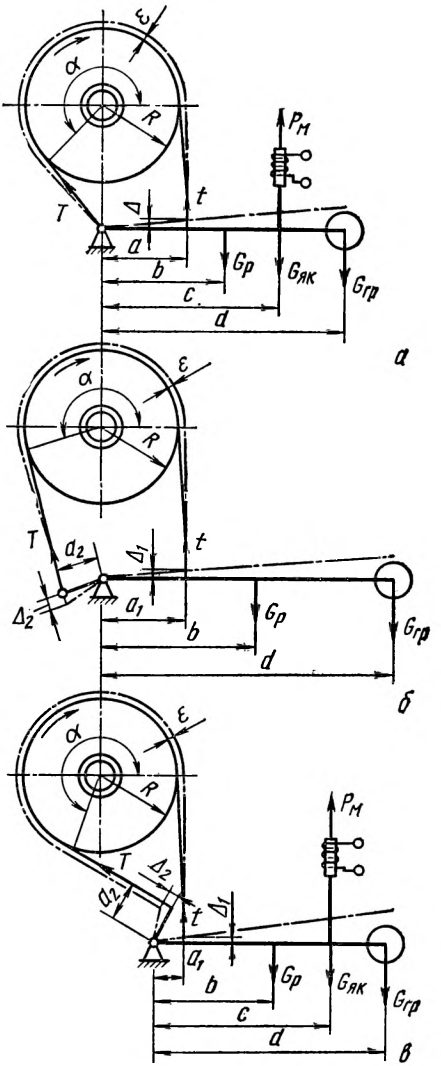


Рис. 38. Схемы ленточных тормозов (*а* — простого; *б* — дифференциального; *в* — суммирующего)

§ 5. Ленточные тормоза

Ленточным тормозом называют конструкцию, в которой тормозной момент создает работа сил трения при взаимодействии фрикционного материала, прикрепленного к гибкой стальной ленте, с наружной поверхностью

цилиндрического тормозного шкива. По исполнению ленточные тормоза разделяют на простые, дифференциальные и суммирующие (рис. 38).

При огибании цилиндра гибкой лентой применимы общеизвестные зависимости Л. Эйлера

$T = Fe^{\mu\alpha}/(e^{\mu\alpha} - 1)$ и $t = F/(e^{\mu\alpha} - 1)$,

где T — натяжение в небегающей ветви ленты, Н; t — натяжение в сбегающей ветви, Н; $F = 2M_т/D$ — окружное усилие, Н; $M_т$ — тормозной момент, Н·м; D — диаметр тормозного шкива, м; e — основание натурального логарифма; μ — коэффициент трения; α — угол обхвата шкива лентой, рад.

Между натяжением T и t существует зависимость $T = te^{\mu\alpha}$. Тормозной момент, развиваемый тормозом, $M_т = t(e^{\mu\alpha} - 1)R = TR\frac{e^{\mu\alpha} - 1}{e^{\mu\alpha}}$ Так как нестабильный по величине коэффициент трения стоит в показателе степени, то даже незначительное изменение его величины существенным образом меняет значение тормозного момента. Вследствие нестабильности величины тормозного момента простые по конструкции ленточные тормоза широкого применения в ГПМ не получили.

Концы стальной ленты закреплены на замыкающем тормоз рычаге. При этом конец ленты, имеющий минимальное натяжение (сбегающая ветвь), снабжен винтовой стяжкой, обеспечивающей регулирование эксплуатационного зазора ε по мере изнашивания фрикционного материала. Тор-

Таблица 12. **Значения коэффициента трения и допускаемых давлений**

Материал трущихся поверхностей	Коэффициент трения	Допускаемое давление p, МПа	
		стопорный тормоз	спускной тормоз
Чугун и сталь по чугуну	0,15	1,5	1,0
Сталь по стали	0,15	0,4	0,2
Асбестовая лента по металлу	0,35	0,6	0,3
Вальцованная лента по металлу	0,42	0,6	0,3
Пластмасса типа КФЗ, КФЗМ:			
по чугуну	0,22	0,6	0,3
по стали	0,29		
Горячеформованный фрикционный материал по металлу	0,32	0,8	0,4

моз может замыкаться весом груза или приложением к рычагу усилия рукой (ногой).

Ширину ленты определяют из условия обеспечения допускаемого давления $[p]$ (табл. 12)

$$B = \frac{2T}{D[p]},$$

а ее толщину s — расчетом на растяжение в опасном сечении (по максимальному натяжению) при значении коэффициента запаса прочности не менее трех.

При расчете ленточного тормоза следует учитывать данные, приведенные в табл. 13.

Таблица 13. **Ориентировочные параметры ленточного тормоза**

Параметры	Диаметр тормозного шкива D, мм			
	100...200	250...320	400...500	630...800
Тормозной момент $M_т$, Н·м	700...860	1400...1600	1800...2100	2800...4000
Ширина ленты B, мм	30...70	70...90	90...110	120...150
Толщина ленты s, мм	3...4	4...6	4...7	6...10
Установочный радиальный зазор ε, мм	0,8	1,0	1,25	1,5

В простом ленточном тормозе конец ленты с максимальным натяжением закреплен за неподвижную точку (ось качания рычага) (рис. 38, *а*). При этом минимальное усилие воспринимает замыкающий тормоз рычаг. В случае изменения направления вращения шкива (против часовой стрелки) при том же замыкающем усилии на рычаг будет воздействовать максимальное усилие T', которое в $e^{\mu\alpha}$ раз превышает величину усилия t, действующего в первоначальном направлении. Применение такого тормоза будет более неэффективным, поэтому простой ленточный тормоз применяют преимущественно в нереверсивных механизмах.

Для создания тормозного момента необходим вес замыкающего груза

$$G_{гр} = \frac{\frac{1}{\eta} ta - (G_р b + G_{як} c)\eta}{d},$$

где $G_р$ — вес тормозного рычага, Н; $G_{як}$ — вес якоря электромагнита, Н; $\eta = 0{,}9 \quad 0{,}95$ — к. п. д. механизма, учитывающий потери на трение в рычажной системе тормоза; a, b, c, d — длины плеч рычагов, м. Соотношение плеч d/a обычно принимают равным 10 ... 15.

Тормозной момент, развиваемый простым ленточным тормозом, равен

$$M_{\text{т}} = (e^{\mu\alpha} - 1)\frac{D(G_{\text{р}}\, b + G_{\text{як}}\, c + G_{\text{гр}}\, d)}{2a}\eta.$$

При размыкании тормоза лента отходит от шкива, образуя радиальный зазор ε. При этом точка крепления конца ленты к рычагу перемещается на величину

$$\Delta = (R + \varepsilon)\alpha - R\alpha = \varepsilon\alpha.$$

В дифференциальном и суммирующем ленточных тормозах оба конца ленты закреплены на замыкающем тормоз рычаге. В первом случае — по обе стороны от оси качания рычага (рис. 38, *б*), во втором — по одну сторону (рис. 38, *в*).

В дифференциальном тормозе имеет место самозатягивание ленты под действием силы трения, обеспечивающее получение большого тормозного момента при малой величине замыкающей силы. Однако самозатягивающиеся тормоза применяют крайне редко вследствие резкого «захватывания» шкива, сопровождающегося толчками, уменьшения тормозного момента при реверсировании механизма, ускоренным изнашиванием тормозных накладок и шкива. При равенстве плеч a_1 и a_2 рычага, замыкающего суммирующий ленточный тормоз, величина создаваемого тормозного момента не зависит от направления вращения тормозного шкива, что является его существенным преимуществом. Другими словами, простота конструкции, компактность и способность развивать большие тормозные моменты обусловливают распространение ленточных тормозов. В то же время, значительное усилие, равное геометрической сумме натяжений концов ленты T и t и изгибающее тормозной вал, неравномерное по окружности распределение удельных давлений на шкив и ленту, обусловливающее неравномерное изнашивание, и возможность обрыва ленты являются недостатками в сравнении с колодочными тормозами, уменьшают их надежность и сдерживают их широкое внедрение.

§ 6. Колодочные тормоза

В современных ГПМ применяют различные конструкции колодочных тормозов, различающихся схемами рычажных систем. Колодочный тормоз обеспечивает торможение механизма за счет создания на шкиве тормозного момента (прижатия колодок к шкиву). Одноколодочные тормоза, создающие большой изгибающий момент, который возникает на валу шкива при торможении, практически не применяют. Широкое применение получили двухколодочные тормоза (с колодками, расположенными диаметрально в плоскости шкива), не создающие изгибающего момента.

По принципу действия двухколодочные тормоза бывают нормально открытые, у которых колодки постоянно отведены от шкива (например у машины наземного транспорта), и нормально закрытые, у которых колодки постоянно прижаты к шкиву (например у механизмов ГПМ). По кон-

струкции тормоза различают на замкнутые, у которых рычаги с колодками замкнуты вокруг тормозного шкива элементом тормоза (системой рычагов и тяг), и разомкнутые, не имеющие замыкающего элемента. По способу установки различают открытые (наружные) и встроенные тормоза.

На современных ГПМ применяют нормально закрытые, замкнутые двухколодочные тормоза, как правило установленные снаружи (открытые). Тормоз состоит из двух кованых рычагов *2* и *5* с шарнирно закрепленными на них тормозными колодками *1* и *3* (рис. 39, сечение *В—В*). В свою очередь рычаги *2, 5* шарнирно закреплены на основании *14* (сечение *А—А*). Закрывание тормоза (затормаживание шкива) производит силовая спиральная сжатая пружина *11*, установленная на штоке *10* в скобе *12* и воздействующая на его рычажную систему. При этом левый конец пружины *11* под действием внутренней силы сжатия давит на скобу *12*, шарнирно связанную с рычагом *5*, и прижимает колодку *3* к шкиву. Правый конец пружины *11* через шайбу и гайки *9*, *8* тянет шток *10* вправо. При этом правый конец штока свободно проходит через втулку *15* (сечение *Б—Б*), а левый его конец через гайку *18* воздействует на рычаг *2* и прижимает колодку *1* к шкиву. Рычаги тормоза соединены с основанием и замыкающим элементом шарнирно при помощи втулок *15*, зафиксированных стопорными планками *16*, и образуют шарнирный четырехзвенник. С целью исключения изнашивания верхних частей колодок при трении о вращающийся шкив (при раскрытом тормозе) на рычагах установлены штыревые пружинные фиксаторы *17* (сечение *Г—Г*).

Очевидно, что закрывание такого тормоза механическим усилением сжатой силовой пружины обеспечивает простоту конструкции, удобство управления и, главное, надежную работу тормоза. Осуществление этой операции каким-либо видом привода (электрически, гидравлически и др.) невозможно, так как в случае перерыва подачи энергии (отключение, обрыв кабеля, нарушение герметичности и т. д.) тормоз будет открыт (механизм расторможен) и возникнет аварийная ситуация. Применявшееся ранее закрывание тормоза при помощи силы тяжести дополнительного груза требовало более сложной рычажной системы, ее частой регулировки, увеличивало размеры и массу тормоза, вызывало повышенный шум при работе и, вследствие значительной инерции груза, увеличивало время срабатывания тормоза. В настоящее время такие системы не применяют.

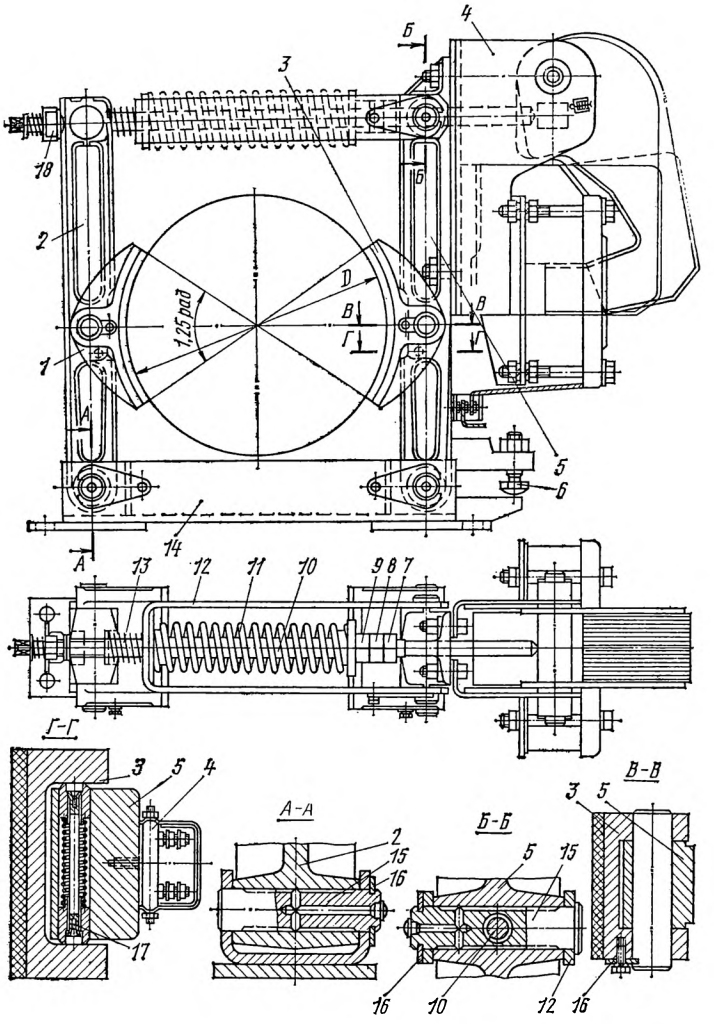


Рис. 39. Двухколодочный тормоз ТКТ—ВНИИПТМАШ с приводом от короткоходового электромагнита

Для раскрывания нормально закрытого замкнутого двухколодочного тормоза применяют различные специальные устройства с электро- и гидроприводом, воздействующие на его рычажную систему в обратном направлении. В качестве размыкающих устройств применяют специальные тормозные электромагниты *4*, электрогидравлические

и электромеханические толкатели, включаемые в цепь управления параллельно приводу механизма крана. При этом одновременно с включением механизма происходит раскрывание тормоза, а при выключении механизма (оператором или по причине отказа) силовая пружина закрывает тормоз и затормаживает механизм.

Для отечественных ГПМ созданы специальные крановые тормозные электромагниты типа КМП, МП (постоянного тока) и КМТ, МО-Б (переменного тока). В тормозах электроталей применяют магниты переменного тока типа МИС-Е и МТ, выпускаемые для нужд станкостроительной промышленности. Магниты КМП и КМТ с большим ходом якоря (длинноходовые) из-за недостаточной надежности в колодочных тормозах в настоящее время не применяют, а в ленточных тормозах они еще встречаются. Магниты МП и МО-Б отличаются малым ходом якоря (короткоходовые) и предназначены для установки непосредственно на одном из рычагов двухколодочного тормоза типа ТКП (магнит МП) и ТКТ (магнит МО-Б). Устройство магнита типа МП показано на рис. 40, *а*.

Рассмотрим работу тормоза ТКТ с короткоходовым тормозным электромагнитом МО-Б. Магнитопровод магнита состоит из ярма *12* и якоря *14*, шарнирно установленного на оси *11* в корпусе магнита (рис. 40, *б*). Оба элемента выполнены из листов электротехнической стали и соединены заклепками. Ярмо заключено в корпус *17*, кронштейны которого болтами крепят на рычаг *5* тормоза (см. рис. 39). Однофазная катушка *15* надета на ярмо и закреплена на нем крышкой с четырьмя болтами *16*. Концы проводов катушки выведены на клеммы *18*. В нерабочем (поднятом) положении I якорь удерживает пружина. При подаче напряжения на клеммы катушки в ярме возникает магнитный поток, притягивающий якорь (положение II). При повороте якорь упором *13* давит на шток и смещает его вправо (рис. 39). Соотношение плеч (длины якоря и места приложения усилия к штоку) обеспечивает выигрыш усилия примерно в 6 раз, что позволяет дополнительно сжать силовую пружину тормоза. Освободившаяся вспомогательная сжатая пружина *13*, развивающая в зависимости от типоразмера тормоза усилие 20 60 Н, давит одним концом на рычаг *2*, а другим через торец скобы *12* на рычаг *5* и разводит их, т. е. обеспечивает отвод обеих колодок от шкива. Кроме того, освободившийся рычаг *5* отходит от шкива под действием изгибающего момента, создаваемого весом электромагнита, закрепленного на рычаге эксцентрично его про-

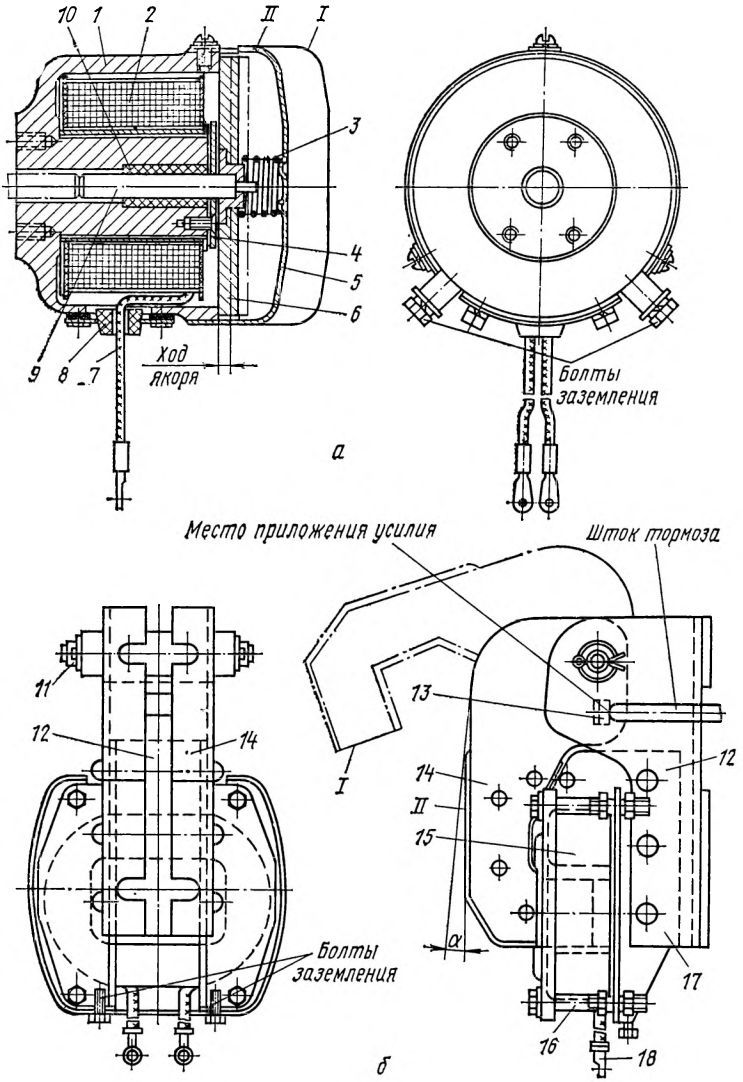


Рис. 40. Тормозные короткоходовые электромагниты:

а — типа МП; *1* — корпус; *2* — катушка; *3* — амортизирующая пружина; *4* — полюсный наконечник; *5* — крышка; *6* — дисковый якорь; *7* — клеммы; *8* — втулка; *9* — толкатель; *10* — направляющая втулка; *б* — типа МО-Б (номера позиций объяснены по тексту)

дольной оси. Для ограничения действия этого момента на рычаге установлен кронштейн с регулируемым упорным болтом *6*, обеспечивающий равные зазоры между тормозными колодками и шкивом.

Основными параметрами тормозных электромагнитов являются тяговое усилие и ход якоря (для типов МП, КМТ и КМП) или момент и угол поворота якоря (для типа МО-Б), по которым производят их выбор. К недостаткам указанных магнитов относят резкое включение, сопровождающееся ударом якоря об ярмо и вызывающее большие динамические нагрузки на детали тормоза и механизма, быстрое нарастание тормозного момента, повышенный шум и вибрации, малое число включений—не более 300 $ч^{-1}$ при ПВ=40 %, малый срок службы, сложность технического обслуживания и пр. В связи с этим в современных ГПМ все более широко применяют тормоза типа ТКГ с электрогидравлическими толкателями. Электрогидравлический толкатель (ТЭГ) — это независимый механизм, преобразующий электрическую энергию через гидравлическую в механическую поступательно движущегося штока. Электрогидротолкатель состоит из корпуса *6*, в котором размещены электродвигатель *1* с лопастным центробежным колесом *2* на валу, образующий центробежный насос, поршень *3* со штоком *5* и цилиндр *4* (рис. 41). Корпус заполнен рабочей жидкостью. В нижней части корпуса имеются проушина для крепления толкателя к основанию тормоза и пробка для слива рабочей жидкости при замене. В крышке имеется заливное отверстие и установлены уплотнительные манжеты.

Тормоз типа ТКГ работает по тому же принципу, но конструктивно отличается от тормозов типа ТКТ (ТКП). Силовая пружина *11*, надетая на шток *10*, верхним концом уперта в кронштейн *20*, закрепленный на правом рычаге *5*, а нижним через шайбу и регулировочные гайки *9*, *8* воздействует на шток (рис. 43, *б*). Шток связан с двухплечим рычагом *21*, шарнирно закрепленным на правом рычаге тормоза. Короткое плечо двуплечего рычага через тягу *22* с регулировочными гайками *23*, *24* связано с левым рычагом *2* тормоза, а длинное плечо — со штоком электрогидротолкателя. Под действием силовой пружины шток поворачивает двуплечий рычаг по часовой стрелке и закрывает тормоз. При включении электродвигателя толкателя *19* центробежный насос подает рабочую жидкость в подпоршневое пространство и поршень поднимается. В это время рабочая жидкость из надпоршневого пространства

по каналам между цилиндром и поршнем перетекает в подпоршневое пространство. При этом связанный с поршнем шток, преодолевая сопротивление силовой пружины, поворачивает двуплечий рычаг против часовой стрелки и раскрывает тормоз. При выключении электродвигателя насос

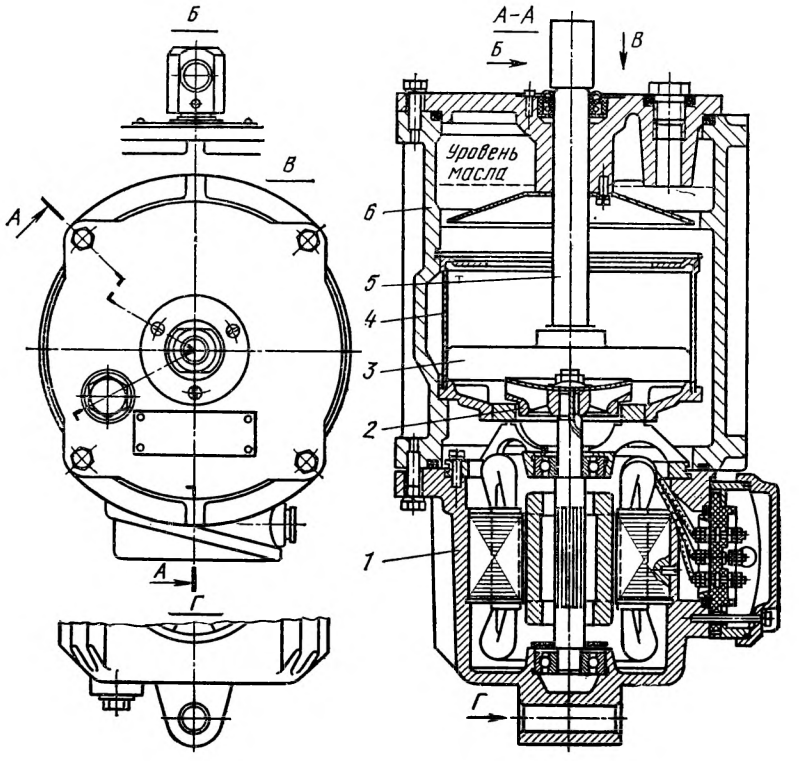


Рис. 41. Электрогидравлический одноштоковый толкатель типа ТГМ-50

останавливается и поршень под воздействием внешней нагрузки и собственного веса опускается в исходное положение.

Избыточное давление рабочей жидкости в современных конструкциях электрогидротолкателей не превышает 0,1 МПа во избежание вспенивания ее при обратном ходе поршня. Большинство конструкций толкателей типа ТЭГ и ТГМ выполнены с одним штоком, а толкатели типа Т-160Б с усилием 1,6 кН для тормозов с моментом 5000 ... 12500 Н·м имеют два штока.

К преимуществам электрогидравлических толкателей в сравнении с электромагнитами относят возможность регулирования времени срабатывания тормоза, плавное нарастание тормозного момента, большое число включений (до 2000 $ч^{-1}$), высокую долговечность, простоту эксплуатации, бесшумность, меньший расход меди и пр. Однако наличие рабочей жидкости требует высокой степени точности изготовления деталей, надежных уплотнений и осложняет эксплуатацию при низких температурах. Отклонение оси электрогидравлического толкателя от вертикали не должно превышать 0,25 рад.

Электромеханические толкатели, использующие действие центробежных сил вращающихся масс для раскрывания тормоза, могут работать в любом положении в пространстве и их надежность не зависит от температуры окружающей среды, так как рабочая жидкость в них отсутствует. В силу сложности конструкции они не получили широкого распространения, однако являются перспективным направлением развития приводов двухколодочных тормозов.

Для получения большого тормозного момента, уменьшения габаритов и массы тормоза, а также мощности открывающего устройства (привода) в тормозах применяют специальные фрикционные материалы, отличающиеся высоким коэффициентом трения, тепло- и износостойкостью. Наилучшими свойствами обладает материал ЭМ-2, выпускаемый в виде вальцованной ленты 6КВ-10 и 8-45-63 толщиной 5...10 мм и шириной 30...160 мм по ГОСТ 15960—79. Материал имеет высокий коэффициент трения, мало изменяющийся при изнашивании и нагреве. Также применяют тканевую асбестовую ленту, пластмассу КФЗ, КФЗМ и горячеформованный фрикционный материал (на каучуке) — см. табл. 12. Допускаемая температура нагрева фрикционных материалов, при повышении которой они теряют фрикционные свойства: 220 °С — для вальцованной ленты и 175...200 °С — для тканой асбестовой ленты.

Тормозные шкивы изготовляют из сталей 35СГ, 65Г и 65ГЛ с последующей термообработкой (сорбитизация или закалка с помощью ТВЧ на глубину 3...4 мм) до твердости HB>350. Для менее ответственных механизмов ГПМ шкивы выполняют из чугуна со свойствами не ниже, чем у марки СЧ 28.

Крепление фрикционной накладки к тормозной колодке должно быть надежным и обеспечивать возможность быстрой замены изношенной накладки. Обычно крепление выполняют при помощи латунных заклепок с головкой, утопленной не менее чем на половину толщины накладки. В последнее время все шире внедряют более прогрессивный способ приклеивания накладок термостойким клеем типа ВС-10Т. Более перспективным следует считать крепление накладок в пазах колодок, не требующее выполнения трудоемких работ при замене накладок.

Очевидно, что тормоз целесообразно устанавливать на валу механизма с наименьшим крутящим моментом, каким является приводной вал. На механизмах подъема груза и изменения вылета стрелы с неразмыкаемой кинематической связью барабана лебедки с двигателем в качестве тормозного шкива можно использовать одну из полумуфт, соединяющих валы двигателя и редуктора. Если для со-

Таблица 14. **Основные техническе характеристики двухколодочных тормозов**

Параметры	с магнитом МП					Тор	МОЗ с магнитом МО-Б			с электрогидротолкателем				
	ТКП-100	ТКП-200/100	ТКП-200	ТКП-300/200	ТКП-300	ТКТ-100	ТКТ-200/100	ТКТ-200	ТКТ-300/200	ТКГ-160	ТКГ-200	ТКГ-300	ТКГ-400	ТКГ-500
Диаметр шкива, мм	100	200	200	300	300	100	200	200	300	100	200	300	400	500
Максимальный тормозной момент, Н·м	20	40	160	240	500	20	40	160	240	100	300	800	1500	2500
Усилие электромагнита (электрогидротолкателя) при ПВ-40 %, Н	230	230	780	780	1650	—	—	—	—	160	250	500	800	800
Момент электромагнита при ПВ-40 %, Н·м	—	—	—	—	—	5,5	5,5	40	40	—	—	—	—	—
Ход якоря (штока), мм	—	—	—	—	—	5,5	5,5	7	7	25	32	50	50	50
Отход колодки, мм	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,4	0,4	0,5	0,5	1	1	1	1	1
Потребляемая мощность, кВт	—	—	—	—	—	0,14	0,14	0,45	0,45	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Масса (не более) кг	16	30	37	75	90	12	25	35	70	22	35	80	120	155

единения применена муфта МУВП, то эта полумуфта должна быть ведомой (находиться на валу редуктора), если применена муфта МЗ, то любая полумуфта.

Основные технические характеристики нормально закрытых, замкнутых, двухколодочных тормозов приведены в табл. 14.

§ 7. Определение расчетного момента тормоза

Под действием силы F пружины тормозной рычаг длиной b на плече a прижимает колодку к шкиву с усилием N (рис. 42, *а*). При этом $N=Fb/a$. При вращении шкива сила N создает на его поверхности силу трения $F_т=fN$, противодействующую вращению, где f — коэффициент трения. Так как со шкивом взаимодействуют две колодки, то общий тормозной момент $M_т=fND_ш$, где $D_ш$ — диаметр шкива, м. С учетом потерь на преодоление сил трения в шарнирах рычажной системы тормоза $M_т=fF(b/a)D_ш\eta$, где $\eta=0{,}9\ \ 0{,}95$ — к. п. д. рычажной системы.

Так как коэффициент трения не является стабильным

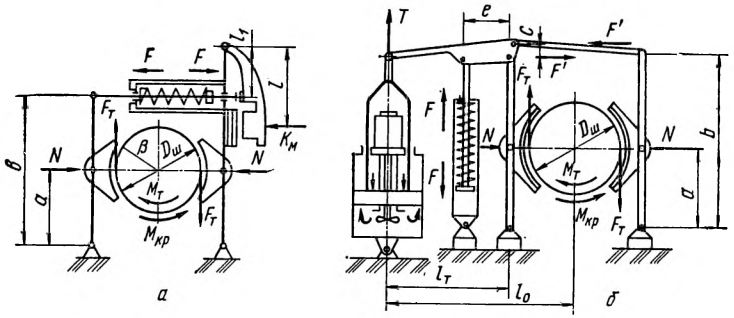


Рис. 42. Расчетная схема двухколодочного тормоза (*а* — с приводом от электромагнита; *б* — от электрогидротолкателя)

и его величина зависит не только от свойств трущихся материалов, но и от их состояния (шероховатость поверхности), температуры, окружающей среды (влажность, пыль), наличия воды или абразивных частиц и пр., то при расчете тормозного момента тормоза механизма подъема груза Правила по кранам требуют учитывать в зависимости от

режима работы и рода привода нижеприведенные значения коэффициента запаса торможения — $k_з$.

Привод механизма	Группа режима работы механизма по ГОСТ 25835—83	Коэффициент запаса торможения $k_з$
Ручной . .	—	1,5
Машинный	1М, 2М, 3М	1,5
	4М	1,75
	5М	2,0
	6М	2,5

Под коэффициентом запаса торможения следует понимать отношение создаваемого тормозом момента к статическому моменту, создаваемому номинальным грузом на тормозном валу.

Момент электромагнита, раскрывающего тормоз

$$K_м l = F l_1,$$

где l и l_1 — соответственно плечи действующих сил, м. По этой величине подбирают электромагнит.

Условное среднее давление в зоне контакта колодок со шкивом

$$p = \frac{N}{A_к} = \frac{N}{\pi D_ш B \beta / 2\pi} \leqslant [p],$$

где $A_к$ — площадь поверхности трения одной тормозной колодки, м^2; B — ширина колодки (на 0,005 ... 0,01 м меньше ширины шкива), м; $\beta = 1$ 2 рад — угол обхвата шкива колодок; $[p]$ — допускаемое давление, МПа.

Пример. Подобрать двухколодочный тормоз с электрогидротолкателем, установленный на соединительной муфте между валами электродвигателя и редуктора. Мощность двигателя $N_{дв} = 2{,}5$ кВт при частоте вращения вала $n = 1370$ мин$^{-1}$. Группа режима работы механизма — 4М, ПВ=25 % (рис. 42, *б*).

Решение. 1. Крутящий момент на валу тормозного шкива

$$M_{кр} = N_{дв}/\omega = 30 N_{дв}/\pi n = 9{,}55 N_{дв}/n,$$

где ω — угловая скорость вращения вала, рад/мин.

$$M_{кр} = 9{,}55 \cdot 2500/1370 = 17{,}5 \text{ Н·м}.$$

2. Расчетный тормозной момент $M_т = M_{кр} k_з = 17{,}5 \cdot 1{,}75 = 30{,}5$ Н·м.

По каталогу выбираем тормоз ТКГ-200 с максимальным тормозным моментом 300 Н·м и диаметром шкива $D_ш = 200$ мм, открываемый электрогидравлическим толкателем ТГМ-25 с усилием на штоке $F_{шт} = 250$ Н и ходом штока 32 мм.

3. Расчетное окружное усилие на ободе тормозного шкива

$$F_т = 2M_т/D_ш = 2 \cdot 30{,}5/0{,}2 = 305 \text{ Н}.$$

4. Сила прижатия колодки к шкиву при $f = 0{,}35$

$$N = F_т/2f = 305/(2 \cdot 0{,}35) = 426 \text{ Н}.$$

Тогда сила сжатия силовой пружины

$$F = Nbc/ae = 426\frac{310\cdot 32}{130\cdot 42{,}5} = 764 \text{ Н}.$$

5. При этом необходимое усилие на штоке толкателя

$$F_{шт} = Fe/l_т = 764\frac{42{,}5}{150} = 218 \text{ Н} < [F_{шт}] = 250 \text{ Н}.$$

Условное среднее давление на поверхность тормозных накладок

$$p = \frac{N2\pi}{\pi D_ш B\beta} = \frac{2N}{D_ш B\beta} = \frac{2\cdot 426}{0{,}2\cdot 0{,}9\cdot 1{,}2} = 3960 \text{ Па} = 3{,}96 \text{ кПа} < [p] =$$
$$= 0{,}3 \text{ МПа},$$

где $B = 0{,}09$ м; $\beta = 1{,}2$ рад.

§ 8. Регулирование колодочных тормозов

По мере изнашивания колодок и шкива тормоз перестает надежно удерживать рабочий орган механизма при выключении привода. Бывают случаи, когда тормоз наоборот резко затормаживает механизм. Поэтому конструкция тормоза предусматривает возможность регулирования его.

При регулировании тормоза соблюдают следующую последовательность: обеспечивают требуемую величину тормозного момента, устанавливают нормальные ход якоря электромагнита (штока толкателя) и равномерность отхода колодок от шкива.

Расчетный тормозной момент тормоза каждого механизма крана и соответствующая ему рабочая длина силовой пружины (при закрытом тормозе) приведены в заводской инструкции на кран. При длине пружины тормоза ТКТ, отличающейся от установленной, регулируют ее длину. Для этого следует убедиться, что якорь электромагнита *4* не касается штока *10* тормоза (рис. 43, *а*). Затем, отвернув гайки *7*, *8*, вращением гайки *9* устанавливают требуемую длину силовой пружины *11* и проверяют ее с помощью измерительной линейки, накладываемой сверху. Затем проверяют величину хода якоря электромагнита (из положения I в положение II — рис. 40, *б*), которую обычно замеряют между смежными заклепками, находящимися на ярме и якоре (точка *А* и *Б* на рис. 43, *а*). Для имитации включения электромагнита вращением гайки *7* отводят ее вправо по резьбе неподвижного штока до упора в рычаг *5*. При этом тормоз раскрывается, а якорь под действием силы тяжести упирается в ярмо. Если результаты замеров отличаются от требуемых, то ход якоря регулируют при помощи гайки *18*.

Для регулирования равномерного отхода колодок от шкива тормоз открывают при помощи гайки 7 и вращением упорного болта 6 добиваются равномерных зазоров между колодками и шкивом, замеряемых щупом или пока-

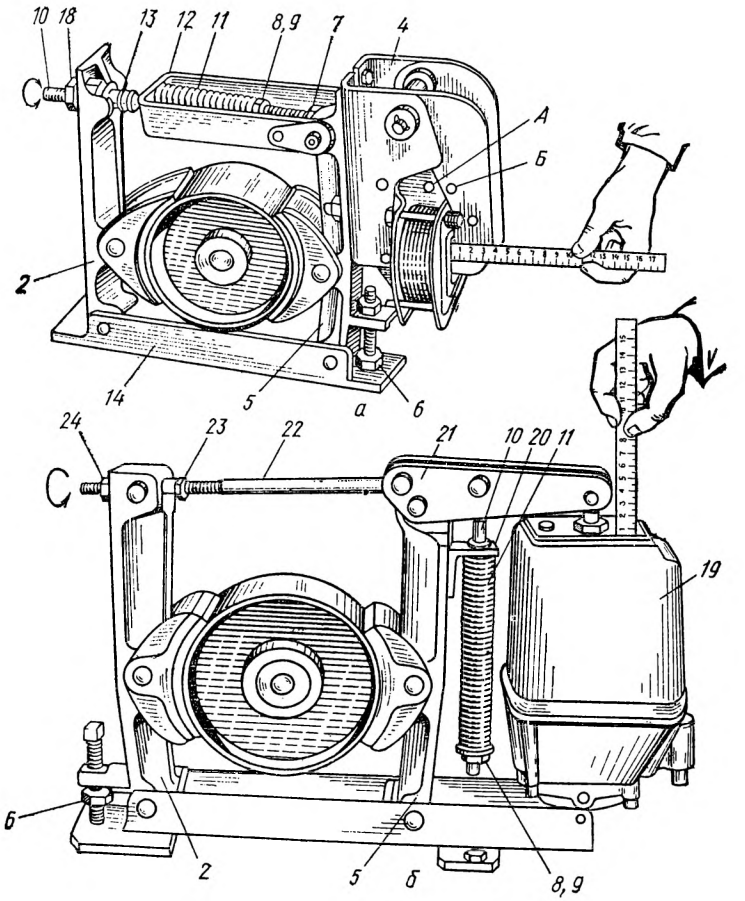


Рис. 43. Регулирование хода привода тормозов: *а* — якоря электромагнита (тормоз ТКТ); *б* — штока электрогидротолкателя (тормоз ТКГ)

чиванием рычагов тормоза. После чего упорный болт фиксируют контргайкой. Указанный прием раскрывания тормоза применяют и для замены изношенных колодок тормозов. Для выполнения всех регулировок тормоза левый конец штока обработан под квадрат для удержания его

от вращения при помощи ключа при вращении регулировочных гаек. После окончания регулирования все резьбовые детали необходимо зафиксировать от самопроизвольного откручивания.

Тормоз ТКГ регулируют в той же последовательности, что и тормоз ТКТ. Различие заключается в том, что вместо хода якоря электромагнита регулируют ход штока электрогидротолкателя (рис. 43, *б*). При этом рабочую длину силовой пружины устанавливают регулировочными гайками *9*, *8* на штоке. Ход штока толкателя регулируют гайками *23*, *24* на тяге *22*. Следует учитывать, что при закрытом тормозе двуплечий рычаг не должен упираться в крышку электрогидротолкателя. Равномерный отход колодок от шкива обеспечивают упорным болтом *6*.

§ 9. Ходовые колеса

Большинство современных монтажных кранов выполнены на пневмоходу. Пневматическая шина является не только движителем, но и предназначена для уменьшения динамических нагрузок (толчков и ударов) при движении по неровному покрытию. По конструкции различают камерные и бескамерные пневматические шины. Камерная пневмошина состоит из собственно камеры и покрышки (рис. 44, *а*). Камера *10* выполнена в виде пустотелого кольца из резины и для подачи воздуха в шину снабжена вентилем *2*, в который ввернут обратный клапан, пропускающий воздух в камеру и препятствующий выходу его. Для выпуска воздуха необходимо нажать на шпильку клапана. Покрышка предохраняет камеру от разрыва и состоит из каркаса *7*, борта *5* с сердечником *4*, подушечного слоя *8* и протектора *9* с боковинами *7*. Каркас воспринимает все нагрузки и поэтому является основной деталью покрышки. Каркас выполняют многослойным из прочных прорезиненных нитей (текстильный корд) или перевитых стальных проволок (металлокорд) с резиновыми прослойками. По расположению нитей корда различают диагональные и радиальные покрышки. Последние обладают многими преимуществами.

При работе шины протектор интенсивно изнашивается, поэтому внешняя его сторона имеет толстый слой износостойкой резины. С целью повышения тяговой способности шины на поверхности протектора выполнены выступы. Покрышку, а затем камеру устанавливают (монтируют) на обод *3* диска *1* колеса и фиксируют разрезным (замковым)

стопорным кольцом *11*. Для выполнения этой операции применяют монтажные лопатки (монтировки). Вентиль *2* выводят наружу через отверстие в ободе.

Бескамерная пневмошина не имеет камеры и воздух накачивают непосредственно в покрышку. Для обеспечения

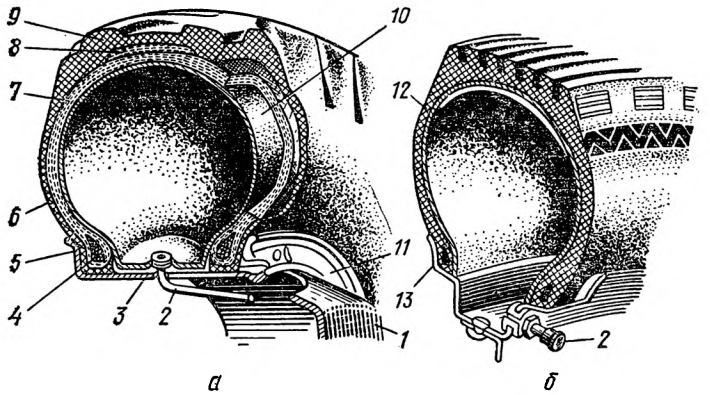


Рис. 44. Разрез пневматической шины (*а* — камерной, *б* — бескамерной)

герметичности внутренней полости шины на ее внутреннюю поверхность нанесен герметизирующий слой *12*, а на боковые поверхности обода — уплотнительный слой *13*, гарантирующий плотное прилегание бортов покрышки к ободу (рис. 44, *б*). Вентиль *2* также герметично закреплен на ободе колеса. Перед установкой покрышки на обод колеса необходимо проверить их состояние, очистить от ржавчины, грязи и пыли. Внутреннюю поверхность покрышки камерной шины следует протереть насухо и припудрить тальком. Особое внимание следует уделять состоянию посадочных поверхностей бескамерной шины.

Многие самоходные строительно-монтажные краны передвигаются по рельсовому крановому пути. В этом случае рабочим органом механизма передвижения является металлическое ходовое колесо. Конструкция ходовых колес должна исключать возможность схода их с рельсов. Для этого колеса снабжают одним или двумя фланцами — ребордами, ограничивающими ширину поверхности катания и служащими для направления движения колеса по рельсу. По наличию реборд различают ходовые колеса: двух-, одно- и безребордные (рис. 45). Как правило ходовые колеса кранов изготовляют двухребордными. Одноребордные колеса применяют на кранах с малой шириной колеи, грузовых

тележках кранов мостового типа и на подвесных тележках, передвигающихся по однорельсовому пути (монорельсу). В случае применения безребордных колес (на специальных кранах) функции реборд должны выполнять направляющие ролики с вертикальной осью вращения, взаимодей-

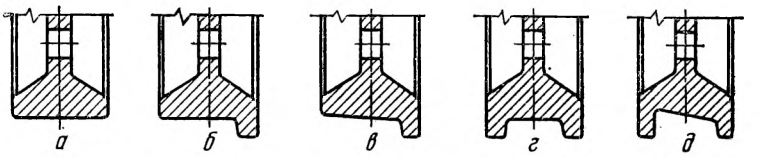


Рис. 45. Формы ходовых колес (*а* — цилиндрическое безребордное; *б* — цилиндрическое одноребордное; *в* — коническое одноребордное; *г* — цилиндрическое двухребордное; *д* — коническое двухребордное)

ствующие с боковыми поверхностями крановых рельсов или специальными направляющими.

По форме поверхности катания ходовые колеса бывают цилиндрические и конические с уклоном обода 1 : 20. Цилиндрические колеса могут перемещаться по рельсам с плоской или скругленной головкой и их применяют в механизмах передвижения кранов с раздельным приводом, с числом ходовых колес более четырех и для грузовых тележек кранов мостового типа. В механизмах передвижения с общим (центральным) приводом и двумя ведущими колесами применяют конические колеса, устанавливаемые так, чтобы вершины конусов находились за пределами колеи крана. В этом случае применяют специальные рельсы типа КР и Р со скругленной головкой.

При движении крана (тележки) с перекосом реборды цилиндрических колес постоянно трутся о головки рельсов, что вызывает лишние затраты мощности и интенсивное изнашивание колес и рельсов. Для уменьшения сил трения на реборды колес и боковины головок рельсов наносят смазку. При забегании одной стороны крана относительно другой (перекосе) отстающее коническое колесо начинает катиться по большому радиусу и автоматически устраняет перекос. В этом случае выравнивание крана происходит без трения реборд о рельс, т. е. без увеличения сил сопротивления движению и способствует повышению сроков службы колес и рельсов.

Ходовые колеса кранов изготавливают главным образом из стали марок 75 и 65Г по ГОСТ 4543—71. Чугунные ходовые колеса применяют только в кранах с ручным приводом. Цилиндрические колеса изготавливают цельнокатаными и штампованными согласно требованиям ГОСТ 3569—74. Диаметры колес в зависимости от грузоподъемности, скорости движения и других параметров крана находятся в пределах 160...1000 мм. Твердость поверхности катания и реборд колеса должна быть не менее НВ 300...350 на глубину: при диаметре колеса 160...

250 мм — 15 мм; 320...500 мм — 20 мм и 560...1000 мм — 30 мм, что позволяет протачивать изношенные колеса для восстановления требуемой формы при ремонте.

Приводные ходовые колеса закрепляют на валах с помощью шпонок, неприводные ходовые колеса — на вращающихся осях без шпонок, а горизонтальные ролики — на неподвижных осях в подшипниках. Для обеспечения правильности монтажа и удобства замены в процессе эксплуатации колеса, закрепленные на валах, обычно устанавливают на радиальных сферических двухрядных подшипниках в буксах (рис. 46). Букса (от одноименного не-

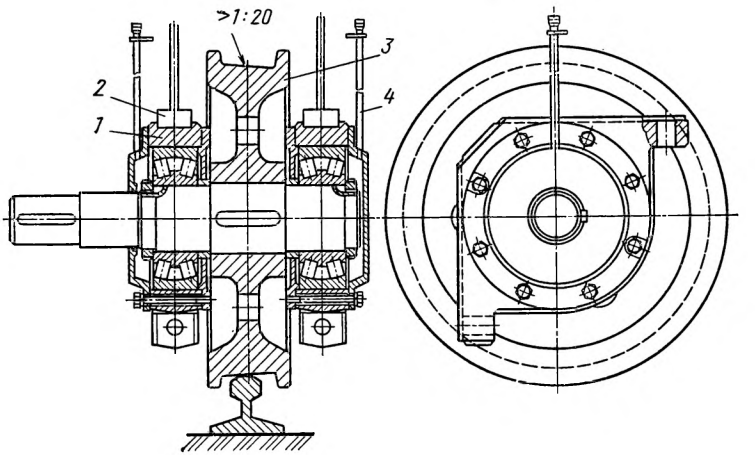


Рис. 46. Коническое двухребордное ходовое колесо крана с буксами:
1 — букса; *2* — платик; *3* — колесо; *4* — смазочное устройство

мецкого слова — стальная коробка, внутри которой установлены подшипники и устройство для смазывания) — в современном представлении быстросъемный корпус подшипника. Наибольшее распространение получили угловые буксы, закрепляемые на ходовой раме при помощи болтов. Для обеспечения безвыверочной установки букс на раму и исключения смещения букс при работе крана к ходовой раме приваривают фиксирующие платики (брусики прямоугольной формы), взаимодействующие с пазами в буксах. После приварки платиков их посадочные поверхности строгают, чем обеспечивают абсолютную взаимозаменяемость букс и сокращают трудоемкость замены ходовых колес.

Число ходовых колес крана зависит от его основных

параметров. Краны малой грузоподъемности имеют четыре ходовых колеса, буксы которых крепят непосредственно к ходовой раме. С увеличением грузоподъемности крана число ходовых колес увеличивается (до 16 шт.). При этом жесткое крепление колес к раме всегда обусловливает неравномерное распределение нагрузки между ними, вызванное неровностью кранового пути или его деформацией. Очевидно, что с увеличением числа колес возрастает указанная неравномерность. Поэтому для крепления колес в этом случае применяют балансиры (французское происхождение — качать, уравновешивать) — двуплечий (редко

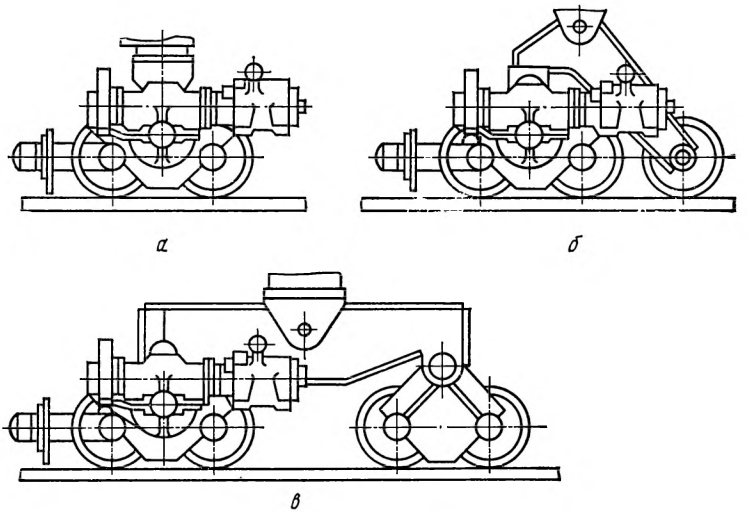


Рис. 47. Балансиры для установки на кране ходовых колес (*а* — 8 шт.; *б* — 12 шт.; *в* — 16 шт.). На рис. показано по одной опоре

одноплечий) рычаг для передачи усилий, качающийся относительно оси (рис. 47). Шарнирно-установленные балансиры имеют возможность поворачиваться (качаться) на осях, обеспечивая при передвижении крана его опору на все ходовые колеса и их достаточно равномерное нагружение вне зависимости от состояния кранового пути.

§ 10. Стреловое оборудование кранов

Рабочим оборудованием стрелового крана является стрела. Стрелы постоянной длины бывают основные и удлиненные с гуськами или без них. Под основной понимают такую

стрелу, которая обеспечивает наибольшую грузоподъемность крана при заданном ее вылете и высоте подъема груза. Основная стрела представляет собой сварную решетчатую пространственную металлоконструкцию (ферму) прямоугольного (треугольного) поперечного сечения, пояса и раскосы которой выполнены из сортового проката углового или трубчатого профиля. Она состоит из нижней (основной) *4* и верхней (головной) *2* секций, соединяемых между собой при помощи болтов или пальцев (рис. 48, *а*).

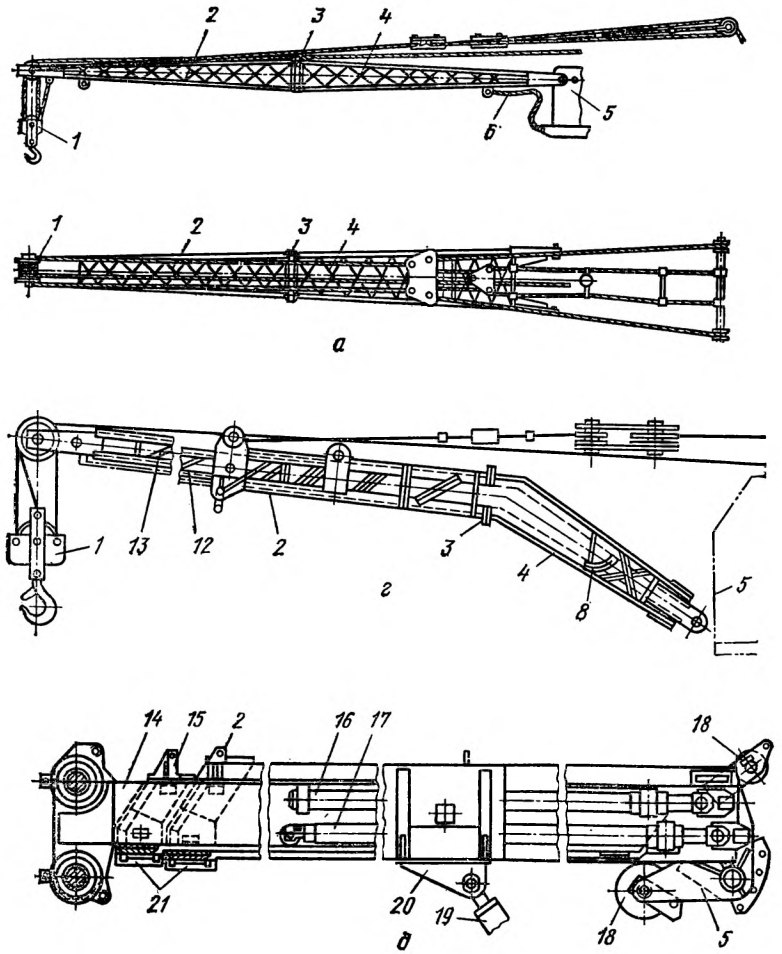
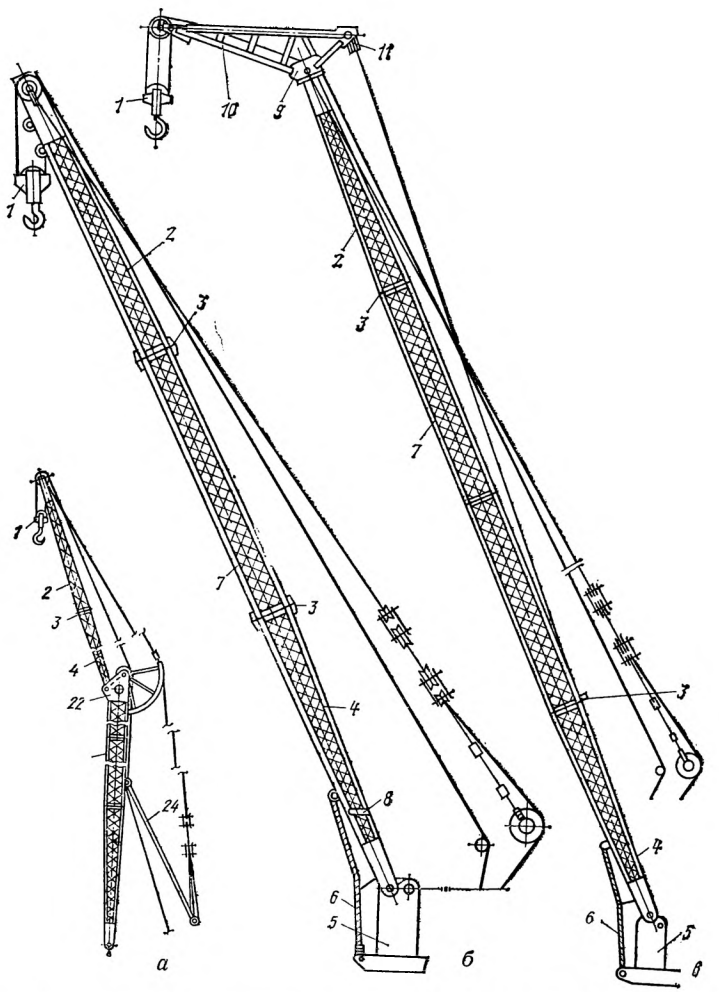


Рис. 48. Стреловое оборудование кранов (*а* — основная стрела; *б* — удлиненная;

Наибольшее распространение получило пальцевое соединение, обеспечивающее меньшую трудоемкость сборочно-разборочных операций. В торцах *3* соединяемых секций установлены диафрагмы, обеспечивающие устойчивую работу стрелы при действии скручивающих нагрузок. На головной секции стрелы *2* крепят блоки грузового полиспаста *1*, тяги стрелового полиспаста и ограничитель высоты подъема крюковой подвески. Для лучшего размещения блоков полиспаста и обеспечения возможности подъема



в — стрела с гуськом; *г* — с выдвижной секцией; *д* — телескопическая; *е* — БСО)

габаритных грузов на минимальном вылете стрелы головную секцию иногда оснащают неподвижным или шарнирным оголовком. На оголовке предусмотрены отверстия для установки гуська. Нижнюю секцию *4* (корень стрелы) шарнирно крепят к поворотной платформе *5* крана. Для ограничения высоты подъема стрелы предназначена канатная тяга *6*.

Удлиненная стрела отличается от основной тем, что в месте разъема устанавливают 1 3 дополнительные секции *7* той же конструкции (рис. 48, *б*). Оборудование удлиненной стрелы отличается большей длиной каната грузового полиспаста и меньшей его кратностью (грузоподъемность крана с удлиненной стрелой меньше), большей длиной тяги стрелового полиспаста.

Для увеличения подстреловой зоны крана и обеспечения возможности поднимать грузы небольшой массы с повышенной скоростью на удлиненные стрелы устанавливают гуськи — неуправляемые (установочные), не изменяющие свой вылет с грузом относительно стрелы, и управляемые (маневровые), изменяющие вылет (рис. 48, *в*). Гусек *10* представляет собой треугольную пространственную ферму с раскосами или без раскосов, выполненную из уголков, швеллеров или труб. Тупая вершина фермы является опорной; ею гусек устанавливают на оголовок стрелы и крепят специальным хомутом *9* с болтами. Короткую консоль гуська соединяют со стрелой крана посредством канатной тяги через блок *11*, а на длинной консоли крепят блоки полиспаста вспомогательного механизма подъема груза. При этом, как правило, грузовой полиспаст основного механизма подъема груза не демонтируют.

Очевидно, что установка основной, удлиненной стрелы или гуська связана с выполнением монтажно-демонтажных операций, требующих затрат времени. Для быстрого изменения длины стрелы без действия рабочей нагрузки применяют выдвижные секции решетчатой конструкции (рис. 48, *г*). Выдвижение секции *13* осуществляют вручную — вращением маховика при помощи цепной (зубья звездочки тянут цепь *12*, натянутую вдоль секции) или канатной передач (тяговый канат закреплен обоими концами на секции, а средняя его часть навита на барабан), либо при помощи канатно-блочной системы, пневмоцилиндра и пр. При этом выдвижная секция скользит по специальным направляющим, расположенным в теле головной секции стрелы *2*, а в крайних положениях фиксируется стопорным устройством. К недостаткам крановых стрел с выдвижной

секцией следует отнести сложность механизации операции выдвижения секции и невозможность ее осуществления с грузом на крюке.

По существу рассматриваемая конструкция стрелы крана является прототипом современных раздвижных телескопических (от греческого названия астрономического оптического инструмента — телескопа — далеко смотрю, представляющего собой несколько концентрических раздвижных втулок, снабженных линзами) стрел, позволяющих быстро изменять длину стрелы под действием рабочей нагрузки (рис. 48, *д*). Телескопическая стрела состоит из основной неподвижной секции *2* и одной (нескольких) выдвижных секций *14*, *15*, сваренных из листового или фасонного проката. Выдвижение секции осуществляют при помощи гидроцилиндров *16*, *17*. На кранах грузоподъемностью 16 т и более применяют длинноходовые гидроцилиндры двустороннего действия, каждый из которых выдвигает одну секцию стрелы. При выдвижении секции опираются на специальные каретки (башмаки, ползуны) *21*. Стрела соединена с поворотной платформой *5* крана шарниром и через проушину *20* с гидроцилиндром *19* подъема стрелы. Для направления грузового каната служат отводные блоки *18*. Телескопические стрелы обладают многими преимуществами и в настоящее время являются основным рабочим оборудованием гидравлических кранов.

Для существенного увеличения грузо-высотных характеристик современные краны комплектуют башенно-стреловым оборудованием (БСО). Применение БСО в сравнении с удлиненной стрелой позволяет в 2 3 раза увеличить грузоподъемность крана и в 1,5 раза обслуживаемую площадь. БСО конструктивно решено в виде установленной вертикально или под небольшим углом башни *23*, на оголовке *22* которой шарнирно закреплена стрела (гусек) с изменяемым вылетом (рис. 48, *е*). При этом башню удерживает в требуемом положении подкос *24* или полиспаст. По конструкции башня аналогична решетчатым стрелам. В целях унификации стрелового оборудования и уменьшения количества типоразмеров металлоконструкций кранов в качестве башни применяют удлиненную стрелу, например в кранах типа СКГ. Очевидно, что применение телескопических стрел или БСО на кранах увеличивает число выполняемых рабочих движений. Добавляются движения выдвижения (телескопирования) стрелы и изменения угла наклона стрелы БСО или управляемого (маневрового) гуська.

§ 11. Опорно-поворотные устройства

Опорно-поворотное устройство стреловых кранов является одной из основных сборочных единиц крана, так как обеспечивает вращение поворотной платформы с рабочим стреловым оборудованием относительно неповоротной ходовой рамы и передает на нее и далее на основание рабочие нагрузки. Конструкция опорно-поворотного устройства не зависит от типа привода механизма поворотного крана. Ее обусловливают конструкция крана, его размеры и грузоподъемность. По существу опорно-поворотное устройство — это радиально-упорный подшипник специальной конструкции, воспринимающий радиальные и осевые (вертикальные) нагрузки. В современных поворотных кранах получили распространение одно- и двухрядные шариковые (рис. 49, *а*) или роликовые (рис. 49, *б*) опорно-поворотные устройства. Однорядные опорно-поворотные устройства применяют при воздействии относительно малых по величине рабочих нагрузок. Роликовые опорно-поворотные устройства, воспринимающие большие рабочие нагрузки и обеспечивающие длительный срок службы, нормализованы требованиями ОСТ 22.1401—79 и установлены на всех автомобильных стреловых кранах, выпускаемых Минстройдормашем.

Шариковое опорно-поворотное устройство состоит из внутренней *2* и наружной обойм подшипника с расположенными между ними двумя рядами шариков *7* (тел качения). Шарики разделены между собой пластмассовыми сухарями *15*, выполняющими роль сепаратора (от одноименного латинского слова — отделитель). Внутренняя обойма устройства соединена с ходовой рамой *1* крана болтами *14* и имеет зубчатый венец *3* для внутреннего зацепления с ведущей шестерней механизма поворота крана (на рис. 49, *а* не показаны). Наружная обойма устройства состоит из верхнего *6* и нижнего *10* колец, центрируемых относительно друг друга буртиками, стянутых между собой болтами *11* и прикрепленных к поворотной платформе *5* крана посредством болтов *9*. Между кольцами обоймы установлены регулировочные прокладки *8*. Смазывают опорно-поворотное устройство посредством пресс-масленки *4*. Уплотнительные кольца *12*, *13* препятствуют вытеканию смазки из внутренней полости подшипника.

Нормализованное роликовое опорно-поворотное устройство имеет аналогичную конструкцию, отличающуюся не только формой тел качения (роликов), но и их установ-

кой. Соседние ролики установлены во взаимно перпендикулярных плоскостях, наклоненных к вертикальной оси под углом $\pi/3$ и $\pi/6$ рад. При этом ролики, катящиеся по дорожкам В, воспринимают осевые нагрузки, а ролики, катящиеся по дорожкам Г, передают горизонтальные на-

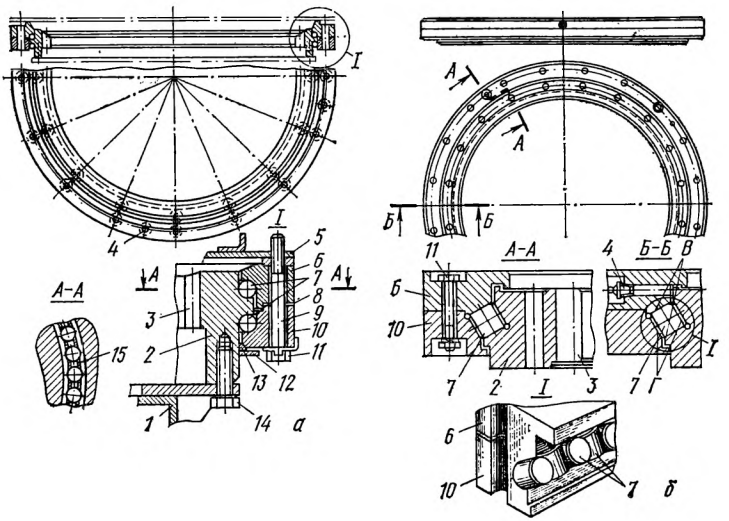


Рис. 49. Опорно-поворотные устройства стреловых кранов (*а* — шариковое; *б* — нормализованное роликовое)

грузки от наружной обоймы устройства на внутреннюю и удерживают поворотную платформу крана от опрокидывания. Обоймы опорно-поворотных устройств изготовляют из специальных марок сталей, а беговые дорожки подшипников подвергают закалке и полируют для уменьшения внутренних сил трения и изнашивания деталей устройства. Нормализованное устройство при большой грузоподъемности обеспечивает более равномерное распределение передавамой рабочей нагрузки и, как следствие, имеет меньшие габариты и массу. Необходимо отметить, что шариковые конструкции опорно-поворотных устройств обеспечивают меньшие потери на преодоление внутренних сил трения и менее чувствительны к неточностям изготовления и сборки деталей, а также к деформации их в процессе работы.

Контрольные вопросы

1. Каково назначение блоков и барабанов? В чем состоит их отличие?

2. Какие бывают барабаны лебедок и почему?

3. Для чего нужны дополнительные витки каната на барабане и каково их число?

4. Какие бывают звездочки и каково их назначение?

5. Каково назначение тормозных устройств современных ГПМ и как их классифицируют?

6. Какие типы тормозов применяют на современных ГПМ и почему?

7. Что такое останов и как он работает?

8. В чем состоит конструктивное отличие храпового останова от роликового?

9. Каково назначение безопасной рукоятки?

10. Как устроена и работает безопасная рукоятка первого типа?

11. Чем конструктивно отличается безопасная рукоятка второго типа от первого?

12. Каковы назначения, область применения и особенности конструкции ленточных тормозов?

13. В чем состоят различия конструкций простого, дифференциального и суммирующего тормозов?

14. Как устроен и работает двухколодочный нормально закрытый тормоз. Какая сила закрывает его?

15. Каковы назначение, устройство и работа короткоходового электромагнита типа МО-Б?

16. Какие преимущества обеспечивает электрогидравлический толкатель? Как он устроен и работает?

17. Какие фрикционные материалы получили распространение в современных тормозах и почему?

18. Как выполняют крепление тормозных накладок к колодкам?

19. На каком валу механизма целесообразно устанавливать тормоз и почему? Где устанавливают тормозной шкив?

20. С какой целью регулируют тормоза, в какой последовательности и каковы основные приемы регулирования?

21. Какие типы ходовых колес применяют на самоходных кранах?

22. Каковы назначение и устройство пневматических шин? В чем состоит их различие?

23. Какие ходовые колеса применяют на рельсовых кранах? Для чего нужны реборды?

24. В чем состоят преимущества конических колес?

25. Каково назначение и устройство буксы?

26. В каких случаях и с какой целью применяют балансиры?

27. Какие виды стрелового оборудования применяют на современных кранах?

28. В чем состоит различие между основной и удлиненной стрелой?

29. Что дает применение гуськов и какие они бывают?

30. Как устроена и работает стрела с выдвижной секцией?

31. Какие преимущества обеспечивает применение телескопических стрел?

32. Изложите устройство и основные преимущества БСО.

33. Какие типы опорно-поворотных устройств применяют на стреловых кранах?

34. Какими преимуществами и за счет чего обладают роликовые опорно-поворотные устройства?

Глава V
ПОЛИСПАСТЫ И БЛОКИ

§ 1. Назначение и устройство полиспаста

Полиспаст (от греческого слова «полиспастос» — натягиваемый многими веревками или канатами) — древнейшее грузоподъемное устройство, представляющее собой систему подвижных и неподвижных блоков, огибаемых единым гибким органом (канатом, цепью) — рис. 50, *а*. Блок — сборочная единица грузоподъемных машин в форме диска с желобом на поверхности окружности шкива под канат (цепь). Применяют в машинах и механизмах для изменения направления движения гибкого органа (действия силы) — неподвижный блок *1* с фиксированной осью или получения выигрыша в силе (скорости) — подвижный блок *2*, ось которого перемещается в пространстве. Несколько совместно работающих блоков объединяют в обоймы. Для направления каната *4* на барабан тяговой лебедки применяют одношкивные отводные блоки *3* — канифас-блоки.

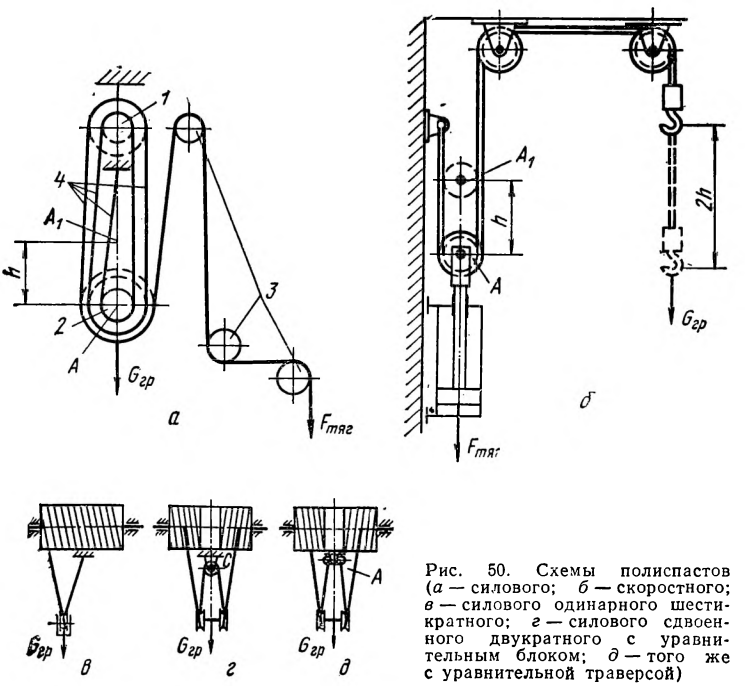


Рис. 50. Схемы полиспастов (*а* — силового; *б* — скоростного; *в* — силового одинарного шестикратного; *г* — силового сдвоенного двукратного с уравнительным блоком; *д* — того же с уравнительной траверсой)

Полиспасты применяют для подъема и перемещения грузов совместно с монтажными лебедками как самостоятельные устройства (такелажные средства) или в качестве сборочных единиц механизмов ГПМ. Так как вес поднимаемого полиспастом груза воспринимают одновременно несколько ветвей каната, поэтому к навиваемому на барабан лебедки концу каната необходимо прикладывать пропорционально меньшее усилие, за счет чего получается выигрыш в силе. Соответственно, проигрываем в расстоянии (скорости) и времени подъема груза. В основе работы полиспаста лежит «золотой» закон механики. В соответствии с этим законом полиспасты разделяют на: силовые (прямые) и скоростные (обратные). В силовом полиспасте груз подвешен к подвижному блоку, а тяговое усилие прилагают к свободной ветви гибкого органа, другой конец которого закреплен неподвижно (рис. 50, *а*). Применение силового полиспаста уменьшает усилие в ходовой ветви каната (навиваемой на барабан) и нагрузку на барабан лебедки (дает выигрыш в силе), а следовательно, и величину передаточного отношения механизма, его мощность, габариты, массу и стоимость. Именно этим объясняется широкое применение силовых полиспастов в ГПМ.

Скоростные полиспасты отличает от силовых приложение тягового усилия к подвижному блоку и крепление груза к свободному (не закрепленному) концу каната (цепи) — рис. 50, *б*. При проигрыше в силе такой полиспаст дает выигрыш в скорости, но требует более мощного привода, роль которого обычно выполняет силовой гидроцилиндр, например привод грузоподъемника универсального погрузчика (см. § 6, гл. XIII).

Основной характеристикой полиспаста является кратность — отношение скорости движения навиваемого на барабан лебедки каната к скорости подъема груза (веса поднимаемого груза к усилию в тяговой ветви каната) без учета дополнительных сил трения — т. е. выигрыш в силе (скорости). Очевидно, что у силового полиспаста вес груза воспринимают шесть ветвей каната, поэтому его кратность $a=6$ (рис. 50, *а*). Тогда без учета сил трения в подшипниках и изгибной жесткости гибкого органа $F_{тяг}=G_{гр}/a$, т. е. усилия в каждой ветви каната полиспаста равны. В действительности в силовом полиспасте с учетом действия сил сопротивления наименьшее усилие будет в неподвижной ветви каната, не огибающей ни одного канатного блока и не воспринимающей дополнительных сил. Наобо-

рот, наибольшее усилие будет в тяговой ветви каната, огибающей канатные блоки полиспаста. Величина указанного усилия складывается из суммы сил тяжести перемещаемого груза, трения в подшипниках всех канатных и отводных блоков и трения между элементами гибкого органа (изгибная жесткость каната), Н

$$F_{тяг} = G_{гр} \frac{1-\eta}{(1-\eta^a)\eta^n},$$

где η — к. п. д. одного блока; n — число отводных блоков, шт.

При подъеме подвижного блока на величину h (из положения A в положение A_1) на барабан лебедки необходимо навить $ah=6h$ метров каната (рис. 50, *а*). У двукратного скоростного полиспаста, наоборот, при опускании подвижного блока на величину h (из положения A_1 в положение A) груз будет поднят на высоту $ah=2h$ (рис. 50, *б*).

По исполнению различают простые (одинарные) и сдвоенные полиспасты. У одинарного полиспаста при навивании (свивании) каната на барабан лебедки за счет перемещения каната вдоль оси барабана изменяются нагрузки на опоры последнего (рис. 50, *в*). Кроме того, при отсутствии отводных блоков поднимаемый груз получает нежелательные горизонтальные перемещения. Для обеспечения строго вертикального подъема груза и постоянства нагрузок на опоры барабана применяют сдвоенные полиспасты с уравнительным блоком С или реже траверсой А, в которых оба конца каната закреплены на одном барабане и навиваются на него совместно (рис. 50, *г, д*). Указанные полиспасты получили распространение в механизмах подъема грузов кранов мостового типа, где их преимущества реализуются полностью.

Расчет сдвоенных полиспастов ведут аналогично одинарным, рассматривая одинарный полиспаст отдельно при воздействии на него половинной нагрузки. Кратность сдвоенного полиспаста выражают через кратность составляющих его одинарных полиспастов. При этом она равна числу ветвей каната, воспринимающих вес груза, деленному на число ветвей, навиваемых на барабан. Например, полиспаст на рис. 50, *д* — сдвоенный двукратный.

Пример. Определить усилие $F_{тяг}$ в тяговой ветви каната полиспаста, выполненного по схеме I (рис. 51, *а*), при подъеме груза весом $G_{гр}=200$ кН. Полиспастные блоки установлены на подшипниках качения, а отводные блоки — на подшипниках скольжения. Изгибной жесткостью каната пренебрегаем.

Решение. 1. Из анализа схемы I видно, что груз висит на семи ветвях каната ($a=7$) и направляют канат на барабан лебедки три отводных блока ($n=3$ шт).

2. Из курса «Детали машин» известно, что $\eta=0{,}98...0{,}99$ для подшипника качения и $\eta=0{,}96...0{,}97$ — для подшипника скольжения. Так как конструктивно каждый полиспастный блок установлен на двух подшипниках качения, то $\eta_{бл}=0{,}99^2=0{,}98$. Тогда

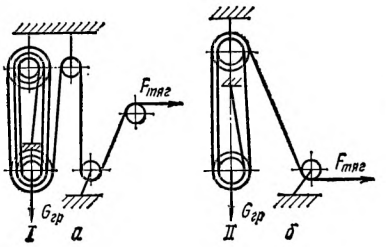


Рис. 51. Расчетные схемы силовых полиспастов (I — одинарного семикратного; II — одинарного четырехкратного)

$$F_{тяг}=G_{гр}\frac{1-\eta}{(1-\eta^a)\,\eta^n}=$$

$$=200\frac{1-0{,}98}{(1-0{,}98^7)\,0{,}96^3}=$$

$$=200\frac{0{,}02}{0{,}13\cdot 0{,}92}=33{,}4\ \text{кН}.$$

Пример. Определить массу груза, который можно поднять лебедкой с тяговым усилием $F_{тяг}=15$ кН при помощи полиспаста, выполненного по схеме II (рис. 51, *б*). Все блоки установлены на подшипники скольжения. Изгибной жесткостью каната пренебрегаем.

Решение. 1. Кратность полиспаста $a=4$, число отводных блоков — $n=1$ шт.

2. Так как $\eta=0{,}96...0{,}97$ для всех блоков, то

$$G_{гр}=\frac{F_{тяг}(1-\eta^a)\,\eta^n}{1-\eta}=\frac{15\,(1-0{,}96^4)\,0{,}96^1}{1-0{,}96}=\frac{15\cdot 0{,}15\cdot 0{,}96}{0{,}04}=54\ \text{кН},$$

тогда $m=\dfrac{G_{гр}}{g}=\dfrac{54}{10}=5{,}4$ т.

Пример. Рассчитать и выбрать канат монтажного полиспаста для подъема груза массой $m=146$ т, к. п. д. одного канатного блока $\eta=0{,}98$.

Решение. 1. Определяем вес поднимаемого груза

$$G_{гр}=mg=146\cdot 9{,}8=1430\ \text{кН}.$$

2. По ОСТ 36-54—81 подбираем обоймы блочные монтажные ОБМ-160-8 с тяговым усилием 1600 кН. Число канатных блоков $n=8$ шт., что обеспечивает кратность полиспаста $a=2n=16$.

3. Определяем рабочее усилие в тяговой ветви каната полиспаста

$$F=G_{гр}\frac{1-\eta}{1-\eta^a}=1430\frac{1-0{,}98}{1-0{,}98^{16}}=1430\cdot 0{,}0715=102\ \text{кН}.$$

4. Предварительно задаемся величиной соотношения $D/d_к>15$ и принимаем $k=3$. Расчетное разрывное усилие каната в целом $P=Fk=102\times\times 3=306$ кН.

5. По сортаменту на канаты выбираем Канат-25,6-Г-I-0-Н — 1568(160) ГОСТ 7668—80, разрывное усилие которого — 324 кН>306 кН.

6. Проверим принятую величину соотношения $D/d_к$. Диаметр канатного блока ОБМ 160-8 $D=405$ мм, тогда $D/d_к=\dfrac{405}{25{,}5}=15{,}9>15$,

т. е. $k \geqslant 3$ принято верно и диаметр каната — 25,5 мм определен правильно.

§ 2. Крановые полиспасты

Канатные силовые полиспасты применяют в механизмах подъема груза кранов всех типов и в механизмах изменения вылета стрелы в стреловых кранах с гибким подвесом стрелы. В качестве неподвижного блока в этом случае применяют набор канатных блоков *2*, установленных на

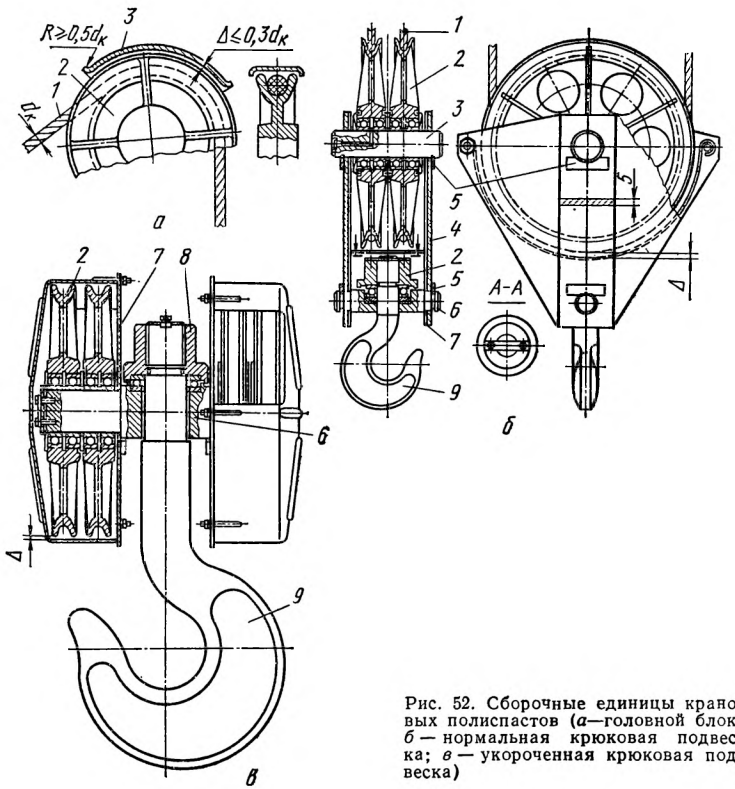


Рис. 52. Сборочные единицы крановых полиспастов (*а*—головной блок; *б* — нормальная крюковая подвеска; *в* — укороченная крюковая подвеска)

одной оси на оголовке стрелы крана (головные блоки) — рис. 52, *а*. Роль подвижного блока в этом случае выполняет крюковая подвеска (рис. 52, *б*, *в*).

Различают два типа крюковых подвесок: нормальные и укороченные. Нормальная крюковая подвеска состоит из канатных блоков *2* с подшипниками, установленных на

оси *3* и огибаемых канатом *1*. Ось *3* закреплена в двух щеках *4*, в нижней части которых смонтирована траверса *6*. Хвостовик крюка *9* проходит через отверстие в траверсе и закрепляется гайкой *8*, опирающейся на сферическую шайбу (при грузоподъемности до 3,2 т) или на упорный шарикоподшипник (при большей грузоподъемности). Во избежание самопроизвольного отвинчивания гайки ее необходимо зафиксировать стопорной планкой, закрепленной на торце хвостовика крюка и входящей в пазы гайки. Правила по кранам не допускают стопорение гайки посредством штифтов, шплинтов или стопорных болтов. Для фиксации оси *3* и траверсы *6* в осевом направлении служат стопорные планки *5*, прикрепляемые на болтах или при помощи сварки к щекам *4*. Указанные планки не препятствуют вращению траверсы с крюком относительно собственной оси в отверстиях щек, что обеспечивает удобство строповки груза.

С целью предотвращения выхода каната *1* из ручья блока последние защищены кожухом *3* (головные — рис. 52, *а*) и *7* (крюковая подвеска — рис. 52, *б*), изготовленным из листовой стали толщиной не менее 3 мм. Радиальный зазор между ребордами блока и кожухом не должен превышать размер $\Delta \leqslant 0{,}3d_к$. Кожухи крюковых подвесок имеют прорези для выхода каната, ширину и длину которых назначают такими, чтобы исключить трение каната о кожух в процессе работы ГПМ. Щеки нормальной крюковой подвески изготовляют из стали марки ВСт3 и рассчитывают на растяжение по формуле Лямэ в сечении, ослабленном отверстием под цапфы траверсы, МПа

$$\sigma = \frac{G_{гр}(R^2 + r^2)}{4sr(R^2 - r^2)} \leqslant [\sigma],$$

где s — толщина щеки, м; R — наружный радиус края щеки, м; r — радиус отверстия, м. При этом необходимо обеспечить коэффициент запаса прочности $n = 3...4$.

Траверсы изготовляют из сталей 40, 45 и рассчитывают на изгиб в среднем сечении, ослабленном отверстием под хвостовик крюка. Коэффициент запаса прочности принимают равным не менее 3. В конструкции укороченной подвески блоки размещены на цапфах траверсы, что позволяет уменьшить ее высоту и обеспечить большую высоту подъема груза, чем в случае нормальной подвески. Для обеспечения симметрии приложения нагрузки к укороченной подвеске последняя должна иметь четное число блоков, т. е. может быть применена только в полиспастах четной кратности.

§ 3. Монтажные блоки и обоймы

В соответствии с требованиями ОСТ 36-54—81 для составления монтажных полиспастов и канатно-блочных систем при производстве СМР применяют блоки монтажные (БМ) и обоймы блочные монтажные (ОБМ).

Блок монтажный состоит из одного канатного блока и служит, как правило, в качестве отводного блока для изменения направления движущейся ветви каната. Указанные блоки также применяют для составления двукратных полиспастов (рис. 53, *а*). По конструкции они идентичны нормальной крюковой подвеске двукратного кранового полиспаста. Обоймы блочные монтажные имеют от 2 до 13 канатных блоков* в зависимости от тягового усилия и кратности полиспаста. Очевидно, что классическая компоновка крановой крюковой подвески с креплением оси канатных блоков в двух щеках по схеме балки на двух опорах не рациональна для обойм блочных монтажных, поэтому новые конструкции обойм выполнены на многоопорной схеме. На многоопорной оси *1* на двух конических роликоподшипниках *2* установлены канатные блоки *3* (рис. 53, *б*). Ось *1* опирается на щеки *4* и перегородки *7*, расположенные между канатными блоками. Щеки и перегородки стянуты осью *1*, стержнями *8* и осью *9* крепления грузовой подвески *10*. Канатные блоки защищены кожухом *5*, а для крепления неподвижного конца каната полиспаста служит коуш *6*.

Обоймы с тяговым усилием до 1000 кН оснащают грузовой подвеской в виде разъемной серьги, а с большим тяговым усилием — подвеской специальной конструкции, имеющей канавку *12* под инвентарный канатный строп и вкладыш *13* под невитой полотенчатый строп. Также предусмотрено крепление на съемных пальцах *11* инвентарного бестросового захвата. Промышленность выпускает блоки монтажные тяговым усилием от 16 до 630 кН и обоймы блочные монтажные тяговым усилием от 100 до 6300 кН. Пример обозначения монтажного блока тяговым усилием 160 кН — БМ 16-1 ОСТ 36-54 — 81 и обоймы блочной монтажной тяговым усилием 6300 кН — ОБМ 630-13 ОСТ 36-54—81.

Отдельные конструкции отводных блоков старой конструкции имели одну откидную (на шарнире) щеку, что позволяет снять блок с подвижной ветви каната без распасовки полиспаста.

---

* На рис. 56, *б* в разрезе обоймы показаны лишь 4 блока.

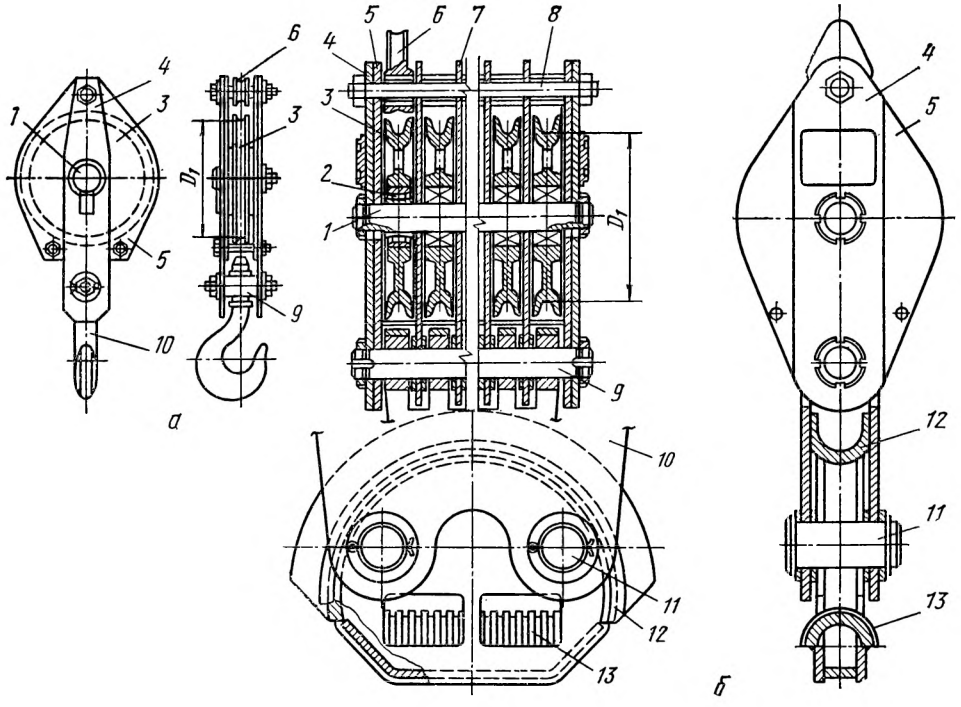


Рис. 53. Монтажные блоки и обоймы (*а* — отводной монтажный блок; *б* — обойма блочная монтажная)

Усилие, действующее на отводной блок, Н

$F_{бл} = 2F \cos \alpha/2$,

где F — усилие в подвижной ветви каната, Н; α — угол между ветвями каната, огибающими блок, рад (рис. 54).

Пример. Определить усилие $F_{бл}$, действующее на отводной блок, если усилие в тяговой ветви каната $F=28$ кН, а угол между ветвями каната, огибающими блок $\alpha = \frac{\pi}{3}$ рад.

Решение. 1. $\cos \frac{\pi}{3 \cdot 2}$ рад $= 0{,}866$.

2. $F_{бл} = 2 \cdot 28 \cdot 0{,}866 = 48{,}5$ кН.

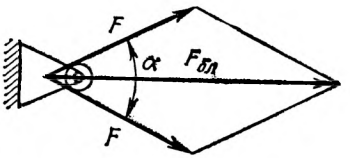


Рис. 54. Расчетная схема отводного блока

Принимаем блок монтажный БМ 5-1 тяговым усилием 50 кН.

Длина каната, необходимая для оснащения полиспаста, м

$L = a(H + \pi D_{бл}) + l + \pi D_{бар} n$,

где a — кратность полиспаста; H — наибольшая длина полиспаста в растянутом состоянии между осями канатных блоков, м; $D_{бл}$ — диаметр канатного блока, м; l — длина подвижной ветви каната от неподвижной (верхней) обоймы блочной монтажной до тяговой лебедки, м; $D_{бар}$ — диаметр барабана лебедки, м; n — число дополнительных витков каната на барабане, шт (см. § 1, гл. IV).

Пример. Рассчитать длину каната, требуемую для оснащения восьмикратного полиспаста ($a=8$) длиной $H=28$ м (в растянутом состоянии) при диаметрах: канатного блока $D_{бл}=0{,}32$ м, барабана лебедки $D_{бар}=0{,}4$ м и длине подвижной ветви каната $l=43$ м.

Решение.

1. $L = 8(28 + 3{,}14 \cdot 0{,}32) + 43 + 3{,}14 \cdot 0{,}4 \cdot 2 = 8 \cdot 29 + 43 + 2{,}52 = 277{,}52$ м.

Необходимо отметить, что длина каната полиспаста в значительной мере зависит от кратности последнего. Большая кратность (большое число канатных блоков) полиспаста позволяет применить канат меньшего диаметра и лебедку с меньшим тяговым усилием, но с большой канатоемкостью барабана. И наоборот, малая кратность полиспаста такого же тягового усилия требует применения большего диаметра каната и лебедки с большим тяговым усилием, но меньшей канатоемкости.

Конструкция ОБМ предусматривает возможность крепления неподвижной ветви каната к любому блоку полиспаста: неподвижному — при четной кратности последнего и подвижному — при нечетной кратности.

С точки зрения наиболее полного использования высоты подъема

груза применяемых такелажных средств большое значение имеет минимальная длина монтажного полиспаста в стянутом состоянии

$$L_{min} = l_{вобм} + l_{нобм} + l, \text{ м},$$

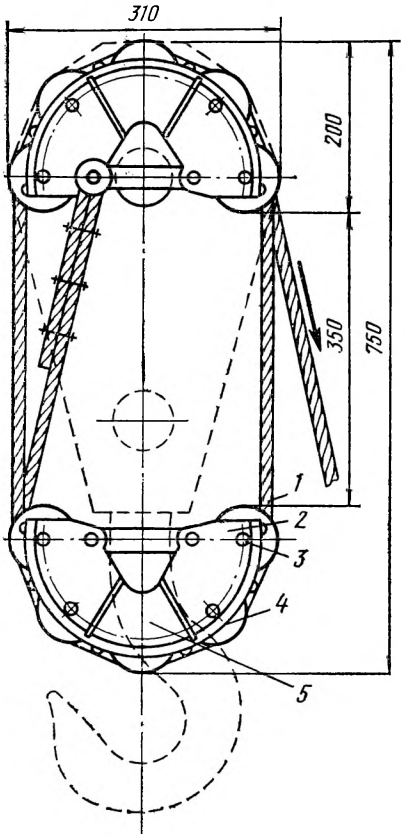


Рис. 55. Монтажный полиспаст конструкции ВНИИмонтажспецстроя (пунктиром показана традиционная обойма ОБМ50-5)

где $l_{вобм}$ и $l_{нобм}$ — собственная длина верхней и нижней обойм блочных монтажных, м; l — минимальное расстояние между обоймами, м. С учетом допустимых значений углов девиации каната (до 0,1 рад) длина монтажных полиспастов в стянутом состоянии составляет от 3 до 6 м в зависимости от тягового усилия.

С целью сокращения указанной длины монтажного полиспаста во ВНИИмонтажспецстрое разработана новая конструкция обойм блочных монтажных (рис. 55). Принципиальным отличием данной конструкции обойм является замена канатного блока расчетного диаметра D батареей роликов диаметром 40...50 мм. Ролики установлены по кривой и обеспечивают изгиб каната в обойме в соответствии с заданным соотношением $D/d_к$. В щеках *2* обойм на осях *3* посажены ролики *4*, огибаемые канатом *1*. Седловину *5* щек обоймы используют в качестве серьги для подъема перемещаемого груза. Такая конструкция обоймы обеспечивает расчетный срок службы каната при меньших собственных габаритах и массе полиспаста. Например, монтажный полиспаст тяговым усилием 500 кН, составленный из обойм ОБМ 50-5, имеет длину в стянутом состоянии 4020 мм и массу 1600 кг, тогда как такой же полиспаст из обойм новой конструкции имеет длину в стянутом состоянии 750 мм при массе 175 кг. Указанные обоймы блочные монтажные прошли опытную проверку в организациях Минмонтажспецстроя СССР и в настоящее время внедряются в практику производства СМР.

§ 4. Оптимальные схемы и правила запасовки канатов в полиспасты

В зависимости от тягового усилия и кратности монтажного полиспаста применяют различные схемы запасовки ка-

ната в полиспаст. На практике получила распространение наиболее простая спиральная схема запасовки, при которой все ветви каната в полиспасте параллельны друг другу (рис. 56, *а, б*). При этом неподвижную ветвь каната крепят к щеке обоймы рядом с первым канатным блоком,

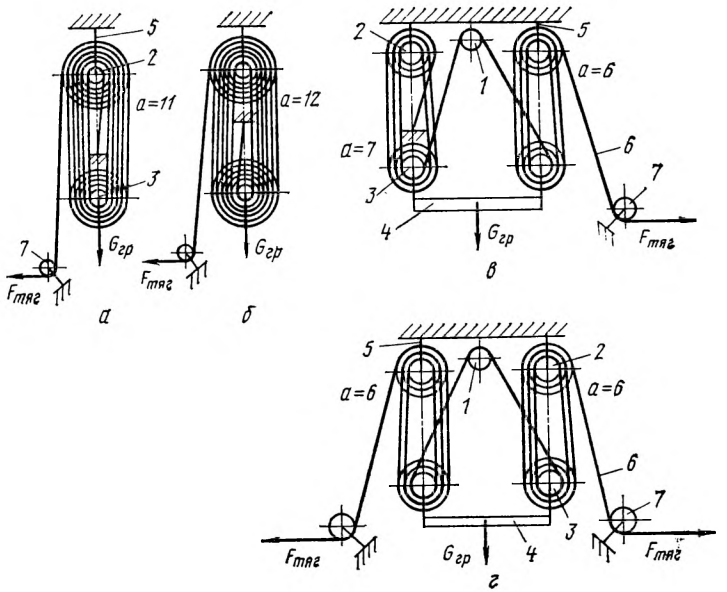


Рис. 56. Схемы спиральной запасовки монтажных полиспастов (*а* — одинарного одиннадцатикратного; *б* — одинарного двенадцатикратного; *в* — двух одинарных кратностью 7 и 6, работающих совместно; *г* — то же кратностью 6):
1 — уравнительный блок; *2* — неподвижная обойма; *3* — подвижная обойма; *4* — уравнительная траверса; *5* — подвеска неподвижной обоймы; *6* — ветвь каната; *7* — отводной блок

затем канат последовательно огибает соседние канатные блоки неподвижной и подвижной обойм, а подвижная ветвь каната сходит на барабан тяговой лебедки с последнего (крайнего) канатного блока неподвижной обоймы монтажного полиспаста. В случае отсутствия монтажных обойм требуемого тягового усилия применяют два работающих совместно одинарных полиспаста с приводом от одной или двух тяговых лебедок, схемы запасовки которых приведены на рис. 56, *в, г*. По первой схеме (рис. 56, *в*) неподвижную ветвь каната крепят на подвижной обойме левого полиспаста, а по второй схеме (рис. 56, *г*) неподвижной ветви нет и обе ветви направляют на барабаны тяговых лебедок. Наличие уравнительного блока *1*, вы-

равнивающего натяжение ветвей каната обоих полиспастов, обязательно.

При этом на практике не придают значения направлению запасовки каната в полиспаст. Однако следует помнить, что канат в полиспасте при переходе с одного канатного блока на другой изгибается и отклоняется от плоскости блока. Изгиб каната сопровождается поворотом (смещением) его поперечных сечений и ведет к возникновению кручения каната относительно продольной оси. При этом оказывается небезразличным сочетание направлений свивки элементов каната и его изгиба. Так, в зависимости от сочетания указанных направлений, угол свивки прядей в канате может при изгибе увеличиваться (канат закручивается), что положительно влияет на его структурную целостность, агрегатную прочность и срок службы, но увеличивает его изгибную жесткость. В противном случае угол свивки прядей уменьшается (канат раскручивается), что вызывает ослабление связей между элементами каната, снижение его агрегатной прочности и обусловливает возникновение различных структурных дефектов, например «фонарей», «жучков».

Нежелательное дополнительное кручение каната под нагрузкой не только затрудняет работу полиспаста, обусловливает ускоренное изнашивание каната, но и является причиной закручивания полиспаста, что особо опасно для многоветвевых канатных систем большой длины. Однако указанным явлением можно управлять. Поведение каната при изгибе можно проследить на простом опыте, поставленном автором. Канат правой свивки конструкции 6×19+1 о. с. диаметром 5,6 мм по ГОСТ 2688—80 удается свободно вручную согнуть в виток диаметром 45...50 мм (соотношение диаметров окружности витка и каната $D/d_к = 10$), идущий справа налево (рис. 57, *а*). При этом канат подкручивается в направлении свивки прядей, что регистрируется органолептически (ощущается пальцами экспериментатора). Тот же канат едва удается согнуть в виток диаметром до 300 мм (соотношение диаметров $D/d_к > 50$) противоположного направления — слева направо (рис. 57, *б*). В этом случае в канате возникает значительный по величине внутренний конструктивный крутящий момент, еще более явно ощущаемый пальцами экспериментатора. Указанный крутящий момент вызывает раскручивание каната и активно препятствует его изгибу, в результате чего при затягивании витка (уменьшение его диаметра) последний выходит из плоскости и расходится.

Поэтому при подборе конструкции стального каната для полиспастов необходимо отдавать предпочтение малокрутящимся стальным канатам и применять рациональные схемы спиральной запасовки, обеспечивающие дополнительное подкручивание канатов в процессе эксплуатации. Так, в случае запасовки в одинарный полиспаст канатов правой свивки необходимо обеспечить направление витков *справа налево* (рис. 58, *а*), а для канатов левой свивки —

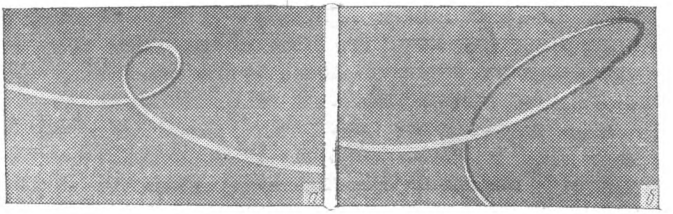


Рис. 57 Свободный изгиб каната правой свивки в виток (*а* — идущий справа влево; *б* — слева направо)

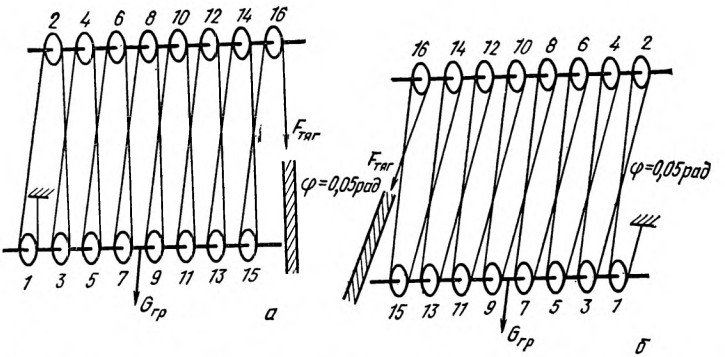


Рис. 58. Схемы спиральной запасовки в полиспаст каната (*а* — правой свивк *б* — левой свивки)

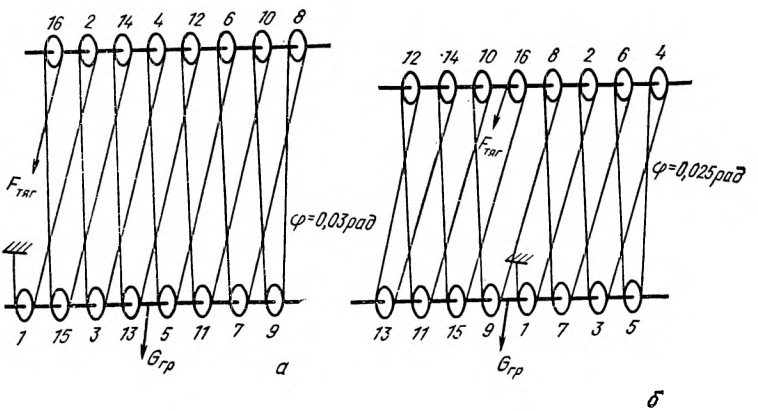


Рис. 59. Схема крестовой запасовки каната в полиспаст (*а* — подвижная ветвь каната сходит с крайнего канатного блока; *б* — то же со среднего блока)

слева направо (рис. 59, *б*). При запасовке канатов в сдвоенные полиспасты, в которых канат изменяет направление изгиба на уравнительном блоке, указанное требование оказывается не существенным.

Спиральная запасовка каната в полиспаст в силу неравномерности натяжения отдельных ветвей каната в нем не обеспечивает параллельность осей монтажных обойм (обусловливает их перекос) в процессе эксплуатации. При этом увеличиваются углы девиации со всеми нежелательными последствиями. Для устранения указанных недостатков применяют крестовую схему запасовки канатов, практически исключающую перекос осей обойм и закручивание монтажных полиспастов (рис. 59, *а*).

В случаях, когда конструкция обоймы предусматривает возможность крепления неподвижной ветви каната по середине обоймы, применяют схему запасовки, при которой подвижная ветвь каната сходит со среднего канатного блока (рис. 59, *б*). При этом направление свивки каната не влияет на работоспособность полиспаста и его не учитывают.

Запасовку каната в монтажный полиспаст выполняет бригада такелажников, обученных способам производства

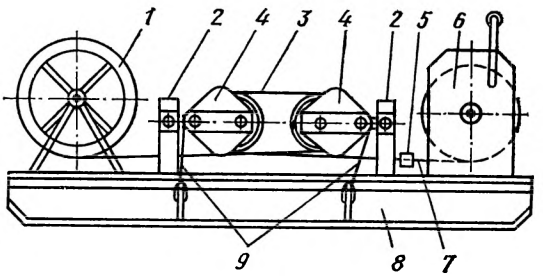


Рис. 60. Стенд для запасовки каната в полиспаст:
1 — барабан с канатом; *2* — траверса; *3* — основной канат; *4* — обойма блочная монтажная; *5* — соединительный зажим; *6* — вспомогательная лебедка; *7* — вспомогательный канат (легость); *8* — рама; *9* — крепление обоймы к раме

работ, знающих последовательность выполнения технологических операций и правила личной безопасности и обеспеченных исправным инструментом, приспособленными и необходимыми материалами. Существуют два способа запасовки каната при вертикальном и горизонтальном положениях полиспаста. По первому способу неподвижную обойму подвешивают к конструкции, а подвижную — укладывают на деревянный щит или сани на земле. При этом

запасовку каната выполняют на высоте, что более трудоемко и небезопасно. По второму способу обе обоймы располагают горизонтально на щитах. Целесообразно применять специальный стенд конструкции Гипронефтеспецмонтажа (рис. 60). Рекомендуемые расстояния между монтажными обоймами усилием до 1000 кН — 1,5...2 м; до 2800 кН — 2...3 м и до 6300 кН —5...6 м.

При запасовке канатов большого диаметра следует применять более гибкий вспомогательный стальной канат диаметром 5...8 мм или пеньковый канат, называемый *легостью*. Вспомогательный канат вручную запасовывают в канатные блоки обойм в соответствии с принятой схемой запасовки. Один конец легости соединяют с основным канатом полиспаста при помощи специального U-образного зажима (например, конструкции МакНИИ Минуглепрома СССР — рис. 61)

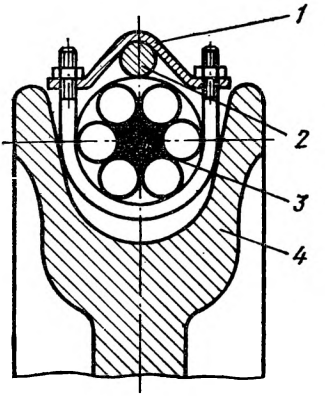


Рис. 61. Специальный U-образный зажим для соединения основного и вспомогательного канатов:
1 — зажим; *2* — вспомогательный канат; *3* — основной канат; *4* — канатный блок

или заплеткой (узлом), а другой крепят на барабане лебедки. Включением лебедки осуществляют запасовку основного каната в полиспаст. При этом, особое внимание обращают на проводку соединения концов канатов через ручьи канатных блоков. Скорость движения канатов должна быть минимальна. После запасовки каната в обоймы полиспаста легость отсоединяют, неподвижную ветвь каната крепят на монтажной обойме, а подвижную на барабане тяговой лебедки.

§ 5. Основные правила эксплуатации

Перед эксплуатацией каждый монтажный блок и обойма должны быть испытаны на проворачивание канатных блоков и шарнирно установленных грузовых подвесок вручную без нагрузки (на полный оборот в обе стороны). Не реже одного раза в год блоки и обоймы должны быть испытаны статически (с 25 % перегрузкой блока в рабочем положении в течение 10 мин) и динамически (с 10 % перегрузкой и вращением всех канатных блоков).

Каждый блок полиспаста должен иметь паспорт и бирку (табличку) на корпусе с указанием номинальной грузоподъемности (тягового усилия). Результаты всех испытаний заносят в паспорт. Все стопорные планки и стяжные гайки должны быть надежно закреплены. Щеки крюковых подвесок, монтажных блоков и обойм не должны иметь погнутостей, короблений и других дефектов.

Диаметр и конструкция применяемого стального каната должны строго соответствовать размерам канатного блока и типу монтажного блока (обоймы). При работе полиспаста канат не должен задевать за детали блоков (обойм) или элементы конструкций. Скорость движения канатов монтажных полиспастов не должна превышать 70 м/мин. При выборе типа грузовой подвески, устанавливаемой на подвижной обойме монтажного полиспаста, необходимо учитывать способ строповки груза (конструкцию канатного стропа: одно-, многоветвевой; полотенчатый, жесткий бестросовый захват и т. п.).

Развернутое (не в одной плоскости) положение канатных блоков неподвижной и подвижной обойм монтажного полиспаста недопустимо, так как ведет к ускоренному изнашиванию каната, закручиванию полиспаста и может привести к сходу каната с блока, т. е. аварийной ситуации. Отводной блок следует крепить таким образом, чтобы подвижная ветвь каната, идущая с барабана лебедки, не имела косого набегания на канатный блок монтажной обоймы. Вследствие кручения канатов (особенно большой длины) под действием растягивающей нагрузки полиспасты расчалок (оттяжек и вант), воспринимающие это кручение, также склонны к закручиванию. Во избежание возможного закручивания полиспаста к щеке подвижной обоймы крепят рычаг (вспомогательный канат), к которому подвешивают противовес (груз), создающий требуемый по величине крутящий момент (восстанавливающий) обратного направления (рис. 62, *б*).

При большой длине грузовых монтажных полиспастов вследствие неправильного выбора схемы, нарушения правил запасовки каната или применения несоответствующей конструкции последнего также возможно закручивание полиспаста. В этом случае к подвижной обойме полиспаста крепят вспомогательный канат, к другому концу которого, перекинутому через отводной блок, подвешивают груз (рис. 62, *а*). Отводной блок крепят к неподвижной металлоконструкции такелажного средства. Необходимые

массу груза и плечо рычага, т. е. величину восстанавливающего момента, подбирают опытным путем.

При спаренном приводе монтажного полиспаста, работающего от двух тяговых лебедок, необходимо предусмат-

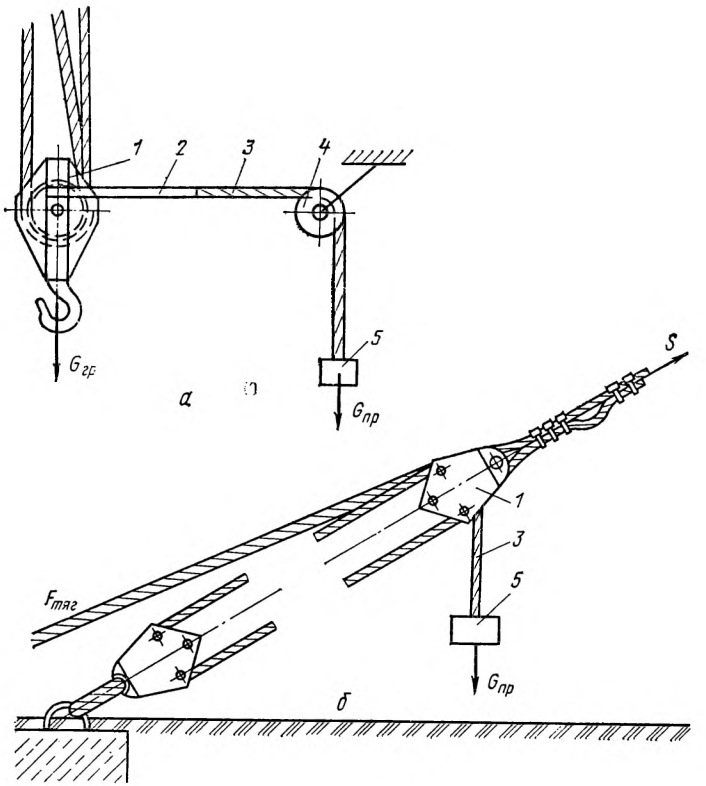


Рис. 62. Схемы для предотвращения закручивания полиспастов (*а* — подъемных; *б* — расчалок (оттяжек)):

1 — подвижная блочная обойма; *2* — рычаг; *3* — вспомогательный канат; *4* — отводной блок; *5* — противовес; $G_{пр}$ — вес противовеса

ривать уравнительное устройство, компенсирующее несинхронность движения двух тяговых ветвей каната.

Контрольные вопросы

1. Что такое полиспаст и на каком законе механики основана его работа? Что такое кратность полиспаста?
2. Как разделяют полиспасты и в чем состоят их особенности?

3. Каковы преимущества сдвоенных полиспастов и в каких ГПМ их применяют?

4. Как устроен и работает крановый полиспаст?

5. В чем состоит отличие монтажного блока от обоймы? Где их применяют?

6. Почему в конструкции блочных обойм применяют многоопорные оси?

7. В чем состоит отличие обойм с батареей роликов от обычных обойм? Какие преимущества обеспечивает такая конструкция?

8. Какие схемы запасовки канатов в полиспасты применяют и в каких случаях?

9. Как правильно выбрать направление запасовки каната в полиспаст в зависимости от направления свивки каната? С какой целью это делают? Выполните необходимые опыты.

10. Как выполняют запасовку каната в полиспаст?

11. Какие основные правила безопасной эксплуатации необходимо соблюдать при работе с полиспастом?

12. Чем опасно кручение каната полиспаста и какие меры принимают для устранения этого явления?

Глава VI
ПРИВОДЫ И МЕХАНИЗМЫ МАШИН

§ 1. Общие сведения о приводах

Приводом называют агрегат для приведения в действие механизмов и машин. Как правило, он состоит из двигателя (источника энергии), передачи, системы управления и вспомогательных устройств. Двигатель — машина, преобразующая какой-либо определенный вид энергии в механическую. Передача — устройство для преобразования механической энергии двигателя в форму, удобную для применения в исполнительном механизме. Различают передачи механические, электрические, гидравлические, пневматические и комбинированные. Поэтому так же классифицируют и приводы современных машин.

Очевидно, что быстро вращающийся вал двигателя внутреннего сгорания (ДВС) не может быть непосредственно использован (без промежуточной передачи) для обеспечения медленного перемещения, например стрелы крана. Такое перемещение обеспечивают передачи в механизме изменения вылета стрелы. В механической передаче движение передается и преобразуется посредством взаимодействия твердых тел (деталей); в электрической — посредством электрического тока; в гидравлической передаче рабочим телом, передающим энергию, является жидкость, а в пневматической — сжатый воздух. Каждая

передача имеет входное (ведущее, соединенное с валом двигателя) и выходное (ведомое, соединенное с потребителем энергии — рабочим органом) звенья. Помимо преобразования энергии любая передача изменяет скорость и направление движения, а следовательно, крутящий момент или усилие на выходном звене. Внешние характеристики передачи характеризуют аналитические и графические зависимости. Применяя сочетания разных двигателей и передач, получают приводы с различными характеристиками.

В зависимости от назначения, типа, области применения и характера работы машины ее механизмы имеют различные приводы: ручной и машинный.

§ 2. Ручной привод

Наиболее простой и издавна известный ручной привод применяют в простых механизмах и машинах малой грузоподъемности, работающих в ненапряженном режиме с малыми скоростями, а также в механизмах вспомогательного назначения. Ручным приводом могут быть оснащены прак-

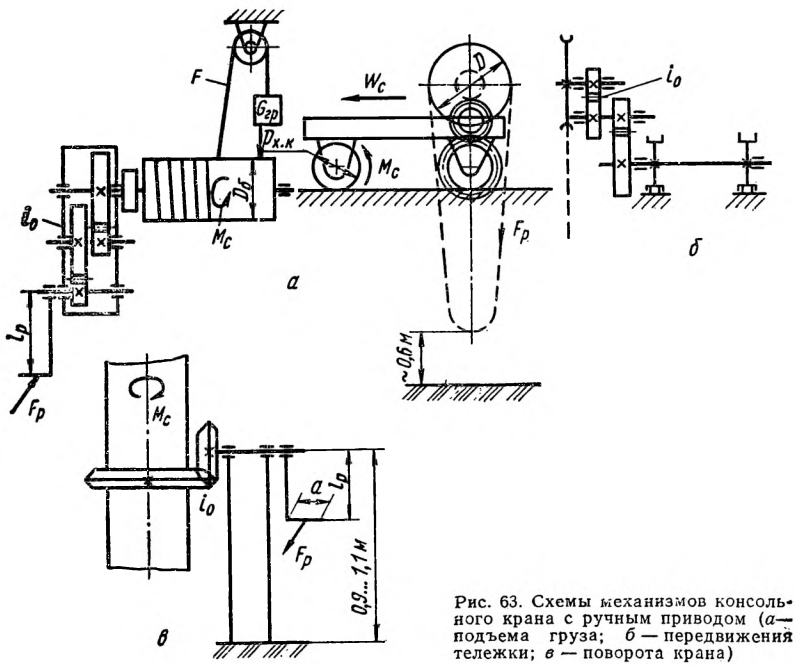


Рис. 63. Схемы механизмов консольного крана с ручным приводом (*а* — подъема груза; *б* — передвижения тележки; *в* — поворота крана)

тически все виды механизмов ГПМ. При этом расчетные зависимости для них однотипны.

В качестве приводного элемента в механизмах с ручным приводом применяют рукоятки (рис. 63, *а, в*) или тяговые колеса, представляющие собой цепной блок, охватываемый бесконечной сварной калиброванной цепью (в случае, когда механизм расположен на высоте) — рис. 63, *б*.

Простой механизм подъема груза состоит из барабана, на который навивается канат с подвешенным к нему грузом весом $G_{гр}$ (Н), редуктора с общим передаточным отношением $i_0 = i_1 i_2$ и приводной рукоятки, к которой рабочий прикладывает усилие $F_р$ (Н). На приводном валу с одной рукояткой одновременно могут работать один или два рабочих; на валу с двумя рукоятками — два или четыре, а с цепью тягового колеса — не более трех рабочих. При радиусе рукоятки (тягового колеса), равном $l_р$ (м), крутящий момент на валу рукоятки (колеса)

$$M_{кр} = \varphi n F_р l_р,$$

где n — число рабочих, чел.; φ — коэффициент, учитывающий неравномерность приложения усилий при совместной работе нескольких рабочих ($\varphi = 0{,}8$ — при двух, $\varphi = 0{,}75$ — при трех и $\varphi = 0{,}7$ — при четырех рабочих).

Момент сопротивления на валу барабана от веса груза

$$M_с = F D_б / 2,$$

где F — усилие в тяговом органе (канате), Н; $D_б$ — диаметр барабана, м.

При расчете ручного привода механизма передвижения момент сопротивления на валу приводного ходового колеса тележки

$$M_с = W_с D_{х.к} / 2,$$

где $W_с$ — сопротивление передвижению тележки; Н; $D_{х.к}$ — диаметр ходового колеса, м.

Соответственно, для механизма поворота крана

$$M_с = \Sigma M_{сi},$$

где $\Sigma M_{сi}$ — суммарный момент сопротивления вращению в опорах поворотной части крана относительно оси его вращения от вертикальных и горизонтальных реакций в опорах, Н·м.

При этом общее передаточное число механизма между входным (приводным) и выходным валами

$$i_0 = M_с / M_{кр} \eta,$$

где η — к. п. д. передачи. Инерционные нагрузки вследствие их незначительности при расчете ручного привода как правило не учитывают. В зависимости от продолжительности работы усилие $F_р$ и окружная скорость вращения рукоятки (тягового колеса) изменяются и не должны превышать рекомендуемых в табл. 15 значений. Указанные

Таблица 15. **Средние значения усилий и окружных скоростей**

Режим работы	Рукоятка		Тяговое колесо	
	усилие, Н	окружная скорость, м/с	усилие, Н	окружная скорость, м/с
Непрерывный в течение 6...8 ч	80...100	0,9...1,2	120...160	0,6...0,8
Периодический в течение 6...8 ч	150...160	0,7...0,8	180...200	0,5.. 0,6
Кратковременный (продолжительность до 5 мин)	до 200	0,5...0,6	300...400	0,3...0,4
Весьма кратковременный (рывок)	до 300	0,3...0,4	до 800	0,1...0,2

предельные значения усилий на рукоятких приводов механизмов с ручным приводом согласованы с ВЦСПС. Наибольшее усилие рабочего на цепи тягового колеса при рывке может быть создано за счет использования веса рабочего. Для удобства работы и обеспечения безопасности плечо (радиус вращения) рукоятки не должно превышать 400 мм. Длину ручки рукоятки a принимают равной 300...350 мм при работе одного рабочего и 450...500 мм при совместной работе двух рабочих. Приводной вал обычно располагают на высоте 900...1100 мм от уровня основания. Длина качающейся рукоятки, например домкрата, должна быть не более 800 мм. Две рукоятки на одном валу располагают со смещением под углом $2\pi/3$ рад или π рад друг относительно друга.

В качестве тяговой цепи применяют сварные круглозвенные цепи, изготовленные из прутка диаметром 5...6 мм. Тяговое колесо диаметром D (300...1000 мм) имеет направляющие, исключающие спадание цепи. Нижняя часть петли цепи должна находиться на высоте примерно 0,6 м от опорной поверхности. При расчете деталей ручного привода на прочность максимальное усилие на рукоятке принимают равным номинальному весу рабочего — 800 Н, а на тяговой цепи — 1200 Н.

§ 3. Машинный привод

По типу передачи машинный привод подразделяют на механический, электрический, гидравлический, пневматический и комбинированный. Как правило механический привод — одномоторный. При этом все механизмы крана получают крутящий момент от двигателя внутреннего сгорания (ДВС) посредством зубчатых передач. Следует отметить, что по мере развития техники механический привод был первым, заменившим ручной (паровая машина). ДВС относят к тепловым машинам, преобразующим тепловую энергию, выделявшуюся при сгорании горючей смеси (пары и мельчайшие капельки топлива, смешанные со строго определенным количеством воздуха), в механическую. Резкое повышение температуры при сгорании горючей смеси вызывает увеличение давления продуктов сгорания, воздействующее на поршень. Прямолинейное возвратно-поступательное движение поршня кривошипно-шатунный механизм преобразует во вращательное движение коленчатого вала двигателя.

В зависимости от происходящего в них процесса ДВС разделяют на карбюраторные, работающие на бензине, и дизельные — на тяжелом топливе. Рабочий цикл ДВС представляет собой совокупность периодически повторяющихся процессов, которые непрерывно совершаются в цилиндре работающего двигателя. Цикл состоит из процессов впуска, сжатия, рабочего хода (сгорание и расширение) и выпуска. Часть цикла, совершаемая за один ход поршня, называется тактом. Если рабочий цикл совершается в течение двух ходов поршня (один оборот коленчатого вала), то цикл называют двухтактным, а если за четыре хода поршня (два оборота коленчатого вала), то четырехтактным. Соответствующим образом разделяют и сами ДВС. Почти все двигатели современных машин работают по четырехтактному циклу и имеют 2, 4, 6, 8 или 12 цилиндров. В зависимости от расположения цилиндров в блоке различают рядные и U-образные двигатели.

Рабочий процесс в цилиндре четырехтактного карбюраторного двигателя происходит следующим образом (рис. 64).

I такт — впуск. Поршень движется вниз от верхней мертвой точки (в. м. т.) к нижней (н. м. т.) при открытом впускном и закрытом выпускном клапанах. При этом под действием разряжения из карбюратора в цилиндр поступает горючая смесь. В конце такта впускной клапан закрывается.

II такт — сжатие. Поршень движется вверх от н. м. т. к в. м. т. Так как оба клапана закрыты, рабочая смесь сжимается и занимает объем, равный объему камеры сгорания.

III такт — рабочий ход. В конце такта сжатия между электродами свечи проскакивает электрическая искра, воспламеняющая сжатую рабочую смесь. Смесь быстро сгорает, в результате чего резко повышается температура газов (продуктов сгорания) до 1800 °С и увеличивается давление в цилиндре до 4 МПа. В результате поршень принудительно движется вниз, передавая через кривошипно-шатунный механизм давле-

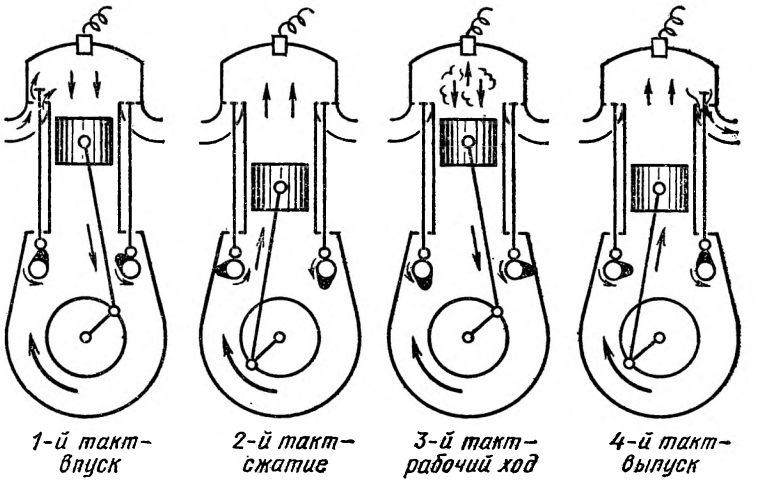


Рис. 64. Схема рабочего процесса в цилиндре четырехтактного карбюраторного ДВС

ние газов на коленчатый вал двигателя, т. е. совершает механическую работу. Давление газов при расширении уменьшается, достигая 0,3... ...0,5 МПа в конце такта.

IV такт — выпуск. Выпускной клапан открыт, а впускной закрыт. Отработавшие газы под избыточным давлением, а затем под давлением, создаваемым движущимся вверх (к в. м. т.) поршнем, выбрасываются в атмосферу. В в. м. т. выпускной клапан закрывается и повторяется новый рабочий цикл.

В рассмотренном рабочем цикле в течение двух оборотов коленчатого вала двигателя только один такт III (рабочий ход поршня) является полезным. Для совершения трех остальных подготовительных тактов (I, II и IV) необходимо затратить определенную энергию. Так как двигатель обычно имеет не менее четырех цилиндров, то каждый его такт является рабочим (полезным). Кроме того, часть энергии, накапливаемой маховиком двигателя при расширении газов, расходуется на вращение коленчатого вала в промежутках между воспламенением рабочей смеси. Маховик также уменьшает неравномерность вращения вала двигателя. Очевидно, что чем больше число цилиндров в двигателе, тем более равномерно вращается коленчатый вал ДВС, а сам двигатель развивает большую мощность и реализует больший крутящий момент на валу.

Преимуществами ДВС являются автономность, относительно небольшие габариты и масса силовой установки, высокие к. п. д. и экономичность в эксплуатации, возмож-

ность регулирования рабочей скорости механизма в широких пределах. К недостаткам привода следует отнести невозможность пуска ДВС под нагрузкой, что обусловливает необходимость установки управляемой фрикционной муфты (сцепления) для отключения механизма при пуске двигателя; нереверсивность двигателя, что приводит к необходимости применения сложных дополнительных механических передач; малые пусковые моменты на валу ДВС и невозможность работы со значительными перегрузками, требующие установки двигателей повышенной мощности, и необходимость установки большого количества трансмиссионных валов и дополнительных фрикционных муфт для передачи крутящих моментов к механизмам, что существенным образом усложняет кинематическую схему, компоновку машины в целом и ее эксплуатацию.

§ 4. Электрический привод

Наиболее широкое применение в современных ГПМ получил электрический привод механизмов.

В отличие от механического электрический привод имеет следующие преимущества: индивидуальный привод каждого механизма ГПМ, что существенно упрощает конструкцию и эксплуатацию машины; высокая экономичность; возможность регулирования рабочих скоростей в широком диапазоне и простое реверсирование механизмов; простота конструкции, высокая надежность и безопасность эксплуатации; возможность работы со значительными кратковременными перегрузками.

К недостаткам привода следует отнести его неавтономность, в результате чего ГПМ требует подключения к общей промышленной электросети или применения специальных энергетических установок.

В современных ГПМ применяют крановые и металлургические асинхронные двигатели переменного тока исполнения МТ — с фазным или МТК — с короткозамкнутым ротором, реже специальные крановые и металлургические двигатели постоянного тока серии Д и общепромышленного типа серии 2П. Асинхронные двигатели трехфазного переменного тока имеют обозначение серий, состоящее из букв и цифр. Первые буквы обозначают исполнение двигателя, а последняя — класс нагревостойкости изоляции. ГОСТ 185—70 предусматривает выпуск крановых двигателей с нагревостойкой изоляцией класса F с допускаемой температурой 155 °С и класса Н — до 180 °С. Первая циф-

ра трехзначного числа характеризует размер наружного диаметра статорных листов, вторая цифра указывает модернизацию двигателя и третья — длину сердечника статора двигателя. Последняя цифра, стоящая после тире, обозначает число полюсов статора двигателя. Например, маркировка МТ*F* 312-6 обозначает крановый электродвигатель с фазным ротором с классом нагревостойкости изоляции *F* (температура до 155 °С) 3-ей величины, модернизированный, 2-ой длины, шестиполюсный. Отечественная промышленность выпускает крановые электродвигатели мощностью 1,2...30 кВт при частоте вращения ротора 11...1,6 $с^{-1}$ и массе 51...345 кг и металлургические двигатели мощностью 2,5...200 кВт при частоте вращения ротора 9,4...16,1 $с^{-1}$ и массе 76...1900 кг. Для применения двигателей постоянного тока необходимы специальные устройства, преобразующие промышленный переменный ток в постоянный, поэтому широкого распространения они не получили.

Асинхронные двигатели переменного тока с короткозамкнутым ротором просты по конструкции, надежны в эксплуатации и имеют небольшую стоимость. Их применяют в тех случаях, когда не требуется электрическое регулирование скорости рабочего органа, например, для привода электроталей, однобалочных мостовых кранов и других тихоходных механизмов простых ГПМ. В сравнении с двигателями с короткозамкнутым ротором асинхронные двигатели с фазным ротором позволяют регулировать скорость рабочего органа, но имеют несколько большие габариты, массу и стоимость. Поэтому их применяют при более напряженном режиме работы для привода механизмов большинства ГПМ.

§ 5. Гидравлический привод

Гидравлический привод основан на преобразовании механической энергии двигателя в энергию потока движущейся жидкости (рабочего тела). По виду применяемых передач разделяют объемный и динамический гидроприводы. Объемный гидропривод преобразует движение в результате перемещения объема жидкости в замкнутом пространстве. Принцип действия такой передачи удобно рассмотреть на примере простейшей гидросистемы — гидродомкрата (см. § 2, гл. VIII). Аналогичным образом выполнены и работают исполнительные силовые гидроцилиндры современных машин (рис. 65), при этом подачу рабочей жидкости осуществляет гидронасос, а регулирование скорости

поршня производят гидродросселем, изменяющим количество рабочей жидкости, подаваемой насосом в единицу времени.

Гидроцилиндр — это гидродвигатель с возвратно-поступательным движением подвижных звеньев одно- и двусто-

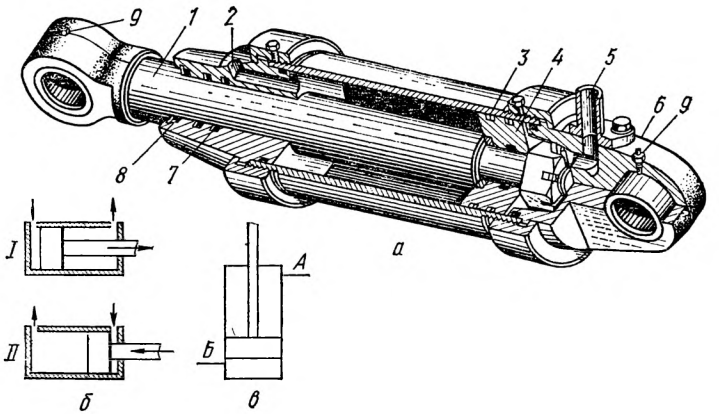


Рис. 65. Силовой гидроцилиндр:
а — общий вид; *б* — схема работы; *в* — обозначение на схемах; *1* — шток; *2*, *6* — крышки; *3* — цилиндр (труба); *4* — поршень; *5* — штуцер; *7*, *8* — уплотнительные манжеты; *9* — пресс-масленка

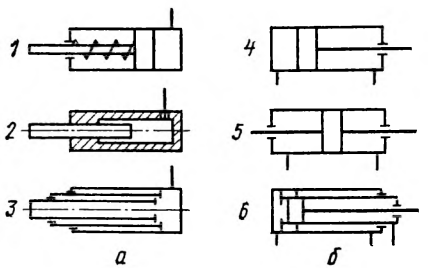


Рис. 66. Схемы силовых гидроцилиндров одно- (*а*) и двустороннего (*б*) действия

роннего действия. Гидроцилиндры одностороннего действия подразделяют на поршневые *1*, плунжерные *2* и плунжерные телескопические *3* (рис. 66, *а*). В этих цилиндрах поршень (плунжер) под действием рабочей жидкости движется только в одном направлении (рабочий ход), а в обратном направлении — под действием возвратной пружины или внешних сил.

В отличие от них в гидроцилиндрах двустороннего действия поршень движется в обоих направлениях под дейст-

вием рабочей жидкости. При этом гидроцилиндры могут быть с одно- (*4*) и двусторонним *5* штоком или телескопические *6* (рис. 66, *б*). Внутренний диаметр цилиндра, диаметр штока, ход поршня и рабочее давление жидкости, определяющие эксплуатационные параметры гидроцилиндра, регламентированы требованиями ГОСТ 6540—68. В подъемных и транспортных машинах наибольшее распространение получили гидроцилиндры двустороннего действия с односторонним штоком.

Гидроцилиндр представляет собой гильзу *3* (трубу) со шлифованной внутренней поверхностью, внутри которой перемещается поршень *4*, снабженный резиновыми манжетными уплотнениями (аналогичными *7*, *8*), предотвращающими утечку жидкости из полостей цилиндра, разделенных поршнем. Давление рабочей жидкости воспринимает поршень и передает его на шток *1*, также уплотненный манжетами. С обеих сторон гильза закрыта крышками *2* и *6* с отверстиями под штуцеры *5*, через которые подают рабочую жидкость. Первая крышка имеет осевое отверстие для выхода штока. Для крепления к деталям механизма на торце цилиндра и головке штока имеются проушины, снабженные подшипниками трения со сферическими вкладышами.

Длинноходовые гидроцилиндры (ход поршня 6 м и более), предназначенные для выдвижения секций телескопических стрел кранов, конструктивно выполнены иначе. Корпус гидроцилиндра крепят при помощи цапф *22*, расположенных на крышке *10* (рис. 67). Рабочую жидкость в подпоршневое пространство цилиндра подают через канал А в крышке *16* штока *24* и находящуюся внутри него трубу *23*. В штоковую полость цилиндра рабочую жидкость подают через канал Б в той же крышке и полый шток *24*. Для уменьшения скорости движения штока в конце хода применен демпфер *7*.

В объемных гидроприводах современных машин широко применяют аксиально-поршневые и шестеренные насосы, реже — пластинчатые (рис. 68). Вал *1* насоса вращается в подшипниках, установленных в корпусе. Во фланце вала закреплены сферические головки шатунов *2* и центрального шипа *6*. При вращении вала шатуны, связанные с поршнями *3*, приводят во вращение блок цилиндров *4* относительно неподвижного распределителя (корпуса). При повороте блока на π рад поршень перемещается на величину h и вытесняет находящуюся под ним жидкость в гидролинию нагнетания насоса. В то же время диаметрально рас-

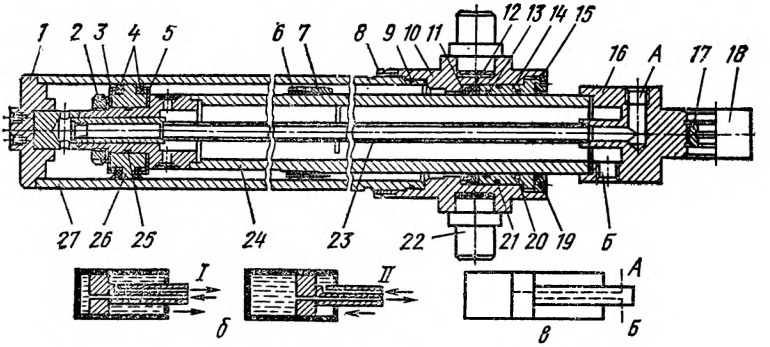


Рис. 67. Длинноходовой силовой гидроцилиндр (*а*), схема работы (*б*) и обозначение на схемах (*в*):

1 — выдвижение штока; *II* — втягивание штока; *1, 10, 15, 16* — крышки; *2, 6* — гайки; *3, 5, 11* — манжетодержатели; *4, 12* — уплотнительные манжеты; *7* — демпфер; *8* — контргайка; *9, 13, 20, 21, 25* — резиновые кольца; *14* — направляющая втулка; *17* — подшипник; *18* — проушина; *19* — грязесъемник; *22* — цапфа; *23* — труба; *24* — шток; *26* — поршень; *27* — цилиндр

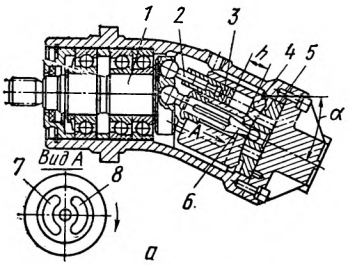
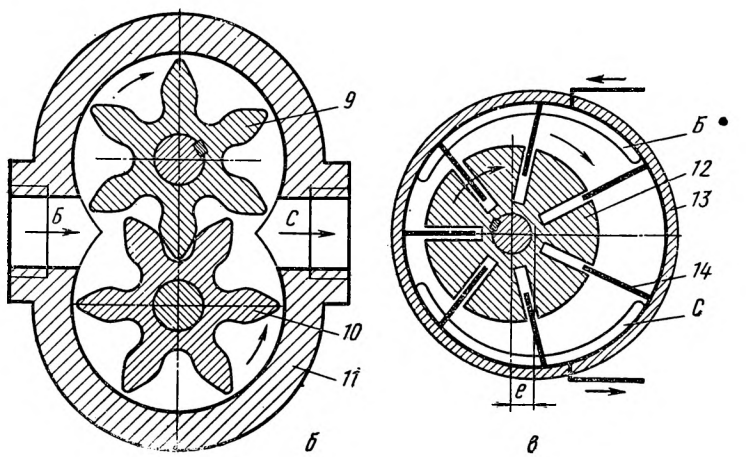


Рис. 68. Гидронасосы:

а — аксиально-поршневой; *б* — шестеренный; *в* — пластинчатый; номера позиций 1...8 приведены по тексту; *9, 10* — шестерни; *11, 13* — корпус; *12* — ротор; *14* — лопатки (пластины); α — угол наклона блока; *Б* — полость всасывания; *С* — полость нагнетания; ε — эксцентриситет установки ротора в корпусе (стрелками показаны направления движения рабочей жидкости и вращения деталей)



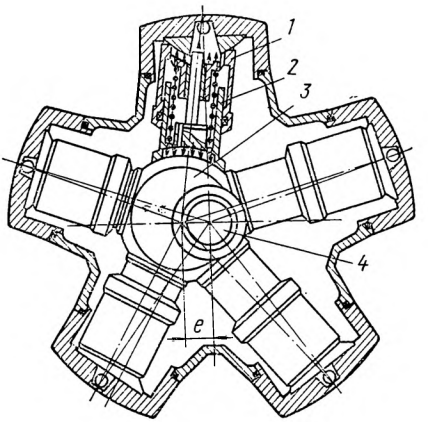


Рис. 69. Одноходовой тихоходный гидромотор:
1 — цилиндр; *2* — поршень; *3* — эксцентрик (эксцентриситет — ε); *4* — вал

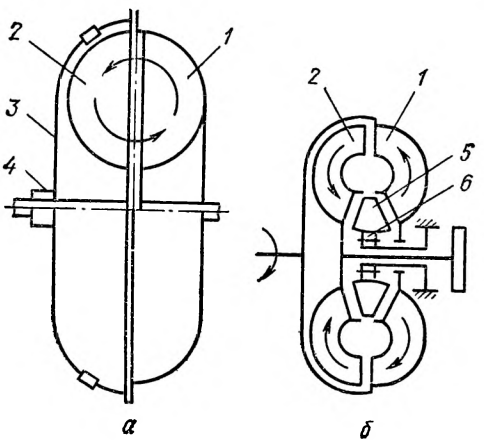


Рис. 70. Гидродинамическая передача:
а — муфта; *б* — трансформатор; *1* — насосное (ведущее) колесо; *2* — турбинное (ведомое) колесо; *3* — корпус; *4* — уплотняющее устройство; *5* — лопастное колесо (реактор); *6* — обгонная муфта

положенный от него поршень производит всасывание рабочей жидкости. В процессе работы гидронасоса полости цилиндров через С-образные окна *7* и *8* в корпусе распределителя *5* поочередно соединяются с линиями всасывания и нагнетания, производя необходимую работу. Как правило, насосы выполняют в обратимом варианте, что позволяет применять их в качестве гидромоторов, поэтому обычно их называют гидромашинами.

Для создания больших крутящих моментов при малых частотах вращения выходного звена созданы специальные высокомоментные (тихоходные) гидромоторы (рис. 69), конструктивно значительно более сложные, чем обычные быстроходные.

Применение высокомоментных гидромоторов в гидроприводах механизмов ГПМ позволяет передавать крутящий момент непосредственно с вала гидродвигателя на вал рабочего органа и тем самым исключить применение габаритных, тяжелых и дорогих промежуточных передач.

В отличие от объемной гидродинамическая передача использует энергию быстродвижущегося потока жидкости, поэтому в ней используют не объемные насосы, а лопастные колеса (центробежный насос и турбину). При вращении центробежного насоса поток жидкости при малом давлении воздействует на лопасти турбины, приводя ее во вращение. Простейшей гидродинамической передачей является гидродинамическая муфта (рис. 70, *а*), осуществляющая не жесткую связь между ведущим и ведомым звеньями передачи. Поэтому гидромуфты применяют для снижения динамических нагрузок на двигатель и рабочий орган машины, а также в качестве предохранительной муфты предельного момента. Кроме того, гидромуфта позволяет запускать ДВС без отключения трансмиссии, так как в период запуска передаваемый муфтой крутящий момент мал (его величина зависит от квадрата угловой скорости входного звена).

Как и гидромуфта гидродинамический трансформатор имеет насосное и турбинное колеса и дополнительное лопастное колесо (реактор), что существенно расширяет его возможности (рис. 70, *б*). Так, при малых нагрузках реактор, установленный на обгонной муфте, будет свободно вращаться под действием потока жидкости, не воспринимая крутящий момент. При этом передача работает как гидромуфта. При больших нагрузках на выходном валу гидротрансформатор работает в режиме редуктора, уменьшая частоту вращения выходного вала и соответственно увеличивая крутящий момент на нем. При этом изменение параметров происходит автоматически и бесступенчато.

Для направления потока рабочей жидкости от гидронасоса к исполнительным механизмам применяют двух- и трехпозиционные гидрораспределители с запорно-регулирующими элементами золотникового типа. В процессе эксплуатации золотниковые устройства изнашиваются, что ведет к утечке рабочей жидкости через увеличившиеся зазоры между сопряженными деталями. При работе механизма гидронасос компенсирует утечку рабочей жидкости. С целью исключения самопроизвольного перемещения поршня в цилиндре, находящимся под нагрузкой, при выключенном насосе (механизм не работает) в линию питания включают гидрозамок, обеспечивающий свободное про-

хождение рабочей жидкости только в одном требуемом направлении.

Гидрозамок состоит из корпуса *1* и крышки *2*, в которой размещен поршень *3*, воздействующий на шток *4* (рис. 71). Для осуществления рабочего хода гидроцилиндра гидрораспределитель подает рабочую жидкость в канал А, при

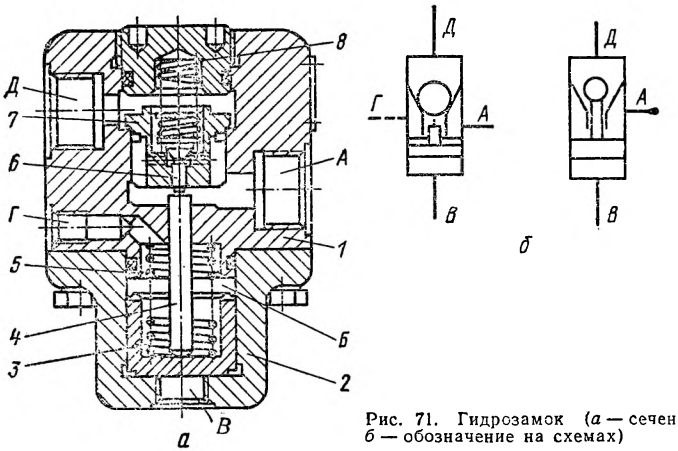


Рис. 71. Гидрозамок (*а* — сечение, *б* — обозначение на схемах)

этом запорный элемент *7*, преодолевая силу сжатия пружины *8*, поднимается и пропускает жидкость в канал Д и далее в гидроцилиндр. Для осуществления обратного хода жидкость под давлением подают в канал В. Поршень *3*, перемещаясь вверх, сжимает пружину *5* и через шток *4* воздействует на клапан *6*, расположенный в запорном элементе *7*. При этом клапан *6* открывается и выравнивает давления в каналах Д и А, после чего для открывания запорного элемента *7* требуется небольшое усилие. Когда гидропривод выключен, давление рабочей жидкости в канале Д и сила сжатия пружины *8* прижимают запорный элемент *7* к седлу клапана, надежно предохраняя гидроцилиндр от утечек рабочей жидкости.

С целью защиты механизмов машины и элементов гидропривода от перегрузок в напорные линии включают предохранительные гидроклапаны, ограничивающие повышение рабочего давления жидкости более допустимого предела. Для очистки рабочей жидкости от различных примесей в гидролинии встраивают магистральные, а в баки — встроенные фильтры, характеризуемые тонкостью фильтрации (размером задерживаемых фильтром частиц).

Гидропривод обладает следующими преимуществами: малые габариты и масса объемной гидропередачи при высоких крутящих моментах и передаваемой мощности; высокая перегрузочная способность по моменту и мощности; плавное реверсирование и бесступенчатое регулирование скоростей рабочих движений в широких пределах; автоматическое предохранение машины и гидроприводов от перегрузок; одновременный подвод энергии к нескольким механизмам; устойчивость работы при высоких скоростных режимах; высокая износостойкость деталей; возможность осуществления дистанционного управления и автоматизации рабочего процесса, достигаемые простыми средствами. Гидрофицированные механизмы могут работать при постоянном включении и постоянной частоте вращения ротора электродвигателя, что позволяет применять наиболее простые, надежные и дешевые электродвигатели с короткозамкнутым ротором.

Наиболее целесообразно применение гидропривода в механизмах подъема груза кранов, предназначенных для производства монтажных работ, так как обеспечивает широкий диапазон изменения рабочих скоростей, включая низкие (посадочные) скорости и плавный разгон механизма при перемещении тяжелых грузов. Номинальное рабочее давление жидкости в гидроприводах 10...16 МПа, максимальное — 20...25 МПа.

Применение гидродинамических передач в транспортных машинах позволяет более полно использовать мощность ДВС и сократить число механических передач, которые необходимо переключать в процессе эксплуатации. Вместе с тем, при более плавном увеличении крутящего момента на ведущих колесах машины и автоматическом его изменении в широком диапазоне (в пределах одной ступени механической передачи) обеспечивается надежное сцепление колес с поверхностью дороги и соответственно улучшаются проходимость машины и ее эксплуатационные свойства.

К недостаткам гидропривода следует отнести пониженную экономичность при работе с грузами массой меньше номинальной, так как расход рабочей жидкости не зависит от массы перемещаемого груза; конструктивную сложность подачи рабочей жидкости с поворотной платформы крана к приводу механизма передвижения; ухудшение работы гидропривода при низких температурах воздуха, обусловливающее применение дорогостоящих морозоустойчивых рабочих жидкостей; большие гидравлические соп-

ротивления при наличии длинных трубопроводов; необходимость тщательного наблюдения за состоянием уплотнений; сложность диагностики и обнаружения неисправностей и пр.

§ 6. Пневматический привод

В пневматических передачах рабочей средой является сжатый газ (воздух), вырабатываемый компрессором. Пневматический привод представляет собой совокупность взаимосвязанных пневматических устройств, обеспечивающих необходимые рабочие движения машин. При этом исполнительное устройство преобразует энергию сжатого воздуха в механическую энергию рабочего органа. Как и гидропривод, пневмопривод по виду движения может быть вращательным или поступательным.

Преимуществом пневмопривода являются плавность работы; простота конструкции и эксплуатации; удобство и легкость управления; возможность работы с большим числом включений в единицу времени; надежность в работе; простота регулирования скорости и нагрузки в широких пределах; малая чувствительность к динамическим нагрузкам и способность переносить длительные перегрузки вплоть до полного стопорения. К основным недостаткам, ограничивающим широкое применение пневмопривода, следует отнести наличие гибкого воздухопровода и большой расход воздуха вследствие значительных утечек через уплотнения; трудность точного регулирования и низкий к. п. д. Для питания рабочим газом ручного инструмента, талей и лебедок применяют передвижные компрессоры или централизованную систему подачи сжатого воздуха предприятия.

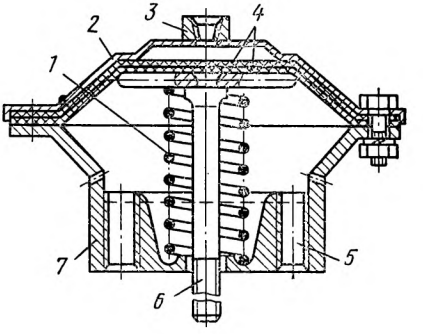


Рис. 72. Односторонний мембранный пневмоцилиндр

Рабочее давление сжатого воздуха, подаваемого в пневмоцилиндры 0,5...0,8 МПа, а в объемные пневмодвигатели — 3...5 МПа. Широкое применение получили пневмоцилиндры: поршневые с одно- и двусторонним штоком и мембранные (рис. 72). Последние распространены в системах

управления переключением передач, тормозами и другими механизмами машин. Рабочий газ поступает в полость пневмоцилиндра между крышкой *2* и эластичной мембраной *4* через штуцер *3*. Мембрана воспринимает давление рабочего газа и через шток *6* передает усилие на исполнительный механизм. Обратный ход шток осуществляет под действием возвратной пружины *1* при снижении давления в полости до атмосферного. Резьбовые отверстия *5* предназначены для крепления корпуса *7* пневмоцилиндра к деталям механизма. Для включения пневмомашин применяют крановые и клапанные пневмоаппараты.

§ 7. Комбинированный привод

К комбинированным относят дизель-электрический, дизель- и электрогидравлический приводы. В настоящее время большое распространение в передвижных кранах получил дизель-электрический многомоторный привод, в котором дизель приводит в движение электрогенератор, питающий электроэнергией электродвигатели различных механизмов машины. Применение дизель-электрического привода позволяет сочетать основные преимущества электропривода с автономностью механического привода и исключить необходимость применения трансмиссионных валов, фрикционных муфт и дополнительных механических передач, применяемых при использовании ДВС. В свою очередь, краны с дизель-электрическим приводом могут работать на переменном и постоянном токе или получать питание от внешней сети, что позволяет значительно сократить эксплуатационные расходы, улучшить условия работы машиниста, повысить надежность, безопасность эксплуатации крана и его производительность.

В настоящее время все более широкое применение в конструкциях стреловых кранов получают дизель-гидравлический и электрогидравлический многомоторный приводы с оснащением каждого механизма индивидуальным гидромотором (гидроцилиндром), сочетающие в себе все конструктивные преимущества образующих их приводов.

Определение границ областей рационального применения различных видов приводов машин производят на основе анализа конструктивных, технологических и технико-экономических показателей, основными из которых являются надежность и безопасность в работе, энергетические показатели, независимость от температуры окружающей среды, себестоимость транспортирования машины и пр.

§ 8. Общие сведения о механизмах

Применяемые при производстве СМР различные стреловые краны имеют четыре основных механизма: подъема (опускания) груза, изменения вылета стрелы, поворота и передвижения крана. Стреловые краны с горизонтальной стрелой балочного типа с неизменяемым вылетом механизма изменения вылета стрелы не имеют. Перемещение груза по горизонтали в этом случае осуществляет механизм передвижения грузовой тележки по стреле. Аналогичный механизм для перемещения тележки по мосту (ригелю, несущему канату) имеют краны мостового типа. Очевидно, что неповоротные краны не имеют механизма поворота, а стационарные — механизма передвижения. Кроме указанных основных механизмов специальные краны оснащают дополнительными механизмами: вспомогательным (помимо основного) подъема груза и изменения вылета управляемого (маневрового) гуська — монтажные краны; выдвижения секций башни — башенные краны; захвата груза — манипуляторы и краны-штабелеры и пр.

Следует отметить, что кинематика (от греческого слова «кинема» — движение) и кинематические схемы большинства механизмов — аналогичны. Отличаются они приводом, передачами и рабочим органом.

Взаимодействие деталей механизмов и машин показывают и объясняют кинематические схемы. В соответствии с требованиями СТ СЭВ 2519—80 детали и элементы механизмов на кинематических схемах изображают условными обозначениями, которые необходимо знать и понимать, чтобы уметь читать и составлять кинематические схемы. Кинематическая схема объясняет способ передачи крутящего момента от привода к рабочему органу механизма. С ее помощью можно четко представить и уяснить работу механизма, определить передаточное отношение передачи, угловые и линейные скорости вращения (перемещения) деталей механизма, рассчитать величины крутящих моментов на валах механизма, к. п. д. передачи, передаваемую и требуемую мощности и подобрать необходимый привод. Принцип построения кинематических схем механизмов разберем на примере механизма подъема груза крана.

§ 9. Механизм подъема груза

Механизм подъема груза является основным механизмом любой ГПМ, предназначенным для перемещения груза в вертикальном направлении (подъем или опускание), и со-

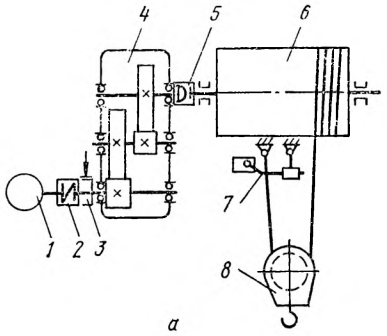
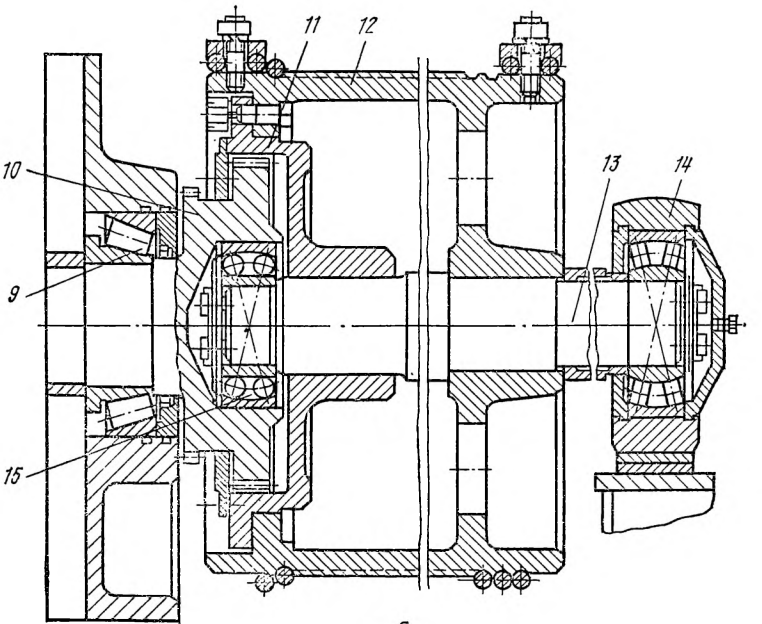


Рис. 73. Механизм подъема груза с индивидуальным машинным приводом (*а* — кинематическая схема; *б* — узел соединения барабана с выходным валом редуктора; *в* — общий вид с плавающим валом)

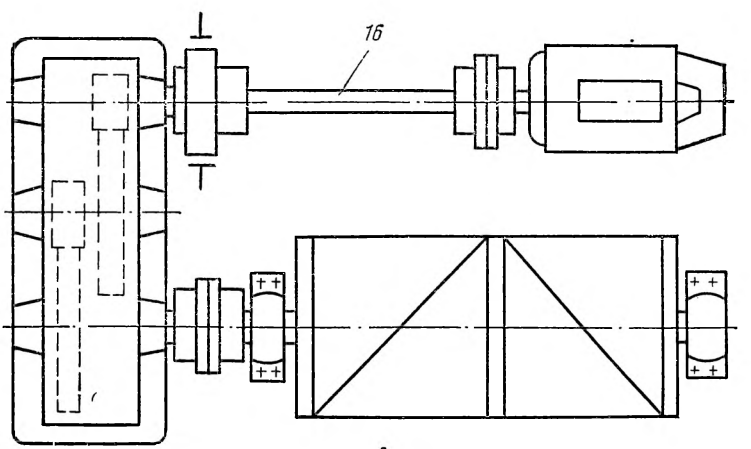
стоит из лебедки, установленной на поворотной платформе стрелового крана или грузовой тележке (у кранов мостового типа), и силового полиспаста, закрепленного на оголовке стрелы или тележке (рис. 73, *а*). Назначение, устройство и работа лебедок подробно рассмотрены в § 4, а полиспастов — в § 1, гл. V. Рабочим органом лебедки является барабан, а полиспаста — подвижный блок (крюковая подвеска).

При включении двигателя *1* крутящий момент с его вала через упругую компенсирующую муфту *2* передается на входной вал редуктора *4*. Одновременно муфта выполняет роль шкива тормоза *3*. Увеличенный крутящий момент с выходного вала редуктора через зубчатую компенсирующую муфту *5* передается на вал барабана *6* лебедки. На вращающийся барабан лебедки навивается (свивается) канат, что вызывает изменение длины грузового полиспаста и соответственно подъем или опускание крюковой подвески *8* крана (груза). Подвижная ветвь грузового каната проходит с головного блока стрелы на барабан лебедки через систему отводных (направляющих) блоков. Для ограничения высоты подъема крюковой подвески предназначен ограничитель *7*. Место расположения тормоза механизма подъема груза определяют величина тормозного момента и конструкция кинематической связи между барабаном лебедки и шкивом тормоза. Обычно его устанавливают на быстроходном (ведущем) валу редуктора.

Механизм подъема груза, имеющий одну и ту же принципиальную схему, может быть конструктивно выполнен по-разному в зависимости от требований, предъявляемых к нему или крану в целом. В основном это касается конструктивных решений узлов соединения валов двигателя с редуктором и редуктора с барабаном. В последние годы



б



в

наибольшее распространение получила установка одной из опор оси (не передает крутящий момент) барабана внутри консоли выходного вала редуктора (рис. 73, *б*), т. е. подшипник *9* конца выходного вала редуктора *10* служит опорой для подшипника *15* оси *13* барабана *12*. Конец выходного вала редуктора выполнен в виде зубчатой полумуфты *10*, которая через полумуфту *11* передает крутящий момент непосредственно к барабану *12*, минуя ось *13*. Другой конец оси *13* установлен на опоре *14*. Таким образом, вал редуктора и ось барабана установлены на двух опорах, что делает их статически определимыми и упрощает расчет. Кроме того, узел соединения получается компактным, технологичным для сборки и позволяет применить унификацию деталей. В механизмах подъема груза, установленных на тележках кранов мостового типа, валы двигателя и редуктора соединяют при помощи плавающего вала (вала-вставки) *16* (рис. 73, *в*). Такое решение выравнивает нагрузки, действующие на ходовые колеса грузовой тележки, и облегчает монтаж деталей механизма, но усложняет и утяжеляет его конструкцию. Иногда из конструктивных соображений применяют дополнительно открытую зубчатую передачу (после редуктора) или червячный редуктор (вместо цилиндрического).

При значительной высоте подъема груза для увеличения производительности крана скорость опускания груза увеличивают по сравнению со скоростью подъема. В то же время монтажные краны, предназначенные для ведения СМР, должны обеспечивать плавность и точность опускания груза и иметь малые (посадочные) скорости. Несколько скоростей подъема (опускания) груза обеспечивают применением многоскоростного двигателя, например электродвигателя с фазным ротором или ДВС. Либо применяют механизмы с приводом от двух двигателей, выполненные по специальным кинематическим схемам.

Получила распространение схема механизма подъема груза с двухдвигательным *1*, *6* приводом и встроенным в основной двухступенчатый цилиндрический редуктор *4* планетарным редуктором *7*, имеющим несимметричный плоский дифференциал, которая позволяет получить четыре скорости рабочего движения (рис. 74). Солнечная шестерня z_1 планетарного редуктора *7* получает крутящий момент от электродвигателя M_1 (*6*) и находится в постоянном зацеплении с тремя сателлитами z_3, а солнечная шестерня z_4 получает крутящий момент от электродвигателя M_2 (*1*) через дополнительный одноступенчатый цилиндрический ре-

дуктор 2 и находится в постоянном зацеплении с тремя сателлитами z_2. Обе группы сателлитов (z_2 и z_3) связаны между собой через водило В дифференциала, на валу которого закреплена ведущая шестерня основного редукто-

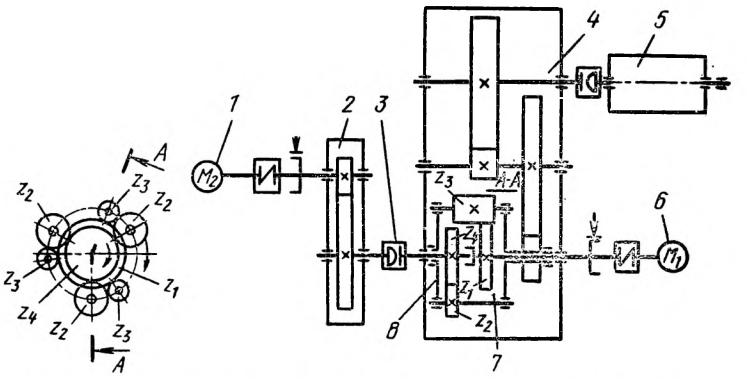


Рис. 74. Кинематическая схема механизма подъема груза с двумя электродвигателями и дифференциалом

ра 4, вращающего барабан 5 лебедки механизма подъема груза.

При включении двигателя M_1 и выключенном (заторможенном) двигателе M_2 угловая скорость водила $\omega_B' = \omega_1 \frac{z_1}{z_1 + z_4}$, и наоборот, при включении двигателя M_2 и выключенном M_1 — $\omega_B'' = \omega_4 \frac{z_4}{z_1 + z_4}$, где ω_1 и ω_4 — угловые скорости шестерен z_1 и z_4. Такое включение двигателей обеспечивает две скорости работы механизма. При включении обоих двигателей в случае, если солнечные шестерни z_1 и z_4 планетарного редуктора вращаются в одном направлении, угловая скорость водила (и скорость рабочего движения механизма) будет наибольшая — $\omega_{B\max} = \omega_B' + \omega_{\prime\prime}$ Реверсирование одного из двигателей обеспечивает наименьшую скорость $\omega_{B\min} = \omega_B' - \omega_B''$, т. е. еще две рабочие скорости. Иногда применяют кинематическую схему механизма подъема груза с двумя двигателями и планетарной муфтой, обеспечивающую две рабочие скорости — номинальную и малую (посадочную).

§ 10. Механизм изменения вылета стрелы

В стреловых кранах перемещение груза в горизонтальном направлении (радиально относительно центра вращения

крана) осуществляют при помощи механизма изменения вылета стрелы. Исключение составляют краны с горизонтальной стрелой балочного типа, по которой перемещается грузовая тележка (аналогично механизму передвижения грузовой тележки кранов мостового типа — см. § 3, гл. XI). Изменять вылет (угол наклона) стрелы крана можно при помощи различных механизмов — винтовых, реечных, шатунно-кривошипных и пр. Однако эти достаточно сложные механизмы применяют главным образом в специальных кранах (портальных, плавучих), а в строительно-монтаж-

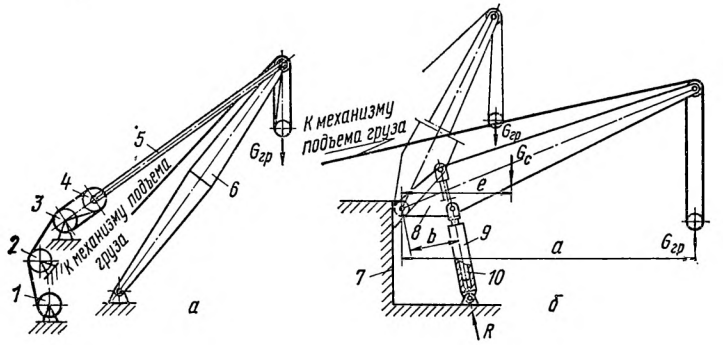


Рис. 75. Кинематическая схема механизма изменения вылета стрелы (*а* — со стрелоподдерживающей полиспастной системой; *б* — с силовым гидроцилиндром)

ных кранах и кранах общего назначения получили распространение наиболее простые механизмы: канатный (полиспастный) для гибкого подвеса стрелы и гидравлический — для жесткого подвеса (рис. 75).

Канатный механизм изменения вылета стрелы по кинематической схеме аналогичен механизму подъема груза. Отличие состоит в том, что рабочим органом в этом случае является подвижный блок *4* стрелового полиспаста, связанный тягами *5* с оголовком стрелы *6* крана (рис. 75, *а*). Неподвижный блок *3* полиспаста закрепляют на специальной двуногой стойке, жестко соединенной с поворотной платформой крана. Подвижная ветвь каната стрелоподдерживающей системы навивается на барабан лебедки *1*. Для направления каната служат отводные блоки *2*. Подвижный блок полиспаста может быть закреплен непосредственно на оголовке стрелы. Указанное решение — конструктивно более простое, так как позволяет отказаться от тяг *5*. Однако при этом увеличивается длина стрелового полиспаста и требуется большая длина каната.

На кранах с гидроприводом для изменения вылета стрелы применяют силовой гидроцилиндр *9*, шарнирно закрепленный на поворотной платформе *7* (рис. 75, *б*). В гидроцилиндре размещен плунжер *10*, шарнирно соединенный со стрелой *8*. При подаче рабочей жидкости под давлением в нижнюю полость гидроцилиндра (под плунжер) последний выдвигается и поднимает стрелу (уменьшает вылет). Для увеличения вылета стрелы нет необходимости подавать рабочую жидкость в гидроцилиндр. Достаточно с помощью клапана соединить полость цилиндра с баком гидросистемы. При этом веса груза и стрелы ($G_{гр}+G_с$), действующие на плечи «*a*» и «*e*», создадут изгибающий момент, который будет воспринят усилием в гидроцилиндре, обратно пропорциональным плечу «*b*» его приложения от оси шарнира стрелы $R=\frac{G_{гр}a+G_с e}{b}$. Указанного усилия достаточно для опускания основной (короткой) стрелы крана без груза. Именно поэтому в механизме применен одноходовой гидроцилиндр с плунжером, а не двухходовой с поршнем.

§ 11. Механизм передвижения

Механизм передвижения обеспечивает передвижение ГПМ или ее части (грузовой тележки) по горизонтальному или наклонному пути. В зависимости от типа и назначения ГПМ различают механизмы передвижения для рельсового, безрельсового и канатного путей (как и транспортные машины). Рельсовые пути применяют для передвижения башенных, рельсовых, мостового типа и железнодорожных кранов, а также талей и тележек. Безрельсовый путь характерен для самоходных стреловых кранов, а канатный — для кабель-кранов. Соответственно типу кранового пути различают и механизмы передвижения. Так для машин, передвигающихся по рельсовому пути, применяют механизмы передвижения с приводными ходовыми колесами (рабочий орган — колесо) — первого типа или канатной (цепной) тягой — второго типа. Для безрельсового пути (кроме гусеничного, шагающего и комбинированного хода) применяют механизмы передвижения только первого типа, а для канатного — только второго типа. В механизмах передвижения первого типа все детали, включая приводные колеса, размещены на ходовой раме, тогда как в механизмах второго типа все детали расположены за пределами рамы.

Рабочим органом механизма первого типа являются при-

водные ходовые колеса *1*. В зависимости от типа крана, его конструкции и грузовысотных характеристик механизмы передвижения выполняют с центральным или раздельным приводом (рис. 76). В механизмах передвижения мостового крана с центральным приводом для уменьшения перекоса крана электродвигатель расположен примерно по

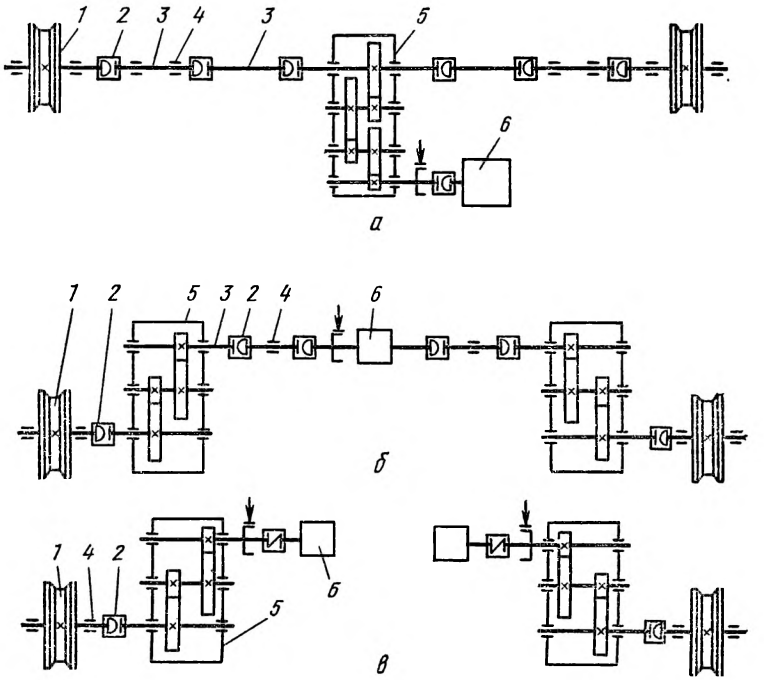


Рис. 76. Кинематическая схема механизма передвижения мостового крана (*а* — с тихоходным трансмиссионным валом; *б* — с быстроходным трансмиссионным валом; *в* — с раздельным приводом)

середине ходовой рамы, а крутящий момент на приводные колеса передают трансмиссионные валы.

По конструкции различают механизмы с тихоходными (рис. 76, *а*), среднеходными и быстроходными (рис. 75, *б*) трансмиссионными валами. Указанные схемы механизмов обычно применяют на мостовых, реже козловых кранах. Трансмиссионный вал выполнен из отдельных секций (обычно из труб) *3*, соединенных зубчатыми компенсирующими муфтами *2* и опирающихся на радиальные сферические двухрядные подшипники качения *4*. Разрезной вал яв-

ляется статически определимой конструкцией, что упрощает его расчет. Кинематическая схема с тихоходным валом наиболее простая и распространенная на мостовых кранах и грузовых тележках. Механизм имеет один центрально расположенный редуктор *5* и привод от электродвигателя *6*.

Тихоходный трансмиссионный вал, связанный с выходным валом редуктора и имеющий малую частоту вращения, передает на ходовые колеса максимальный крутящий момент, в связи с чем секции вала, муфты и подшипники имеют значительные габариты и массы. С увеличением грузоподъемности и пролета крана число этих элементов и их параметры возрастают. В отличие от тихоходного быстроходный трансмиссионный вал связан с валом приводного электродвигателя, имеет высокую частоту вращения и передает минимальный крутящий момент, поэтому его диаметр в 2...3 раза меньше, а масса — в 4...9 раз меньше. Однако необходимо помнить, что его применение требует высокой точности монтажа деталей (особенно подшипников на жестких опорах) и их динамической балансировки. На работу таких валов влияют деформации моста, поэтому их целесообразно применять в механизмах передвижения крановых мостов с повышенной жесткостью конструкции при длине пролета более 20 м.

Наличие двух боковых редукторов и длинных трансмиссионных валов усложняет и удорожает конструкцию механизма, поэтому в последнее время все большее применение получают механизмы передвижения с раздельным приводом (рис. 76, *в*). Каждый электродвигатель рассчитывают на 60 % общей требуемой мощности с учетом возможной неравномерности их загрузки. В башенных кранах эти механизмы применяют в виде независимых приводных ходовых тележек, каждая из которых имеет по два ходовых колеса и один электродвигатель (рис. 47).

Однорельсовые электротали *2* и тележки имеют механизм передвижения специальной конструкции, в которой одна пара катков *1* выполнена приводной (рис. 77).

Механизмы передвижения второго типа применяют главным образом для передвижения грузовых тележек башенных и кабельных кранов (рис. 114). Рабочим органом такого механизма является барабан тяговой лебедки, а тяговым органом — канат или цепь. Тяговый орган выполнен в виде двух ветвей — верхней и нижней. Концы обеих ветвей прикреплены к раме грузовой тележки, а противоположные концы ветвей навиваются на барабан лебедки в противоположных направлениях. При этом, при враще-

нии барабана в определенном направлении одна ветвь навивается на него, а другая свивается, осуществляя тем самым передвижение тележки. При реверсировании барабана лебедки (механизма) грузовая тележка передвигается в противоположном направлении. Так как механизм установлен на раме крана, то тяговый орган проходит через

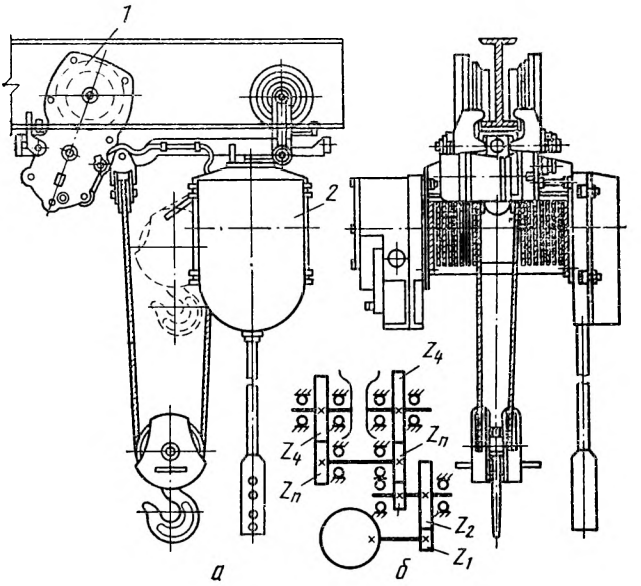


Рис. 77. Механизм передвижения электрической тали (*а* — общий вид; *б* — кинематическая схема)

систему отводных блоков. Узлы крепления тягового органа к тележке предусматривают возможность его натяжения при запасовке и в процессе эксплуатации.

§ 12. Механизм поворота

Механизм поворота предназначен для вращения его поворотной части относительно вертикальной оси. Так как у поворотных кранов все механизмы и кабина управления как правило размещены на поворотной платформе, то наибольшее распространение получила схема механизма поворота, размещенного также на поворотной платформе (рис. 78). Рабочим органом механизма служит зубчатая шестерня *9*, сидящая на выходном валу *8* редуктора *1*. Частоту враще-

ния крана, в соответствии с его производительностью, принимают в пределах 0,75...3,0 мин$^{-1}$. Для этого при частоте вращения ротора электродвигателя 760...1000 мин$^{-1}$ необходимо обеспечить передаточное число механизма 250... 1000. Очевидно, что одна передача не может обеспечить указанное передаточное отношение, поэтому в механизмах поворота в зависимости от типа электродвигателя *4* и рас-

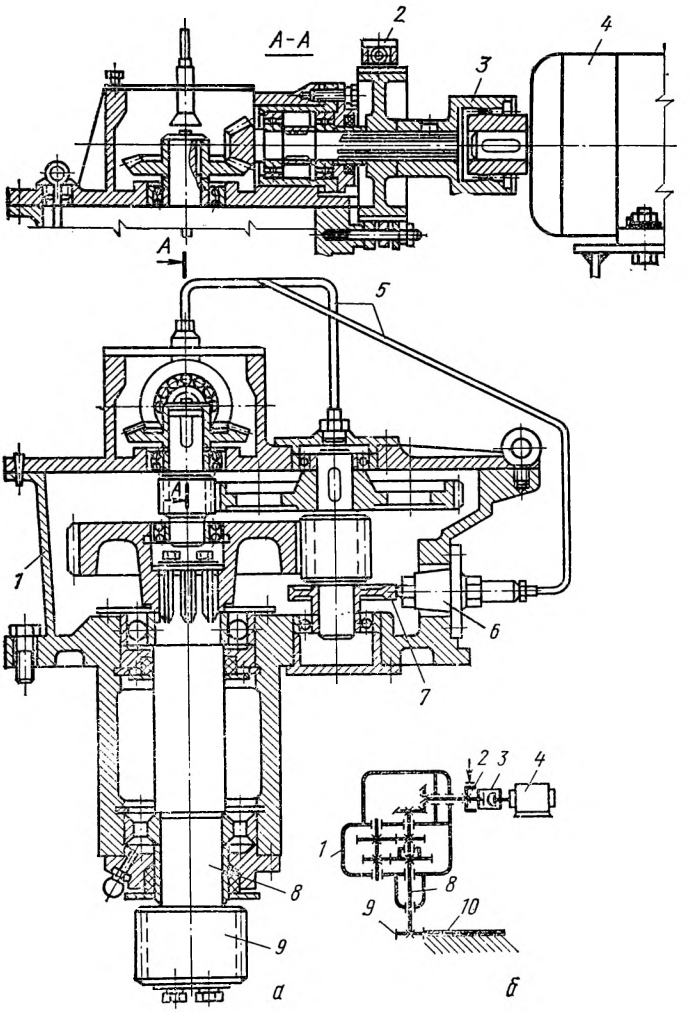


Рис. 78. Механизм поворота стрелового крана (*а* — общий вид, *б* — кине кая схема)

положения валов редуктора обычно применяют цилиндрический, коническо-цилиндрический или червячный редуктор, работающий в паре с открытой зубчатой передачей (шестерни *9*, *10*) с передаточным отношением 10...25. Шестерня *10* представляет собой неподвижный зубчатый венец на обойме опорно-поворотного устройства крана, вокруг которого, вращаясь, обкатывается шестерня *9*, вращающая поворотную платформу крана.

В отдельных случаях, при малых нагрузках в передаче, вместо шестерни *10* применяют цевочное колесо, имеющее зубья в виде отдельных цилиндров-цевок. Очевидно, что в паре с ним работает не зубчатое колесо, а звездочка. Вал электродвигателя *4* соединен с входным валом редуктора посредством зубчатой муфты *3*. На этом же валу установлен нормально закрытый тормоз *2*. Трехступенчатый коническо-цилиндрический редуктор *1* имеет одну ступень (пару зубчатых колес) коническую и двухступенчатую цилиндрическую передачу, что обеспечивает необходимое передаточное отношение.

Для смазывания деталей редуктора в корпусе установлен плунжерный масляный насос *6*, приводимый в действие эксцентриком *7*, закрепленным на промежуточном валу цилиндрической передачи редуктора. Плунжер засасывает масло из картера редуктора через фильтр и подает его под давлением по трубопроводам *5* к верхним подшипникам и зубчатым колесам. Детали редуктора смазывают за счет масляного тумана (разбрызгивания) либо окунанием. Часто в схемах механизма поворота крана применяют червячный редуктор. Некоторые механизмы снабжают муфтой предельного момента, ограничивающей величину номинального крутящего момента и срабатывающей при его превышении на 10...15 %. Иногда применяют противоположную схему размещения механизма поворота на кране, когда сам механизм смонтирован на неповоротной платформе (ходовой раме), а на поворотной платформе закреплен зубчатый (цевочный) венец. При работе механизма вместе с зубчатым венцом поворачивается поворотная платформа крана.

Контрольные вопросы

1. Что такое привод и из каких сборочных единиц он состоит? Как осуществляется передача энергии в приводе?
2. Как классифицируют приводы и каковы их преимущества?
1. Как устроен и работает ручной привод?
4. Как работает ДВС?
5. Каковы преимущества машинного привода?
6. Какие типы электродвигателей применяют в крановых приводах? В чем состоят их преимущества?

7. Что такое объемный гидропривод? Как он устроен?
8. Как устроен и работает силовой гидроцилиндр?
9. Какие типы насосов применяют в объемных гидроприводах?
10. В чем состоит отличие гидродинамической передачи от объемной?
11. В чем различие между гидромуфтой и гидротрансформатором?
12. Для чего применяют гидрозамки? Как устроен и работает гидрозамок?
13. В чем состоят преимущества пневмопривода перед гидроприводом?
14. Как устроен и работает турбинный пневмодвигатель?
15. Для чего применяют и как работает мембранный пневмоцилиндр?
16. Какие преимущества обеспечивает применение комбинированного привода? Какие типы этих приводов известны?
17. Какие механизмы и с какой целью применяют на современном ГПМ?
18. Как выполняют кинематические схемы и для чего их применяют?
19. Как устроен и работает механизм подъема груза?
20. Как соединяют барабан лебедки с выходным валом редуктора?
21. С какой целью в механизме применяют плавающий вал?
22. Как устроен и работает механизм с двухдвигательным приводом? Что обеспечивает такая схема механизма?
23. Каково назначение механизма вылета стрелы крана и как он работает?
24. Как классифицируют механизмы передвижения? В чем состоит отличие механизма первого типа от второго?
25. Как устроен и работает механизм передвижения с центральным приводом? Где его применяют?
26. Какие преимущества обеспечивают быстроходные трансмиссионные валы?
27. Что дает применение раздельного привода?
28. Как устроен и работает механизм передвижения электротали?
29. Как устроен и работает механизм передвижения с гибким тяговым органом?
30. Какие механизмы применяют для передвижения кранов и грузовых тележек?
31. Как устроен и работает механизм поворота стрелового крана?
32. Каково назначение в нем открытой зубчатой передачи?
33. Что такое цевочное зацепление? В каком случае его применяют?
34. С какой целью механизм поворота снабжают муфтой предельного момента? Как она работает?

Глава VII
СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КРАНАМИ

§ 1. Классификация и краткие характеристики систем управления

Машинисту приходится управлять механизмами крана в процессе его работы, при передвижении и переводе маши-

ны из рабочего положения в транспортное (и наоборот). Вопросам рационального управления ГПМ в настоящее время уделяют большое внимание, так как система управления существенным образом влияет на производительность машины, эффективность и долговечность ее эксплуатации и условия работы обслуживающего персонала (машиниста). Система управления краном — комплекс устройств, предназначенных для преобразования и передачи команд машиниста аппаратам или механическим устройствам непосредственного управления или командоаппаратам автоматического управления источником энергии, передачам приводов или исполнительным механизмам кранов, а также для контроля за их работой. Системы управления должны быть просты по конструкции и в обслуживании, удобны в работе, обеспечивать чувствительность и плавность включения механизмов, а также обладать надежностью действия независимо от времени года и погодных условий при минимальном числе обслуживаний и регулировок их элементов.

Систему управления основными механизмами кранов условно называют основной в отличие от системы управления источником энергии (двигателем), другими механизмами (муфтой сцепления, коробкой перемены передач, поворотом колес базовой машины и др.), называемой вспомогательной.

По способу преобразования и передачи команды машиниста системы управления подразделяют на механические (рычажные), электрические, гидравлические, пневматические или комбинированные (аналогично приводам крановых механизмов).

Механическая система управления, применяемая на ГПМ с механическим приводом (преимущественно автомобильных кранах выпуска прошлых лет), — наиболее простая по конструкции, надежная в эксплуатации и обеспечивает, благодаря непосредственной связи руки (ноги) машиниста с управляемым механизмом, высокую чувствительность управления.

Механическое управление состоит из тяг, рычагов и шарнирных соединений. Иногда применяют канатно-блочные системы, например для управления дроссельной заслонкой (топливным насосом) ДВС. Необходимо отметить, что шарнирные соединения подвержены ускоренному изнашиванию, поэтому требуют регулярного смазывания, регулирования соединений и замены изношенных деталей при техническом обслуживании. Для снижения прилагаемых уси-

лий применяют сервоустройства (усилители), например пружинные, гидро- и пр.

Электрическая система управления является основной для кранов с электрическим и дизель-электрическим приводами переменного и постоянного тока и наиболее полно удовлетворяет основным требованиям, предъявляемым к системам управления: плавность включения исполнительных механизмов; малые усилия на рукоятках управления; высокие надежность и к. п. д.; простота подвода энергии к любому исполнительному механизму. Кроме того, электрическая система управления обеспечивает сравнительно простое решение вопросов создания дистанционных и автоматических систем управления.

Гидравлическая система управления обеспечивает значительно меньшие усилия на рукоятках управления и их ход, чем механическая система, благодаря чему снижается утомляемость машиниста и повышается производительность машины. На современных ГПМ применяют две схемы объемного гидроуправления — насосную для основных систем и безнасосную для вспомогательных. В сравнении с механической гидравлическая система управления обладает более высоким к. п. д. и надежностью, обеспечивает легкость управления и удобство подвода энергии к исполнительным механизмам, а также снижение времени на регулирование управления.

К недостаткам гидравлических насосных систем управления следует отнести резкое включение механизмов, вызывающее значительные динамические нагрузки, и влияние температуры окружающего воздуха на вязкость рабочей жидкости. Гидравлические системы управления применяют на современных ГПМ с гидроприводом.

Пневматическая система управления обеспечивает благодаря сжимаемости воздуха более плавное включение механизмов по сравнению с гидравлической системой. Однако низкое давление сжатого воздуха (0,6...0,8 МПа) обусловливает увеличение размеров исполнительных пневмоцилиндров. Кроме того, пневматическая система недостаточно надежна при отрицательных температурах воздуха, вследствие замерзания конденсата. В то же время применение специальных устройств-масловлагоотделителей для очистки воздуха усложняет и удорожает систему. Пневматические системы управления используют сжатый воздух от тормозной системы базовой машины или специального компрессора, поэтому они получили распространение на автомобильных кранах. На стреловых кранах применяют

комбинированные (электрогидравлическую, электропневматическую и пневмогидравлическую) системы управления, сочетающие в себе вышеизложенные преимущества.

§ 2. Основные эргономические требования

При проектировании кранов большое значение уделяют нормам эргономики (взаимоотношениям человека с машиной), определенным с учетом физических и психологических факторов человека. К основным эргономическим нормам относят параметры обслуживания: обзорность и видимость, конструкции и формы органов управления, механические колебания, а также параметры окружающей среды (климат, уровень шума, запыленность, освещенность и т. п.).

Во время работы машинист должен попеременно концентрировать внимание то на рабочей зоне крана, включая крюковую подвеску и груз, то на органах управления, поэтому хорошая обзорность, зависящая от места расположения сиденья машиниста, конструкции и размеров окон кабины и их расположения на кране, является первоочередным требованием. Понятие видимость характеризует расстояние, на котором человек с нормальным зрением четко видит предметы. Здесь особое значение приобретают оптимальные углы зрения, которые с учетом угла зрения глаз машиниста не должны превышать $\pi/3$ рад вверх от горизонтальной плоскости, проведенной на уровне глаз машиниста, $\pi/2$ рад — вниз и $3/4\pi$ рад — в обе стороны от вертикальной оси.

Органы управления должны иметь удобные формы рукояток, а усилия их переключения не должны превышать 30 Н. При управлении возможны два вида нагрузки на мышцы человека. Статическая нагрузка требует выполнять работу по длительному удержанию органа управления в определенном положении, например нажатие на рукоятку. При этом вскоре наступает усталость мышц, связанная с недостаточным кровоснабжением. Динамическая нагрузка характеризуется регулярным чередованием напряжений и расслаблений мышц, менее утомительна и более предпочтительна.

Высота кресла машиниста от уровня пола должна быть 400...500 мм, высота спинки 240...260 мм. Кресло выполняют полужестким с подлокотниками и возможностью регулировки от среднего положения вперед и назад на 75 мм, вверх и вниз — на 50 мм. Опоры для ног и подлокотники

должны переставляться по высоте, а спинка иметь регулируемый угол наклона.

Органы управления следует располагать так, чтобы по возможности свести движения машиниста к движению предплечий и кистей рук, допуская движение плечевых суставов только в виде исключения.

При установке для управления механизмами педалей расстояние между ними должно быть 200...450 мм, расстояние от спинки кресла до оси педали ~935 мм, а угол движения (ход) педали 2/5 π рад. После срабатывания на величину полного хода педаль должна возвращаться в нейтральное положение пружиной (с усилием 70...80 Н), компенсирующей и вес ноги.

Органы управления краном должны иметь надписи или графические символы в соответствии с требованиями ГОСТ 12.4.040—78. Аварийный выключатель должен быть окрашен в красный цвет.

В соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.012—78 амплитуда вибраций на рабочем месте машиниста не должна превышать 0,2 мм. Для обеспечения нормальной жизнедеятельности человека необходимо обеспечить комфортные условия: постоянную температуру воздуха (+25...28 °С) и влажность, для чего применяют отопительные установки, кондиционеры и вентиляторы. Уровень шума на рабочем месте в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.003—76 для промышленных помещений не должен превышать 50... 70 дБ. Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе не должны превышать норм, установленных ГОСТ 12.1.005—76.

Рабочее место машиниста должно освещаться лампой с матовым плафоном, исключающим световые блики на остеклении. Освещенность на рабочих поверхностях пульта и рукоятках органов управления должна быть не менее 20 лк, а рабочей зоны крана — не менее 100 лк.

§ 3. Кабины кранов

В большинстве случаев краном управляют из кабины управления, прикрепленной к металлоконструкции крана. Кабина представляет собой изолированное помещение, в котором находится машинист в процессе работы или транспортирования крана и размещен пульт управления, т. е. является рабочим местом крановщика. В зависимости от типа, назначения и условий работы крана кабины имеют различное исполнение. Так самоходные стреловые краны

(автомобильные, на спецшасси и короткобазовые) имеют две кабины. Одна (управления) закреплена на поворотной платформе крана и предназначена для работы в крановом режиме при перемещении груза, другая смонтирована на шасси (в ней машинист выполняет функции водителя при транспортировании крана). Остальные краны имеют одну универсальную кабину.

Краны небольшой грузоподъемности, работающие в напряженном режиме, в помещении с чистым воздухом и нормальной температурой, имеют открытую кабину. Остальные краны оснащают закрытыми кабинами. При температуре окружающего воздуха ниже +10 °С кабины управления снабжают отопительными приборами, а при $\geqslant$ +28 °С — кондиционерами и вентиляторами.

Высота внутри кабины должна быть не менее 1800 мм, а рекомендуемые минимальные длина и ширина — соответственно 2000 и 1100 мм. Площадь кабины должна обеспечивать свободный доступ к аппаратуре управления и возможность нахождения в ней кроме машиниста второго человека (стажера, слесаря). На кранах грузоподъемностью свыше 25 т в кабине предусмотрено откидное сиденье для помощника машиниста. Нахождение в кабине управления посторонних людей (предметов) запрещено.

Каркас, пол и сидение закрытой кабины управления — металлические, покрытые с внутренней стороны теплоизоляционным материалом и облицованные моющимся, светлых тонов покрытием. Передняя, боковые и, как правило, задняя (частично) стены кабины остеклены. Для остекления кабины применяют закаленное безосколочное стекло (типа сталинит). Лобовое стекло кабины оснащено стеклоочистителем и солнцезащитным козырьком. Против обледенения и запотевания стекол применяют обогрев при помощи ТЭНов или обдув теплым воздухом, нагнетаемым отопителем. Нижние стекла, на которые может встать машинист, должны быть защищены решетками. Для лучшего обзора и аварийного выхода из кабины в потолке предусмотрен люк размером 500×500 мм, часто застекленный и защищенный металлической решеткой. Поверхность пола не должна быть скользкой, а места обслуживания электроаппаратуры должны быть покрыты резиновыми ковриками размером не менее 500×700 мм. Кабина открытого типа должна иметь со всех сторон сплошное ограждение высотой не менее 1000 мм, выполненное из прочного материала (лучше прозрачного), хорошо противостоящего механическим нагрузкам.

Дверь для входа в кабину управления может быть распашной (открывающейся внутрь кабины) или раздвижной и должна иметь запор с внутренней стороны. Размеры дверного проема — не менее 1800×500 мм. Краны, работающие на открытом воздухе, должны иметь устройства для запирания двери кабины снаружи.

Рабочее место машиниста оборудуют одноместным креслом, перед которым устанавливают пульт управления, или креслом-пультом. Основными аппаратами пульта управления крановым электроприводом являются силовые контроллеры, занимающие много места в кабине, ограничивающие обзор, требующие приложения больших усилий для управления и затрудняющие посадку машиниста на рабочее место. Однако они обеспечивают непосредственное управление приводами механизмов и не требуют применения дорогой промежуточной аппаратуры. В отличие от них кресло-пульт с командоаппаратами — более компактно, обеспечивает более удобные условия работы и хороший обзор.

Каждый механизм крана имеет свой аппарат управления, рукоятки которых расположены в подлокотниках или педали, установленные на полу. Таким образом для каждой руки (ноги) машиниста предусмотрено выполнение только одной операции, что уменьшает число ошибок управления и утомляемость машиниста. Обычно направление перемещения рукояток управления соответствует направлению управляемых рабочих движений крана. На пульте дополнительно устанавливают кнопки управления, переключатели, выключатели, розетки и контрольно-измерительные приборы общего назначения — вольтметр; амперметр, ваттметр, частотометр, манометр, указатели (уровни топлива, давления масла, температуры масла и охлаждающей жидкости), сигнализаторы температуры и давления (в случае машинного привода от ДВС) и пр. Кроме аппаратов управления в кабине размещают ящик для хранения технической документации, необходимый инструмент, аптечку, термоизолированный бачок для питьевой воды вместимостью не менее 2-х литров, огнетушитель и вешалку для одежды.

§ 4. Дистанционное управление кранами

В ряде случаев, например при монтаже КТО, а также при работе в условиях действующего предприятия (особенно в условиях, где дым, пар, пыль и шум препятствуют подаче сигналов знаками или голосом), когда машинист не видит груз в процессе его перемещения и прямая связь между ним и стропальщиком невозможна, машинист получает сигналы по телефону или радио. При этом уменьшается возможность ошибки и повышается точность производства работ.

Развитие радиотехники и телемеханики привело к созданию различных схем дистанционного управления крана-

ми, которые применяют в случаях, когда управление из кабины неудобно, нахождение машиниста в зоне работы крана нежелательно по условиям производства (работа с ядовитыми и радиоактивными грузами) или вследствие нехватки кадров, т. е. позволяют управлять краном на расстоянии. Дистанционное управление осуществляют при помощи кнопочных постов (пультов, станций) или по радиоканалу. Оператор управляет механизмами крана либо по проводам, либо с помощью радиосигналов. Пульт дистанционного управления может быть переносным или стационарным. В первом случае повышается точность выполнения СМР, так как оператор находится рядом с монтируемым грузом. Во втором случае обеспечивается безопасность оператора, находящегося в безопасной зоне, и возможность одновременного управления несколькими кранами одним оператором. Современный уровень техники позволяет одновременно передавать по проводам с помощью устройств частотного разделения сигналы звуковой частоты в диапазоне 200...10000 Гц к различным исполнительным механизмам крана (до 20 каналов без их взаимного влияния и возникновения помех).

При удалении пульта управления на большое расстояние от управляемого объекта применение проводных устройств становится нерациональным и механизмами управляют по радио. Радиоаппаратура для управления кранами состоит из переносного пульта (массой 3 кг) со встроенным радиопередатчиком и приемника радиосигналов, смонтированного на кране. Пульт состоит из командоаппаратов, блока генераторов командных частот и передатчика. Каждому механизму крана соответствует определенная рукоятка на пульте управления, обеспечивающая не только включение (выключение) механизма, но и регулирование скорости рабочего движения. В настоящее время передатчик снабжают гибкой антенной, вшиваемой в плечевую лямку пульта, что делает передвижение оператора более свободным. Целесообразно дистанционное управление работой крана совмещать с применением телевизионных камер, расширяющих поле зрения оператора и позволяющих вести наблюдение за перемещаемым грузом.

Следует помнить, что при наличии пульта (одного, двух) дистанционного управления в системе управления краном необходимо предусматривать блокировку, исключающую возможность одновременного управления краном из кабины и с пульта.

§ 5. Автоматизация управления кранами

Автоматизация (от греческого слова — самодействующая) производства — совокупность устройств, выполняющих по заданной программе (без участия человека) все операции технологического процесса. Для автоматизации процесса управления краном необходимо автоматизировать отдель-

ные операции, например процессы разгона и торможения механизмов, регулирование скорости рабочих движений, остановку механизмов в заданном месте и др. Следует отметить, что даже такая частичная автоматизация управления ГПМ за счет увеличения скорости рабочих движений способствует повышению их производительности, повышению срока службы, уменьшению необходимого числа машин и численности обслуживающего персонала. В настоящее время созданы и работают автоматические устройства безопасности кранов — ограничители грузоподъемности и крайних положений механизмов, противоугонные устройства; грузозахватные устройства и т. п.

Программное управление — обеспечение работы машины в автоматическом режиме по заданной программе сегодня внедряют в тех случаях, когда вследствие наличия например вредных газов, пыли, высокой температуры или радиоактивных веществ пребывание человека около машины не допустимо или напряженность производственного режима настолько велика, что человек непосредственно контролировать его не может. В этих случаях машиной управляет компьютер.

Современный компьютер (принятое в настоящее время название ЭВМ, происходящее от одноименного английского слова и латинского — «Компьюто» — считают, вычисляю) состоит из процессора — собственно вычислительной машины, дисплея (английское слово — показывать, воспроизводить) — устройства для визуального отображения алфавитно-цифровой и графической информации на экране, печатающего устройства — для отображения информации на бумаге и памяти машины, содержащей необходимую информацию (программу) на магнитных дисках (ленте).

В отдельных случаях применяют более простые способы введения программы при помощи электромеханических выключателей, действующих поочередно по мере выполнения технологических операций; задатчиков программы, действующих в функции времени; автоматических адресователей грузов, перфокарт, перфолент и пр., применяемых для автоматизации работы перегрузочных мостов грейферных кранов, кранов-штабелеров, подвесных конвейеров, лифтов и других ГПМ.

Полная автоматизация управления краном возможна лишь при строгой ритмичности всего производственного цикла и особой четкости производства работ. Очевидно, что сложные по объемам, видам и перемещаемым грузам строительно-монтажные работы, выдвигающие ежедневно

новые технические и технологические вопросы, не удовлетворяют в настоящее время указанным требованиям. Производство СМР требует введения обратных связей и следящих систем, усложняющих системы управления кранами и существенно удорожающих их выполнение и эксплуатацию. Именно поэтому управление монтажными кранами сегодня полностью не автоматизировано, но в этом направлении накоплен большой опыт в других отраслях и ведутся работы по созданию автоматизированных систем управления.

§ 6. Манипуляторы

Манипуляторы и промышленные роботы являются одним из перспективных средств комплексной механизации и автоматизации любого промышленного производства. В 12 пятилетке парк промышленных роботов увеличится в 3 раза, в 2—3 раза возрастет выпуск средств вычислительной техники. Народное хозяйство получит десятки тысяч различных манипуляторов. Поставленная задача широкой электронизации машин, выпускаемых для всех отраслей народного хозяйства — машин будущего. И СМР в этом плане не является исключением.

Манипулятор (от французского «манус» — рука) — машина — орудие, содержащее рабочий орган, имитирующий двигательные и (или) рабочие функции руки человека. Манипулятор может управляться дистанционно оператором (вручную) или программным устройством (действовать автоматически). По существу, манипулятор — исполнительный орган, оснащенный приводами и соединенный с пультом управления электрическим кабелем. Управляют манипулятором как правило дистанционно при помощи кнопок или мнемонических рукояток (от греческого слова «мнемоникос» — обладающий хорошей памятью). Манипуляторы применяют для выполнения тяжелых работ, требующих многократного увеличения усилия, прикладываемого рабочим, или в условиях, где нахождение человека невозможно (под водой, газовая среда, высокий уровень радиации и т. п.).

Структурная схема манипулятора включает следующие основные элементы: задающий орган, предназначенный для создания управляющих сигналов и движений; исполнительный орган — для выполнения действий по этим сигналам и движениям; связующий орган — осуществляет передачу сигналов (движений) от задающего к исполнительному ор-

гану. Рабочий орган — часть исполнительного органа, обеспечивающая реализацию назначения манипулятора, выполняют в виде захвата (зажима, схвата, инструмента и т. п.). Обычно рабочий орган называют рукой манипулятора.

Так как в настоящее время манипуляторы в основном применяют при производстве погрузочно-разгрузочных, перегрузочных и складских работ, то в ряде манипуляторов с ручным управлением в качестве исполнительного органа (манипуляционного устройства) обычно используют типовые сборочные единицы грузоподъемных и транспортирующих машин. Грузоподъемность манипуляторов соответствует нормальному ряду грузоподъемности кранов. В зависимости от грузоподъемности манипуляторы подразделяют на следующие группы: сверхлегкие (до 1 кг), легкие (1... 10 кг), средние (10...100 кг), тяжелые (100...1000 кг) и сверхтяжелые (свыше 1000 кг).

Рабочая зона — пространство, в котором при работе может находиться рука манипулятора. Тело, перемещаемое в пространстве манипулятора, называют объектом манипулирования. Для полной ориентации объекта обычно применяют три ориентирующие степени подвижности, реализуемые, как правило, тремя вращательными парами, осуществляющими поворот схвата в горизонтальной, вертикальной плоскостях и вокруг собственной оси. Существуют манипуляторы и с большим числом степеней подвижности. Собственное движение схвата (для закрепления объекта манипулирования) в число степеней подвижности не входит, так как оно не связано с перемещением объекта и присуще всем манипуляторам. Для реализации рабочих движений используют все существующие типы приводов. Иногда для управления схватом применяют механический, электромагнитный, вакуумный и др. приводы, отличающиеся от приводов остальных механизмов манипулятора. Познакомиться с устройством и работой манипулятора можно на примере МП-100, предназначенного для перемещения грузов массой до 100 кг при погрузочно-разгрузочных работах в различных цехах. Основное исполнение манипулятора — на механической тележке *1* (рис. 79, *а*). Для обеспечения устойчивости при работе предусмотрены выносные опоры *2*. Манипулятор состоит из силового электромеханического привода *3*, рычажно-шарнирного (пантограф) сбалансированного механизма перемещения груза *4*, установленного на тележке *1* с возможностью вращения относительно вертикальной оси (на угол 2π рад), и сменного схвата *5*. По существу рычажно-шарнирная система

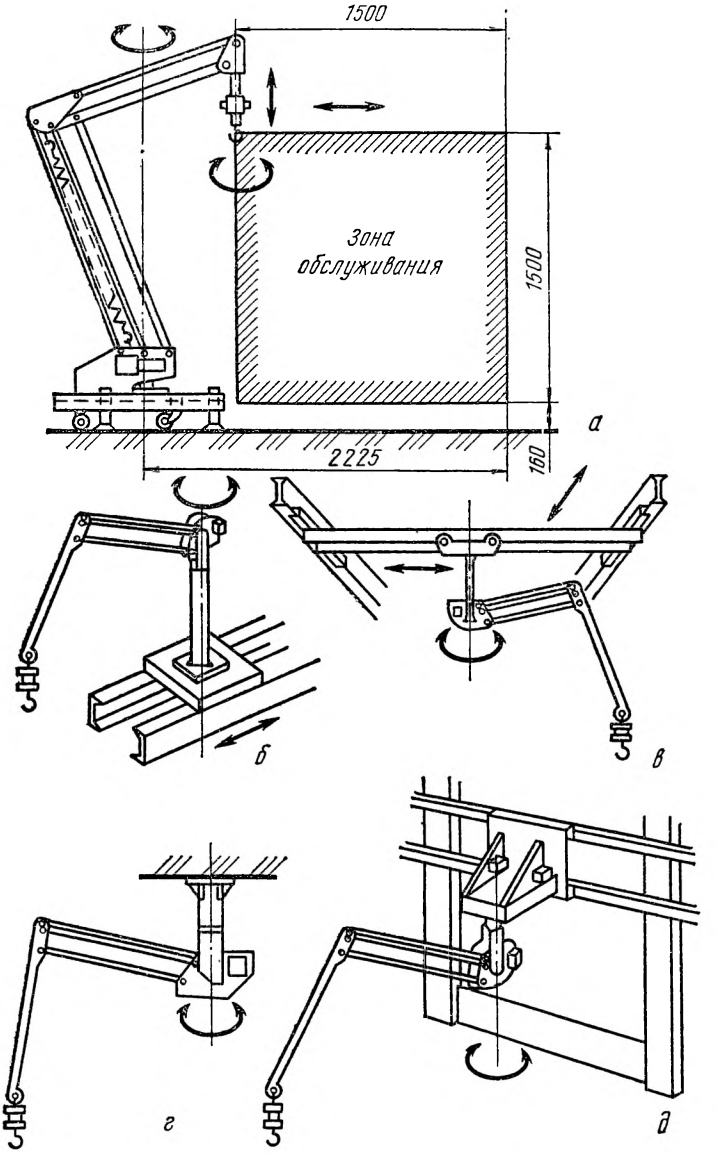


Рис. 79. Шарнирно-балансирный манипулятор МП-100 (*а* — на тележке; *б* — в напольном исполнении; *в* — на мосту кран-балки; *г* — на перекрытии; *д* — на передвижном настенном кронштейне; стрелками показаны направления рабочих движений)

аналогична по конструкции ломающейся шарнирной стреле крана. Электродвигатель постоянного тока с тиристорным блоком управления обеспечивает плавное (бесступенчатое) регулирование скорости перемещения груза до 0,2 м/с. Предусмотрены варианты исполнения манипулятора для стационарного закрепления на полу (рис. 79, *б*), перекрытии (рис. 79, *г*), настенном кронштейне (рис. 79, *д*) и на мосту кран-балки (рис. 79, *в*). Жесткий подвес груза наряду со сбалансированным механизмом перемещения груза (наличие силовой пружины уравновешивает массу груза в любом его положении) существенно облегчает работу оператора и повышает точность позиционирования (перемещения груза по заданной траектории).

Аналогичные манипуляторы выпускают различные отрасли народного хозяйства страны. Очевидно, что существующие конструкции манипуляторов по ряду основных параметров, включая грузоподъемность и зону обслуживания, не могут найти применения при производстве СМР. Необходимо отметить, что в настоящее время в отрасли проводят поисковые работы по созданию монтажных крановманипуляторов (на основе выпускаемых стреловых самоходных кранов), обеспечивающих, кроме традиционного перемещения груза, манипулирование грузом (поворот, наклон, вынесение вбок из плоскости подвеса и т. п.) — рис. 80.

В практике производства СМР широко распространены манипуляторы для автоматической сварки шаровых резервуаров из отдельных лепестков. Существует несколько типов указанных манипуляторов, разработанных проектными институтами и отдельными специалистами (Г. С. Сабировым, П. С. Рабиновичем, М. А. Яшновым и др.). Применение манипулятора существенно упрощает сборку и сварку трудоемкого изделия — шарового резервуара, обеспечивает высокую производительность труда, качество сварных швов и снижение себестоимости изделия. Схема одного из манипуляторов представлена на рис. 81.

На раме *3* манипулятора установлена платформа *2* с возможностью перемещения вдоль вертикальной оси при помощи домкрата *1*. На раме посредством кронштейна *4* закреплены приводные *5* и поддерживающие опоры *8* с роликами *6*. Приводные опоры посредством электроприводов *7* вращают предварительно собранный из лепестков резервуар. Совместно с манипулятором работает передвижной сварочный автомат, зафиксированный на вершине резервуара (на рисунке не показан). Такое положение сва-

рочного автомата обеспечивает высокое качество горизонтальных сварных швов. Так как толщина металла, из которого изготавляют резервуары, составляет 12 40 мм, то сварные швы выполняют за несколько проходов снаружи. Иногда для проварки корня шва сварочный автомат

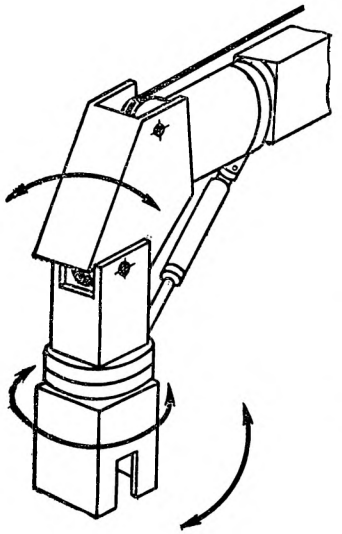


Рис. 80. Схема оголовка стрелы крана-манипулятора (стрелками показаны направления движения схвата)

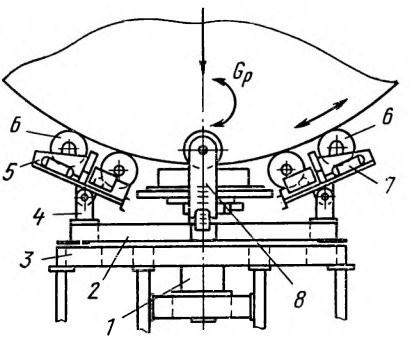


Рис. 81. Схема манипулятора для сварки шаровых резервуаров

устанавливают для работы внутри резервуара под контролем двух сварщиков (по условиям техники безопасности).

В местах контакта резервуара с роликами в зависимости от его веса возникают значительные контактные напряжения. При значительной величине сжимающей силы указанные напряжения могут вызвать остаточную деформацию стенки резервуара. Для исключения деформации количество роликов и расстояния между ними изменяют и принимают в зависимости от объема (веса) резервуара. Так для сварки резервуара вместимостью 600 м^3 и диаметром 10,5 м (толщина стенки $s=24$ мм) требуется не менее 16 стальных роликов, тогда как для резервуара вместимостью 2000 м^3 и диаметром 16 м необходимо уже 48 роликов. Количество роликов можно существенным образом снизить за счет применения пневматических колес (автомобильных или авиационных).

При установке парка одинаковых шаровых резервуаров на небольших высотных отметках манипулятор используют в качестве монтажного средства. После окончания сварки резервуара последний остается на платформе манипулятора. В это время под него подводят опорную конструкцию и закрепляют ее. После чего платформу опускают и манипулятор демонтируют.

Оригинальный способ изготовления шаровых резервуаров и конструкцию манипулятора разработал Гипротехмонтаж. Резервуар устанавливают на две опоры, для разгрузки которых нижнюю часть резервуара и манипулятор помещают в бассейн с водой (действует закон Архимеда). При этом отпадает необходимость применения большого количества роликов и их привода, но сохраняются все преимущества сборки на манипуляторе. Основные технические характеристики манипуляторов приведены в приложении IV.

§ 7. Промышленные роботы

Манипулятор в сочетании с автоматическим устройством управления становится промышленным роботом. Роботы предназначены для автоматического (программируемого) выполнения заданных операций по перемещению грузов и обладают возможностью быстрой перестройки и перехода на новые операции и режимы работы. Роботы выполняют три вида работ: погрузочно-разгрузочные (перегрузочные), загрузку технологического оборудования и технологические (сварку, сборку, окраску, эмалирование деталей и т. п.). На современных производствах промышленные роботы работают грузчиками, сварщиками, сборщиками, малярами, контролерами и пр.

Слово робот (чешское происхождение — подневольный труд, барщина) введено в оборот чешским писателем К. Чапеком в значении «искусный в работе человек». В наши дни термин означает машину с человекоподобным (антропоморфным) поведением, способную частично или полностью выполнять производственные функции человека.

Робот состоит из двух основных частей: исполнительной, включающей манипулирующее устройство *1*, схват *2* и механизм передвижения 3, воздействующей на технологический процесс (ТП), и управляющей, состоящей из управляющего устройства (УУ) и пульта управления (ПУ) — рис. 82, *а*. В состав УУ, кроме ПУ, предназначенного для ввода и контроля выполнения задания оператором, входят: запоминающее устройство (ЗУ) для хранения программы; вычислительное устройство (ВУ), реализующее алгоритм управления роботом; блок управления (БУП) механизмами робота *1*, *2*, *3* и датчики для контроля состояния механизмов робота (Д) и внешней среды (ВС) — рис. 82, *б*. УУ также оказывает управляющее воздействие

на работающее совместно с ним технологическое оборудование (ТО) и другие роботы.

По принципу управления различают роботы: первого поколения — с программным управлением, работающие по жесткой заданной программе и характеризующиеся элементарной обратной связью с окружающей средой; второго поколения, снабженные элементами очувствления

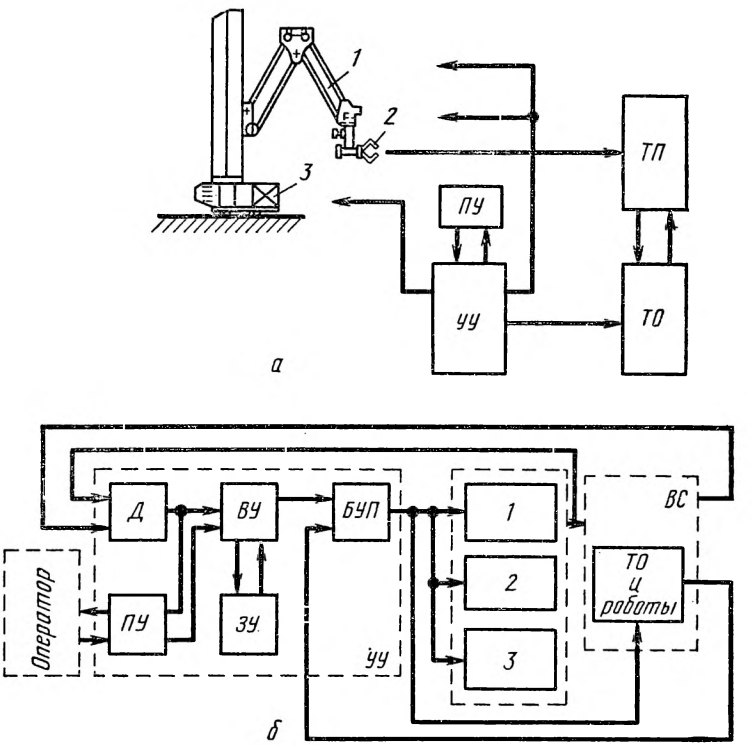


Рис. 82. Схемы промышленного робота (*а* — функциональная; *б* — блок-схема управления)

(сенсорикой в виде тактильных, локационных, телевизионных и др. устройств) и работающие по гибкой программе (корректируемой в процессе работы посредством мини- или микро-ЭВМ, обрабатывающей сенсорную информацию и вырабатывающей управляющее воздействие), и третьего поколения — интегральные с искусственным интеллектом (самообучающиеся). Если роботы второго поколения обладают только приспособляемостью к изменениям отдельных параметров внешней среды, то роботы третьего поколения способны формировать в себе модель внешней среды, распознавать и анализировать сложные ситуации, планировать поведение и строить программы движения исполнительного органа. Они полностью заменяют человека на операциях, требующих

достаточно высокой квалификации, обладают способностью к обучению и адаптации в процессе решения производственных задач.

Системы управления роботами подразделяют на контурную, при которой рабочий орган движется по заданной программой траектории с заданной скоростью; позиционную, при которой рабочий орган движется по заданным точкам позиционирования без контроля траектории движения между ними; цикловую, при которой точки позиционирования заданы посредством путевых устройств релейного типа и время задающих элементов, и адаптивную, при которой автоматически изменяется исполнение управляющей программы в зависимости от состояния контролируемых параметров внешней среды (расположения и свойств различных объектов) и робота (сенсорное восприятие).

По характеру выполняемых операций (различным производственно-техническим признакам) промышленные роботы разделяют на следующие группы: технологические, выполняющие основные операции технологического процесса (производящие или обрабатывающие машины); подъемно-транспортные, выполняющие вспомогательные операции типа «взять-перенести-положить», и универсальные, предназначенные для выполнения основных и вспомогательных технологических операций. По отечественным и зарубежным данным около 95 % всех действующих промышленных роботов относятся к группе подъемно-транспортных; из них 20 % обслуживают конвейеры и около 18 % заняты на операциях складирования.

По степени специализации промышленные роботы подразделяют на специальные, предназначенные для обслуживания узкой номенклатуры технологического оборудования в массовом и крупносерийном производствах; целевые (специализированные), предназначенные для выполнения технологических операций одного вида, например, штабелирования, объединенных общностью манипуляционных действий, и многоцелевые (универсальные), предназначенные для выполнения нескольких операций при обслуживании оборудования различного технологического назначения (различные приемы обслуживания и меняющиеся производственные условия). Последние широко применяют при производстве различных подъемно-транспортных и монтажных работ.

Познакомиться с устройством и работой промышленного робота можно на примере МАК-2-320, предназначенного для обслуживания подвесных грузонесущих конвейеров путем навешивания (снятия) подвески *6* с набором груза массой до 320 кг на крюк грузовой тележки (рис. 83).

Робот имеет несущую тележку-основание *2*, передвигающуюся вдоль подвесного конвейера *1* по параллельным путям *3*. На тележке размещены механизм передвижения,

обеспечивающий синхронизацию ее движения с конвейером, опорно-поворотное устройство с выдвижной рукой *4*, на которой установлен схват *5* — рычаг для снятия подвески *6* и блок гидроаппаратуры. Синхронизацию движения тележки обеспечивает шаговый гидрораспределитель, обес-

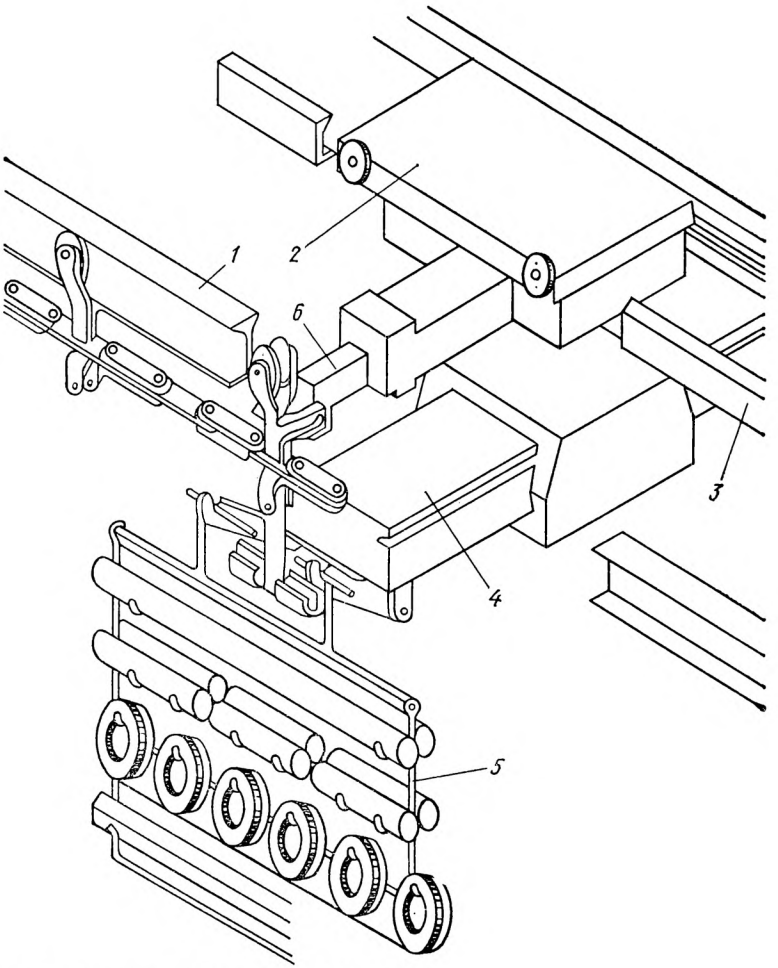


Рис. 83. Промышленный робот МАК-2-320

печивающий посылание импульсов для счета шагов, разгон и торможение тележки и удержание ее в заданной зоне траектории конвейера. Приводы всех механизмов робо-

та — гидравлические, управление роботом при помощи микро-ЭВМ. Основные технические характеристики современных промышленных роботов приведены в приложении IV.

Контрольные вопросы

1. Какие системы управления получили распространение на монтажных кранах и почему?
2. Изложите основные эргономические требования к кабине управления краном.
3. Какие кабины управления применяют на современных кранах и в каких условиях?
4. С какой целью кабина должна иметь хорошую обзорность и как это достигается?
5. Какой аппаратурой комплектуют современные кабины управления?
6. Какие преимущества обеспечивает кресло-пульт и как оно устроено?
7. Для чего на кране применяют телефонную и радиосвязь?
8. В каких случаях применяют дистанционное управление кранами и что это дает?
9. Что понимается под автоматизацией управления монтажным краном и в чем состоят трудности ее осуществления?
10. Что такое программное управление машиной и при помощи каких устройств его осуществляют?
11. Что такое манипулятор?
12. Как устроен и работает манипулятор МП-100?
13. Изложите назначение, устройство и работу манипулятора для сварки шаровых резервуаров.
14. Что такое промышленный робот?
15. На какие группы подразделяют промышленные роботы?
16. Как устроен и работает робот МАК-2-320?

Раздел II ГРУЗОПОДЪЕМНЫЕ МАШИНЫ

Глава VIII
ГРУЗОПОДЪЕМНЫЕ УСТРОЙСТВА

§ 1. Механические домкраты

Домкратом называют простое переносное и компактное грузоподъемное устройство, применяемое для подъема штучных грузов на высоту до 400 мм. В отличие от других ГПМ домкраты при работе располагают под грузом, что исключает необходимость применения громоздких вспомогательных сооружений и строповочных устройств. Выполняя подъем груза без толчков, домкраты обеспечивают высокую точность подъема грузов на заданную высоту. Поэтому их применяют для подъема оборудования и конструкций, перемещения их по горизонтали для установки на фундамент и предварительной выверки положения оборудования. Как и все ГПМ, домкраты могут иметь ручной или машинный привод. На практике получили распространение ручные механические: реечные, винтовые и клиновые, а также гидравлические домкраты.

В основу устройства ручных механических домкратов положен рычаг, связанный с зубчатой передачей (реечный), винтовой передачей (винтовой) или клином (клиновой домкрат). Реечные домкраты имеют грузоподъемность 3,5 и 10 т, наибольшую высоту подъема груза — ход домкрата 350 мм и собственную массу 19 62 кг. Домкрат состоит из штампованного стального корпуса *10*, в направляющих которого перемещается зубчатая рейка *7*, снабженная сверху поворотной головкой *8* для опирания груза, а внизу — лапой *9* для опирания низко расположенного груза (рис. 84, *а*). Рейка перемещается посредством зубчатой передачи *6*, вращаемой рукояткой *1*. Для удержания поднятого груза на высоте на приводном валу (рукоятки) установлен грузоподъемный тормоз с храповым колесом *4* и собачкой *5*. Обычно грузоподъемность домкрата на лапе вдвое меньше паспортной (на поворотной головке).

Необходимое рабочее усилие на рукоятке, кН

$F_р = G_{гр} d_о / 2iR\eta$, где $G_{гр}$ — вес груза, кН; $d_о$ — диаметр начальной окружности реечной шестерни, мм; i — передаточное отношение зубчатой передачи; R — рабочее плечо рукоятки, мм; $\eta = 0{,}8$ — к. п. д. домкрата.

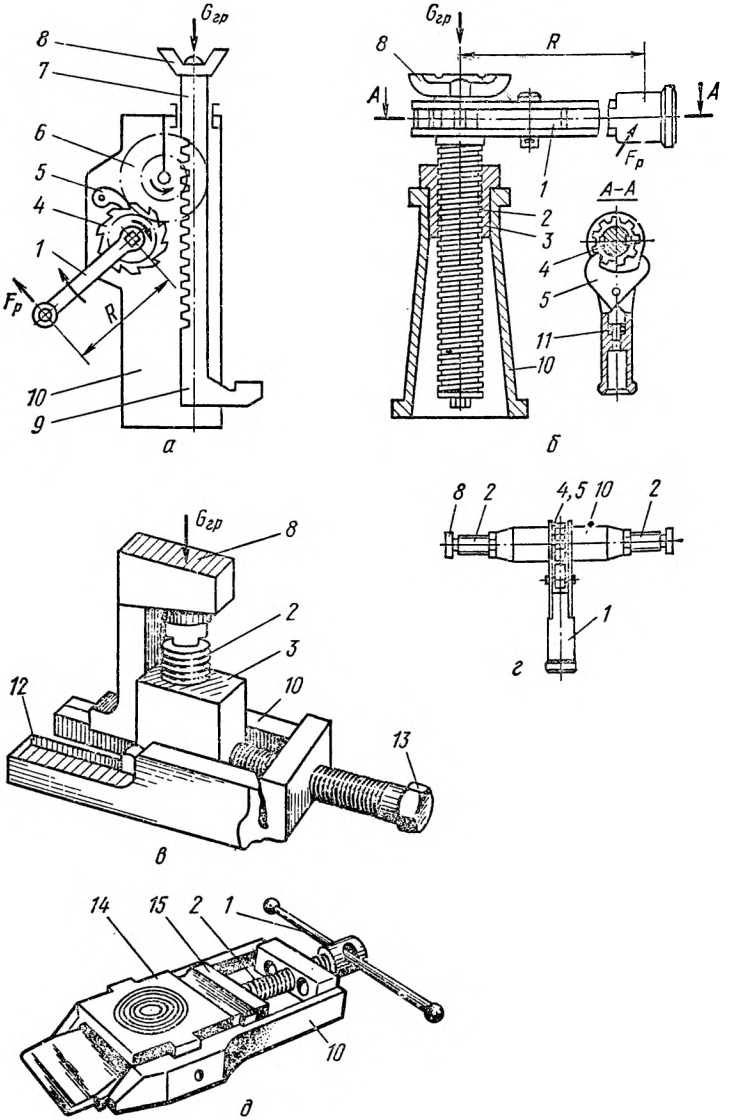


Рис. 84. Механические домкраты (*а* — реечный; *б* — винтовой; *в* — центратор; *г* — распорный; *д* — клиновой)

Винтовые домкраты имеют грузоподъемность 5, 10, 15 и 20 т, высоту подъема груза до 335 мм и собственную массу 10,8 54,5 кг. Домкрат состоит из литого стального (чугунного) корпуса *10*, в верхней части которого закреплена бронзовая (чугунная) гайка *3*, взаимодействующая с винтом *2* (рис. 86, *б*). На винте сверху закреплена поворотная головка *8*, передающая нагрузку на винт. Резьба винта однозаходная трапецеидальная по ГОСТ 9484—81 или упорная по ГОСТ 10177—82. Вращают винт качательными движениями рукоятки *1* с трещеткой. Трещетка состоит из храпового колеса *4* и двусторонней собачки *5* с подпружинным стопором *11*, что позволяет после установки собачки в соответствующее положение вращать рукояткой винт на подъем груза или на опускание его.

При подъеме груза необходимо преодолеть сумму моментов от веса груза, сил трения в резьбе и сил трения на опорной поверхности поворотной головки винта, Н·м.

$$\Sigma M = G_{гр}[\operatorname{tg}(\alpha + \rho)\, d_2/2 + f d_0/2],$$

где α — угол подъема винтовой линии, рад; ρ — угол трения, рад; d_2 — средний диаметр резьбы, мм; f — коэффициент трения; d_0 — средний диаметр опорной поверхности трения поворотной головки, мм.

Следует отметить, что шаг винтовой линии $p = \pi d_2 \operatorname{tg} \alpha$, мм, а $f = \operatorname{tg} \rho$, где $f = 0{,}08$ — коэффициент трения витков стального винта и бронзовой гайки, $f = 0{,}12$ — для стального винта и чугунной гайки и $f = 0{,}15$ — для трения стали по стали (со смазкой). Для исключения самопроизвольного опускания груза под действием силы тяжести при отсутствии усилия на рукоятке винтовая передача должна быть самотормозящей, т. е. необходимо соблюдать неравенство $\alpha < \rho = \operatorname{arctg} f = 0{,}09...0{,}1$ рад. На практике домкраты выполняются с углом подъема винтовой линии 0,07 0,08 рад и не снабжаются какими-либо тормозными устройствами.

Необходимое рабочее усилие на рукоятке, кН

$$F_р = \Sigma M / R.$$

В конструкции домкрата предусматривают устройство, исключающее полный выход винта из гайки. Некоторые домкраты снабжают поперечными салазками с дополнительным горизонтальным винтом, обеспечивающим смещение поднимаемого груза в сторону, например, домкрат-центратор грузоподъемностью 5 т конструкции треста Запорожметаллургмонтаж (рис. 84, *в*). Гайка *3* домкрата

установлена в салазках *12* корпуса *10* и вращением винта *13* может перемещаться в горизонтальном направлении на 150 мм. Высота подъема домкрата — 65 мм. Указанный домкрат позволяет точно регулировать положение монтируемого груза по высоте и горизонтали.

Для правки элементов металлоконструкций или горизонтального перемещения грузов на расстояния до 130 мм применяют винтовые распорные домкраты, имеющие два винта с левой и правой резьбой *2* (рис. 84, *г*). При вращении горизонтального корпуса *10* (при помощи рукоятки *1* с трещеткой *4*, *5*) поворотные головки *8* расходятся или сближаются.

Для выверки монтируемого технологического оборудования при установке его на фундаменты применяют клиновые домкраты грузоподъемностью 5 и 10 т с максимальным ходом 10 15 мм и собственной массой 5,5 и 13,5 кг соответственно. Незначительная масса и малая высота (100 150 мм) обусловливают широкое применение клиновых домкратов в тех случаях, когда другие конструкции подвести под оборудование невозможно. В стальном корпусе *10* в вертикальных пазах свободно установлена опорная плита *14*, имеющая клиновую нижнюю поверхность, опирающуюся на клин *15* (рис. 84, *д*). Вращение винта *2* вызывает перемещение клина и соответственно подъем (опускание) опорной плиты. Для выверки технологического оборудования в горизонтальной плоскости применяют подкладки регулируемые — ПР-3, ПР-5 и ПР-10 (типа клиновых домкратов) грузоподъемностью, соответственно, 3,5 и 10 т; с высотой подъема — 12...16 мм и собственной массой 2,7 ... 3,85 кг. Рабочее усилие на рукоятке винта 250 300 Н.

§ 2. Гидравлические домкраты

Гидравлические домкраты, имеющие большую грузоподъемность (10 ... 200 т) и малые габариты, получили широкое распространение для подъема КТО. Высота подъема груза 75 155 мм, собственная масса 6 ... 209 кг.

Гидродомкрат — простейший пример объемной гидравлической передачи с поступательным движением звеньев, работу которой удобно рассмотреть на схеме (рис. 85, *а*). В соответствии с законом Паскаля давление, создаваемое поршневым насосом *1*, во всем замкнутом объеме рабочей жидкости одинаково и равно $p=F_1/A_1=F_2/A_2$, Па, где F_1 и F_2 — соответственно нагрузки на поршни *1* и *2*, Н; A_1 и A_2 — площади поршней, м^2. При опускании поршня *1* на величину l_1 (ходе поршня) он вытеснит объем жидкости $V=A_1l_1$. Так как объем гидросистемы — замкнутый, а жидкость практически не сжимаема, то поршень *2* подни-

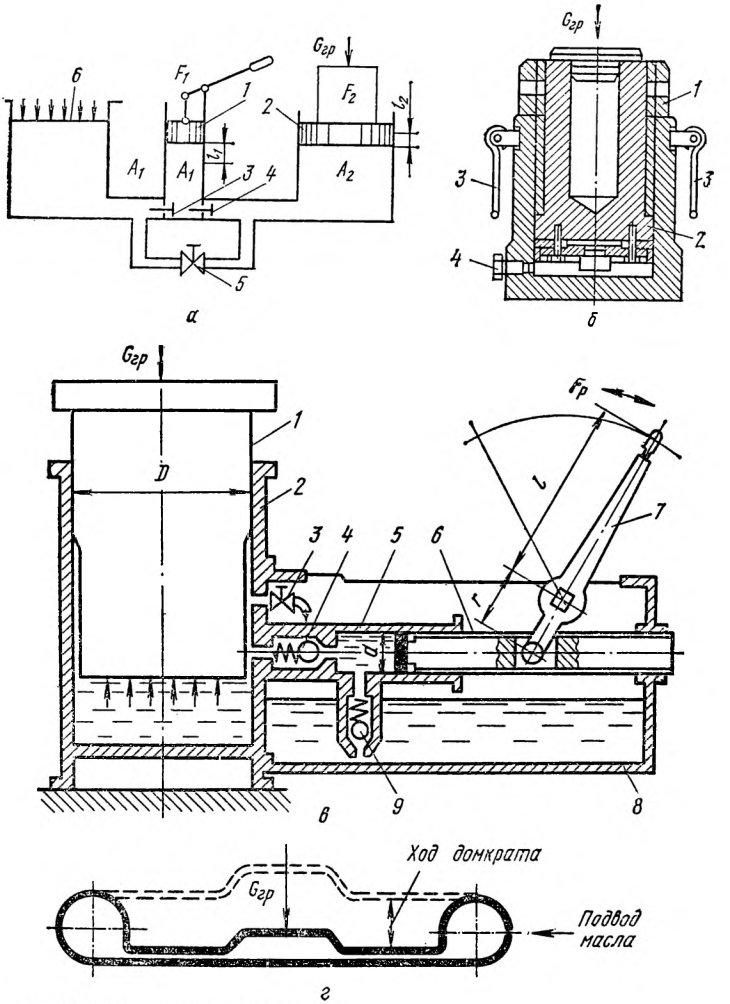


Рис. 85. Гидравлические домкраты:
а — принципиальная схема действия объемного гидропривода; *б* — без насоса; *в* — со встроенным насосом ручного действия; *г* — беспоршневой

мается на величину $l_2 = V/A_2$, т. е. меньшую, чем l_1 в число раз пропорциональное отношению A_2/A_1. Соответственно и усилие на рабочем поршне *2* будет во столько же раз больше. Для регулирования потока рабочей жидкости служат два клапана: всасывающий *3* и нагнетательный *4*, а также перепускной клапан *5*, связанный с резервуаром *6*.

Гидродомкрат состоит из стального корпуса-цилиндра *1* высокого давления (32 ... 40 МПа), в котором перемеща-

ется поршень *2* (рис. 85, *б*). Для переноски корпус снабжен ручками *3*, а для подачи рабочей жидкости служит штуцер *4*. Домкрат данной конструкции предназначен для работы с внешним ручным насосом или приводной насосной станцией. Домкраты гидравлические серии ДГО грузоподъемностью 20, 50, 100 и 200 т имеют встроенные насосы ручного действия. Такой гидравлический домкрат состоит из корпуса *2*, в котором размещен цилиндр с поршнем *1*, плунжерный насос *5* с рукояткой *7*, всасывающий *9*, нагнетательный *4* и перепускной *3* клапаны, резервуар *8* для рабочей жидкости и цилиндр плунжерного насоса *5* (рис. 85, *в*). Поршень и плунжер в цилиндрах уплотнены манжетами.

При ходе (качании) рукоятки влево (холостой ход) плунжер рабочего насоса передвинется вправо и в полости цилиндра *5* возникнет разрежение (давление — ниже атмосферного). Резервуар рабочей жидкости связан с атмосферой, поэтому давление жидкости преодолеет силу сжатия пружины всасывающего клапана и полость цилиндра заполнит рабочая жидкость. При обратном ходе рукоятки (рабочий ход) плунжер передвинется влево и создает в полости цилиндра избыточное (повышенное) давление, под действием которого закроется всасывающий клапан и откроется нагнетательный, через который рабочая жидкость перейдет в рабочий цилиндр под поршень *1*. Возвратным качательным движением рукоятки поднимают груз на заданную высоту. Для опускания груза открывают перепускной клапан, через который жидкость под действием силы тяжести перетекает в резервуар. Изменяя проходное сечение отверстия перепускного клапана, регулируют скорость опускания груза.

Так как давление рабочей жидкости в гидродомкрате, Па

$$p = 4G_{гр}/\pi D^2,$$

то усилие на плунжере насоса, Н

$$F = p\pi d^2/4,$$

где D и d — соответственно диаметры поршня и плунжера насоса, м. Тогда необходимое рабочее усилие на рукоятке, кН

$$F_р = G_{гр}\frac{d^2}{D}\frac{r}{L}\eta,$$

где $L = 500$ 800 мм — рабочее плечо рукоятки; $r = 0{,}05L$ —

короткое плечо рукоятки, связанное с плунжером, мм; $\eta = 0{,}8$ — к. п. д. домкрата.

К гидравлическим домкратам относят также беспоршневые домкраты. Принцип их действия заключается в том, что замкнутый объем домкрата, заполненный рабочей жидкостью, может упруго деформироваться под действием высокого давления (рис. 85, *г*). Очевидно, что рабочее давление создает внешний насос. Наибольшая грузоподъемность такого домкрата 200 т при высоте подъема 20 мм.

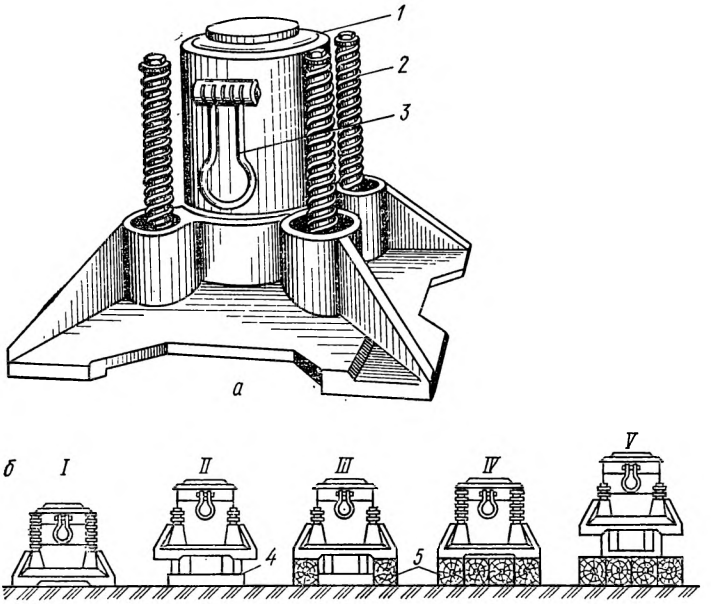


Рис. 86. Гидродомкрат двойного действия:
а — общий вид; *б* — схема работы домкрата; *1* — цилиндр домкрата; *2* — возвратные пружины; *3* — ручки; *4* — поршень; *5* — брусья; I...V — положения домкрата

На СМР применяют также гидродомкраты двойного действия (реверсивные) грузоподъемностью 50, 100 и 200 т (рис. 86, *а*). В этих домкратах поднимается не поршень, а сам цилиндр (корпус). При работе домкрата поршень остается неподвижным, а цилиндр поднимается, сжимая при этом возвратные пружины, которые после снятия нагрузки с домкрата подтягивают поршень вверх. Такие домкраты применяют с использованием выкладываемой под грузом клетки из шпал (брусьев) для подъема грузов на высоту более 2 м. Последовательность операций по подъему груза показана на рис. 86, *б*. Из исходного положения I цилиндр домкрата с грузом поднимают в положение II, после чего под него подкладывают брусья (положение III). После открытия перепускного клапана и снятия нагрузки с поршня возвратные пружины поднимают поршень, под который подкладывают брусья (положение IV) и вновь включают домкрат в работу (положение V). Далее все операции повторяют.

С целью повышения грузоподъемности гидродомкраты объединяют в общую систему-батарею, подключаемую к одной насосной станции. При этом груз должен равномерно опираться на все домкраты. Преимущество данной схемы состоит в том, что давление рабочей жидкости во всех домкратах одинаково. Очевидно, что все гидродомкраты должны быть одной марки.

Для вытяжки, испытания и натяжения канатной и пучковой (проволочной) напрягаемой арматуры, а также при монтаже вантовых покрытий применяют специальные тянущие гидравлические домкраты с рабочим усилием 0,5—10 МН. В качестве рабочей жидкости в гидродомкратах применяют минеральные масла — индустриальное марок И-20 и И-30 по ГОСТ 29799—75 или веретенное АУ по ГОСТ 1642—75, а в зимнее время смесь глицерина с водой.

§ 3. Лебедки с ручным приводом

Лебедка — грузоподъемная машина, преобразующая вращательное движение вала приводящего двигателя в поступательное движение гибкого органа, используемое для перемещения грузов. Обычно лебедки применяют в качестве сборочной единицы механизма. Для подъема грузов при помощи канатов через неподвижные блоки или с помощью полиспастов, а также для горизонтального перемещения грузов при производстве СМР, ремонта промышленного оборудования и других работ применяют лебедки, которые по назначению делят на лебедки общего назначения и специальные монтажные, работающие совместно с такелажными средствами. Лебедки крановых механизмов аналогичны монтажным, однако не имеют жесткой рамы, а их сборочные единицы крепят к металлоконструкции крана. Монтажные лебедки разделяют на подъемные и тяговые. По способу установки лебедки разделяют на стационарные (напольные и настенные) и передвижные (наземные и подвесные). По виду привода — ручные и машинные (электрические и реже пневматические грузоподъемностью до 1 т, применяемые во взрывоопасных средах). В свою очередь, электрические лебедки разделяют на лебедки с жесткой кинематической связью и управляемые посредством фрикционной муфты. По виду рабочего органа лебедки разделяют на барабанные (один, два или несколько) и рычажные (только ручные).

Основными параметрами лебедок являются тяговое усилие, канатоемкость барабана и скорость навивки каната, которые наряду с маркой лебедки и ее номером должны быть выбиты на табличке завода-изготовителя. Все барабанные лебедки в обязательном порядке оснащают остановами или тормозами для удержания поднятого груза на высоте.

Рама ручной напольной однобарабанной лебедки состоит из двух боковых щитов *6*, связанных распорными стяжками (рис. 87, *а*). В щитах закреплены подшипниковые опоры валов зубчатых передач *2*, *4* (барабана *3*). Приводной вал *1* получает крутящий момент от двух съемных рукояток. На приводном (быстроходном) валу установлен грузоподъемный тормоз *3* с собачкой. Лебедка имеет три вала и двухступенчатую зубчатую передачу. В некоторых конструкциях лебедки предусмотрены две скорости навивки каната на барабан, получаемые переключением вручную блока шестерен на ведущем валу. Барабан лебедки — гладкий с ребордами, навивка каната — многослойная без канатоукладчика.

Грузовой момент на валу барабана $M_б = F_к D_б/2$, Н·м, где $F_к$ — тяговое усилие в канате, Н; $D_б$ — диаметр барабана по центру оси каната последнего слоя навивки, м.

Необходимое рабочее усилие на рукоятке, Н

$$F_р = M_б/i_0 l_р n\varphi\eta,$$

где i_0 — общее передаточное отношение зубчатой передачи, η — общий к. п. д. передачи, $l_р$, n и φ (см. § 2, гл. VI).

Ручные напольные лебедки ЛР-1,25; ЛР-3,2; ЛР-5 и ЛР-8 развивают тяговые усилия соответственно 12,5; 32; 50 и 80 кН на первой передаче. Канатоемкость двух первых лебедок — 50 м, двух других — 75 м. Масса лебедок 160... 900 кг.

Реже, в стационарных условиях, применяют ручные настенные барабанные лебедки с тяговым усилием 2,5 и 5 кН с червячной самотормозящей передачей для привода барабана (рис. 87, *б*).

Пример. Определить тяговое усилие ручной напольной барабанной лебедки со следующими параметрами: $D_б = 300$ мм — диаметр барабана; $l_р = 400$ мм — длина плеча приводной рукоятки; $n = 2$ чел. — число рабочих; $z_1 = 20$ шт., $z_2 = 100$ шт. — число зубьев колес передачи 2 и $z_3 = 16$ шт., $z_4 = 128$ шт. — передачи 4; $\eta = 0{,}75$ — к. п. д. передач (рис. 87, *в*).

Решение. 1. Передаточное отношение двухступенчатой зубчатой передачи от приводного вала к валу барабана

$$i_0 = i_1 i_2 = z_2 z_4/z_1 z_3 = 100 \cdot 128/20 \cdot 16 = 40.$$

2. Крутящий момент на приводном валу при усилии одного рабочего на рукоятке $F_р = 160$ Н

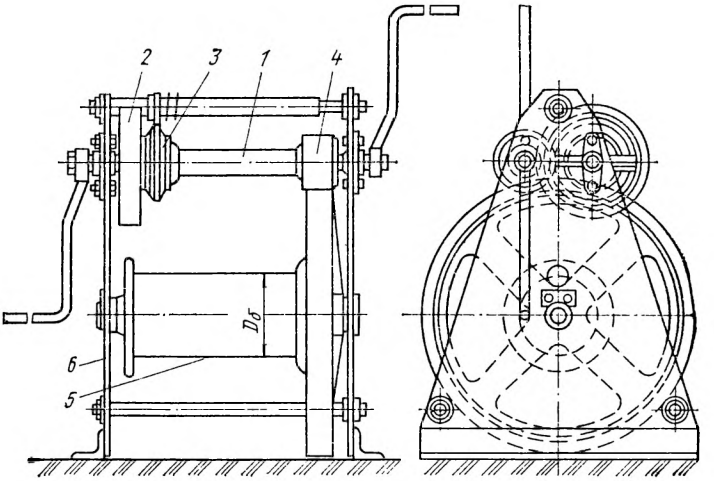
$$M_р = F_р n l_р \varphi = 160 \cdot 2 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}4 = 102 \text{ Н·м}.$$

3. Крутящий момент на валу барабана

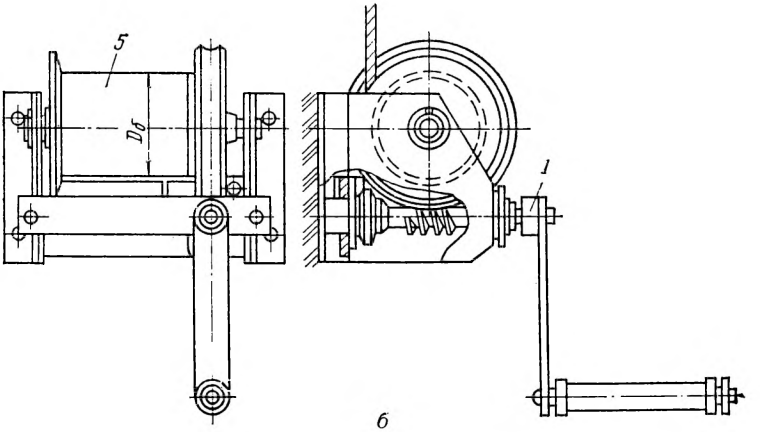
$$M_б = M_р i_0 \eta = 102 \cdot 40 \cdot 0{,}75 = 3080 \text{ Н·м}.$$

4. Тяговое усилие в канате лебедки

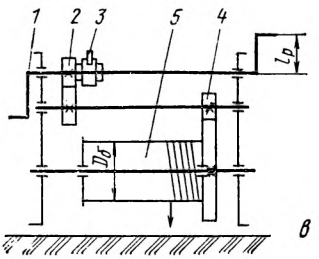
$$F_к = 2M_б/D_б = 2 \cdot 3080/0{,}3 = 20600 \text{ Н} = 20{,}6 \text{ кН}.$$



а



б



в

Рис. 87. Ручные барабанные лебедки:

а — напольная; *б* — настенная; *в* — кинематическая схема; *1* — приводной вал; *2*, *4* — зубчатые передачи; *3* — грузоупорный тормоз; *5* — барабан; *6* — рама

В практике производства СМР для подъема и перемещения грузов, натягивания расчалок, вант, оттяжек и пр. широко применяют ручные рычажные лебедки старого образца и современные механизмы тяговые монтажные (МТМ) — рис. 88, *а*, *б*. Рабочим органом такой лебедки является тяговый механизм, снабженный рукоятками переднего *1* и заднего *4* хода (рис. 88, *в*). Рукоятка переднего хода тягой *2* связана с валом поводка *3*, представляющего собой двуплечий рычаг, соединенный цапфами и тягой *13*

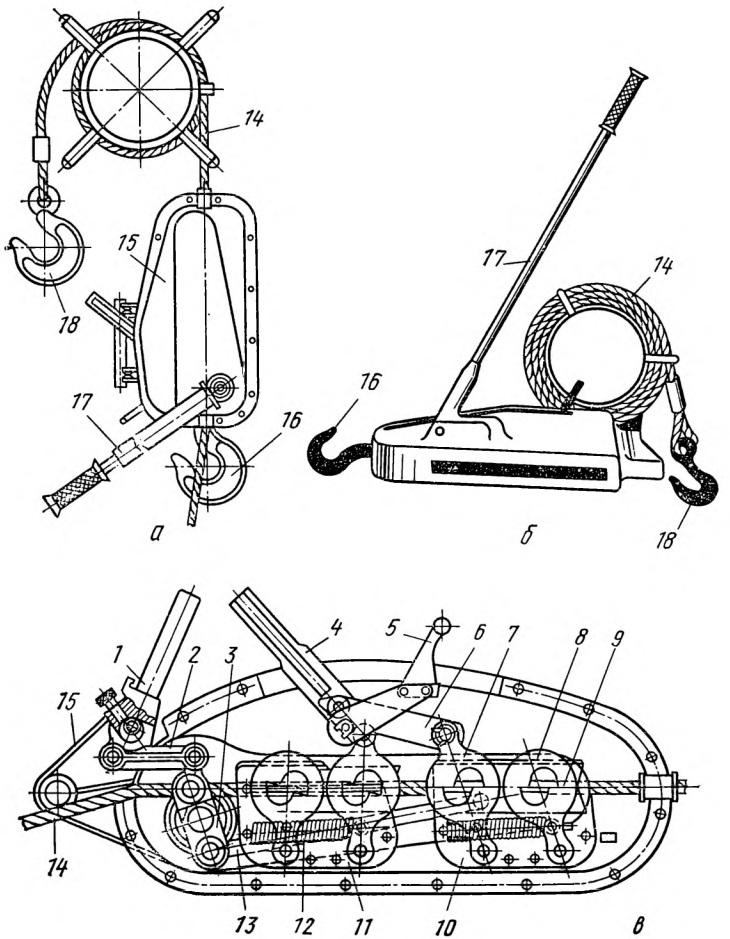


Рис. 88. Ручные рычажные лебедки (общий вид лебедки (*а*); механизм тягового монтажного (*б*); *в* — устройство лебедки)

с передним захватом *11* и задним захватом *10*. Рукоятка заднего хода шарнирно соединена с передним и тягой *6* с задним захватом *10*. В корпусах захватов установлены серьги *7* и *8*, в которых размещены сухари *9*, охватывающие канат *14*.

При качании (повороте) рукоятки *1* по часовой стрелке сухари переднего захвата *11* освобождают канат и перемещаются вместе с серьгами вдоль каната вправо. В это время сухари заднего захвата *10* зажимают и держат канат. При обратном ходе рукоятки *1* сухари захвата *11* зажимают канат и перемещают его влево, а сухари захвата *10* освобождают канат. Затем цикл повторяют. Начальное давление, необходимое для захвата каната, обеспечивают сжатые пружины *12*. Аналогичным образом, качая рукоятку *4*, обеспечивают перемещение каната в обратную сторону (вправо). Оттяжка (рычаг) *5* служит для временного раскрытия обоих захватов при запасовке стального каната *14*. Во избежание повреждения тягового механизма между валом поводка и рукояткой переднего хода установлены предохранительные штифты, срезаемые при перегрузке лебедки.

Для удобства и безопасности работы тяговый механизм

Таблица 16. **Основные технические характеристики рычажных лебедок**

Основные параметры	Лебедка		МТМ	
	Л-1,5	Л-3	1,6	3,2
Наибольшее тяговое усилие, кН	15	30	16	32
Диаметр каната, мм	12	16,5	12	16,5
Подача каната за один двойной ход рычага, мм	25	13/17,5	27	14/24
Скорость подачи каната, м/мин	3	0,9...2,5	—	—
Длина каната, м	12		12	
Длина рычага, мм	1080	1250	—	—
Наибольшее усилие на рычаге, Н	320		320	
Масса механизма, кг:				
с канатом	28	51,5	28	50
без каната	16,3	29	15,5	28,5
Количество обслуживающих рабочих, чел	1...2		1...2	
Отпускная цена, руб.	42	72	73	78

заключен в корпус *15* с ручкой, а на рукоятки надевают телескопический рычаг *17* для увеличения прилагаемого крутящего момента. В качестве гибкого органа применяют канаты с металлическим сердечником типа ЛК-Р 6×19+7×7 по ГОСТ 14954—80.

Принцип действия тягового механизма основан на протягивании каната через механизм при помощи двух пар управляемых захватов, попеременно зажимающих канат с усилием, пропорциональным приложенной нагрузке. Для движения каната необходимо качать соответствующую рукоятку. Во время работы лебедку подвешивают за крюк *16*, укрепленный на корпусе, а груз цепляют крюком *18*, закрепленным на конце тягового каната. Основные технические характеристики ручных рычажных лебедок приведены в табл. 16.

§ 4. Лебедки с машинным приводом

Очевидно, что ручные барабанные лебедки не могут развивать значительные тяговые усилия в длительном режиме, поэтому широко применяют лебедки с машинным приводом (электрические, реже с приводом от ДВС, например тракторные). При производстве СМР широкое распространение получили электрореверсивные лебедки (рис. 89).

Лебедка состоит из рамы *1*, установленной обычно на санях для удобства передвижения в пределах площадки. На раме смонтированы барабан *2* в сборе с ленточным тормозом *3*, открытая зубчатая передача *4*, электродвигатель *9*, колодочный тормоз *10* и редуктор *11*. Крутящий момент от выходного вала редуктора на открытую зубчатую передачу передает промежуточный вал *8*, одну из муфт *6* которого иногда выполняют разъемной. Это позволяет при необходимости отсоединить барабан от привода и свободно сматывать канат с барабана, регулируя скорость ножным ленточным тормозом *3*, например при растягивании полиспастов вспомогательным грузом или при помощи трактора после их запасовки. Однако данные электролебедки разрешено применять для подъема грузов только после надежной фиксации разъемной муфты в закрытом положении во избежание аварий. Управление лебедкой с установленного на раме пульта *7* — кнопочное или контроллерное. Лебедки большой грузоподъемности оборудуют откидным сидением *5* с брезентовым тентом или крытой кабиной для оператора. При необходимости применяют дистанционное управление.

Необходимая мощность электропривода в режиме установившегося движения, кВт

$N = Fv/\eta$,

где F — тяговое усилие лебедки, кН; v — скорость навивки каната, м/с; η — к. п. д. передачи.

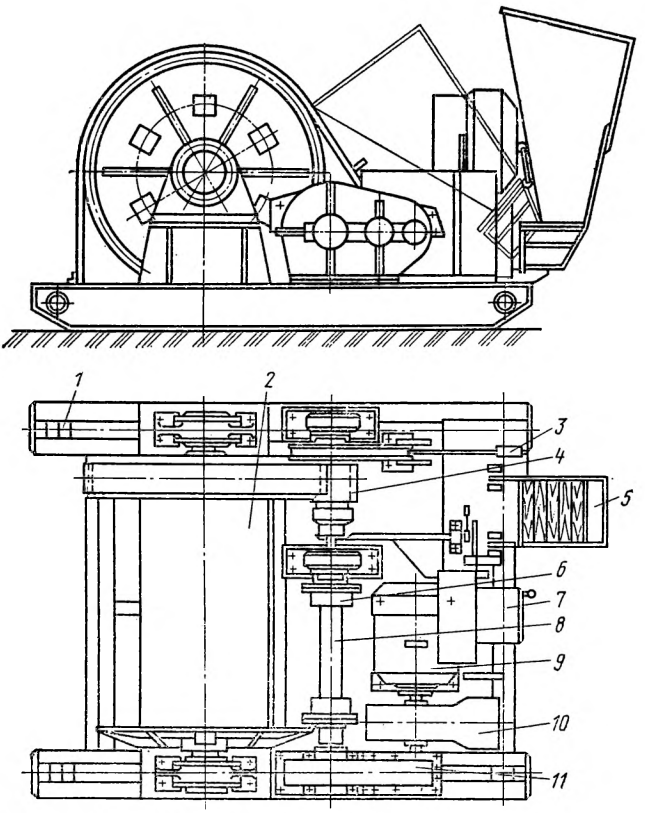


Рис. 89. Электрореверсивная монтажная лебедка

На практике часто приходится применять на одной лебедке канаты разного диаметра. При этом канатоемкость барабана лебедки, м

$L = nz\pi/1000\,(D_б + d_к z) - 2\pi D_б/1000$,

где n — число витков каната, укладываемых по рабочей длине барабана ($n = l/p$), шт.; l — рабочая длина барабана, мм; p — шаг навивки каната, мм ($p = d_к$ — для гладких

барабанов; $p=1{,}1d_к$ — для нарезных барабанов); z — число слоев навивки каната, шт.; $D_б$ — диаметр барабана, мм; $d_к$ — диаметр каната, мм. Последний член выражения учитывает длину дополнительных витков каната на барабане лебедки.

Очевидно, что с увеличением диаметра каната канатоемкость барабана снижается.

Пример. Определить канатоемкость барабана лебедки при условии: $D_б=300$ мм, $l=800$ мм, $z=4$ слоя, $d_к=17{,}5$ мм.

Решение. 1. Шаг навивки каната на нарезной барабан

$$p = 1{,}1d_к = 1{,}1\cdot 17{,}5 = 19{,}3 \text{ мм}.$$

Тогда число витков каната, укладываемых по рабочей длине барабана

$$n = l/p = \frac{800}{19{,}3} = 42 \text{ шт}.$$

2. Канатоемкость барабана $L=42\cdot 4\cdot 3{,}14/1000/(300 + 17{,}5\cdot 4)-2\times \times 3{,}14\cdot 300/1000=0{,}526\cdot 370-1{,}88=195-1{,}88\simeq 193$ м.

В отечественной практике производства СМР распространены однобарабанные лебедки, тогда как за рубежом применяют и двухбарабанные лебедки.

В зарубежной практике в комплекте с монтажными мачтовыми подъемниками и вантовыми деррик-кранами также применяют лебедки с приводом от ДВС, не зависящие от наличия источников электропитания. Однако вследствие большой скорости навивки каната на барабан последние лебедки, а также тракторные лебедки с тяговым усилием до 75 кН распространения не получили.

Лебедки, в которых крутящий момент на барабан передает управляемая фрикционная муфта (фрикционные), применяют на вспомогательных работах. Применять указанные лебедки для подъема и перемещения груза при производстве СМР запрещено.

Так как современная монтажная лебедка должна развивать большое тяговое усилие при большой канатоемкости барабана, а навивка каната большого диаметра на большой радиус барабана требует высокой мощности привода и прочности деталей механизма, Гипронефтеспецмонтаж предложил принципиально новую конструкцию специальной монтажной лебедки ЛМС-32, заменив классическую компоновку ее сборочных единиц специальным тяговым механизмом со шкивами трения и барабаном-накопителем. Тяговый механизм по существу представляет собой шпилевую лебедку, в основе работы которой лежит навивка каната за счет сил трения (закон Эйлера) без закрепления его конца на барабане (рис. 90, *а*). Сбегающая с барабана лебедки ветвь каната нагружена в $e^{\mu\alpha}$ раз меньше, чем тяговая ветвь, где $e=2{,}72$ — основание натурального лога-

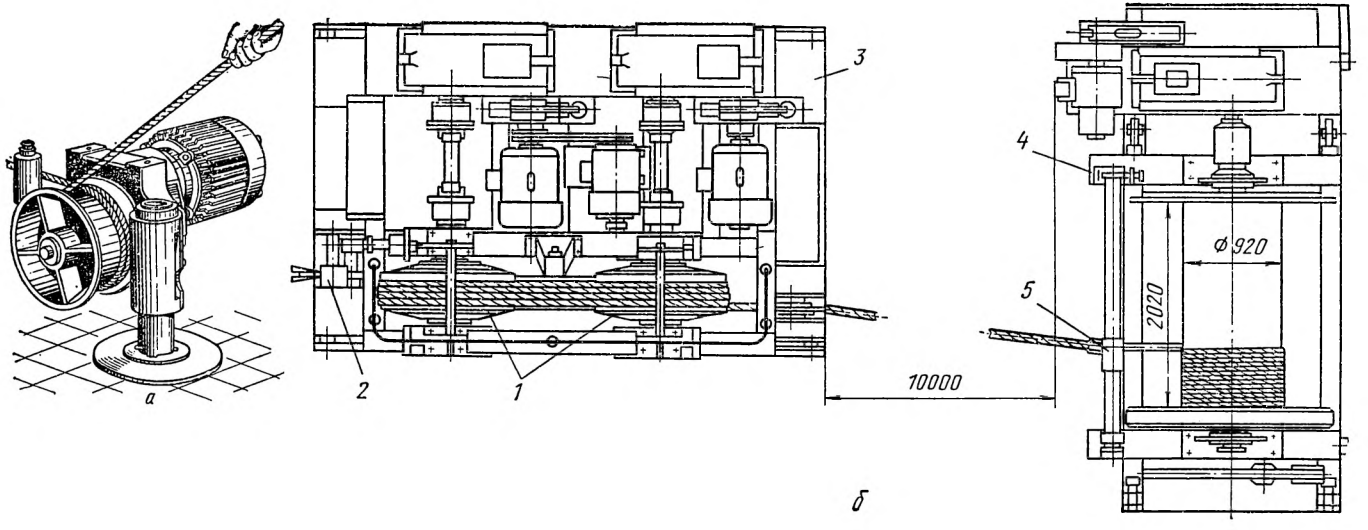


Рис. 90. Специальная монтажная лебедка ЛМС-32:
а — принцип действия; *б* — общий вид

рифма; $\mu=0{,}15...0{,}2$ — коэффициент трения каната по барабану; α — угол обхвата барабана канатом, рад.

Тяговый механизм *3* этой лебедки состоит из двух приводных блоков — канатоведущих шкивов *1* диаметром 1240 мм с пятью ручьями под канат, установленных на небольшом расстоянии друг от друга (рис. 90, *б*). Такая схема обеспечивает угол обхвата шкивов канатом 9π раз. При этом $e^{\mu\alpha}=2{,}72^{0{,}2\cdot 9\cdot 3{,}14}=2{,}72^{5{,}66}\approx 150$, т. е. усилие в канате, навиваемом на барабан-накопитель, в 150 раз меньше тягового усилия каната. Это условие обеспечивает высокий срок службы каната при многослойной навивке его на барабан практически без нагрузки и упрощает привод барабана-накопителя *4*. Переменную скорость вращения барабана обеспечивают за счет скольжения ротора приводного электродвигателя. Минимальное расстояние между тяговым механизмом и барабаном-накопителем — не менее 10 м. Барабан-накопитель снабжен канатоукладчиком *5* с ходовым винтом. Для измерения развиваемого лебедкой тягового усилия на первом витке каната в тяговом механизме установлен силоизмеритель типа СКЭД 2. Основные технические характеристики монтажных лебедок приведены в табл. 17.

Таблица 17. **Основные технические характеристики монтажных электрореверсивных лебедок**

Основные параметры	Марка лебедки		
	ЛМ-3,2	ЛМ-5М	ЛМ-8
Номинальное тяговое усилие, кН	32	50	80
Диаметр каната, мм	16,5	22	28,5
Канатоемкость барабана, м	250	250	350
Число слоев навивки каната на барабан, шт.	6	5	5
Скорость навивки каната, м/с	0,254... 0,408	0,2...0,3	0,085...0,117
Диаметр барабана, мм	205	—	500
Мощность электродвигателя, кВт	12,5	14,5	11
Собственная масса, кг	835	1200	2125

Продолжение

Основные параметры	Марка лебедки		
	ЛМ-12,5	ЛМС-16	ЛМС-32
Номинальное тяговое усилие, кН	125	160	320
Диаметр каната, мм	29	31	42
Канатоемкость барабана, м	800	1300	2000
Число слоев навивки каната на барабан, шт.	7	8	10
Скорость навивки каната, м/с	0,09... 0,133	0,106... 0,166	0,15/0,3
Диаметр барабана, мм	750	800	920
Мощность электродвигателя, кВт	22	30	40
Собственная масса, кг	5600	6600	24 800

Примечание: По лебедке ЛМС-32 приведены данные барабана-накопителя; скорость навивки каната (в числителе — под нагрузкой, в знаменателе — без нагрузки).

§ 5. Установка монтажных лебедок

Монтажную лебедку необходимо установить таким образом, чтобы без перестановки было можно смонтировать максимальное количество единиц оборудования и конструкций. Место установки лебедки должно находиться вне зоны возможного падения поднимаемого груза или такелажных средств. Сама лебедка, канат и отводные блоки не должны мешать перемещению груза. Места расположения лебедки и отводных блоков, а также способы их крепления указывают в проекте производства работ (ППР). Так как собственный вес лебедки меньше развиваемого ею тягового усилия, для того чтобы она не смещалась в процессе работы, лебедку *1* необходимо надежно закрепить на раме, фундаменте или основании при помощи болтов, балласта *3* или якорей *2* (рис. 91). При этом усилие закрепления должно в 1,5 раза превышать тяговое усилие.

В случае крепления лебедки к якорю для их соединения применяют стальной канат *4*, который охватывает раму лебедки, а затем его соединяют с якорем или элементом строительной конструкции. Все канаты для крепления лебедок выбирают по расчету. При установке лебедки на

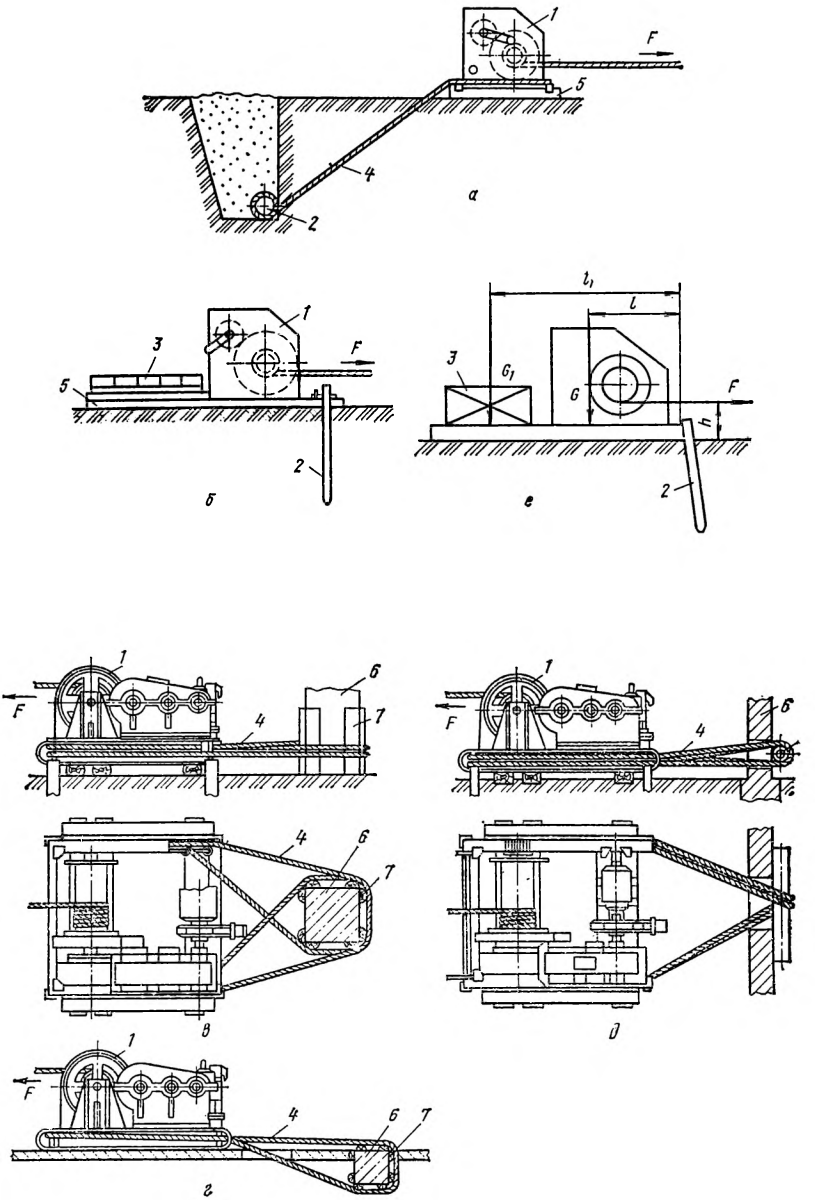


Рис. 91. Крепление монтажных лебедок (*а* — за якорь; *б* — загрузкой балластом; *в* — за колонну; *г* — за ригель; *д* — закладной деталью в стене; *е* — расчетная схема)

земле под раму кладут деревянные брусья *5*. В случае крепления лебедки за элементы строительных конструкций *6* решение необходимо согласовать с проектной организацией и с целью предохранения конструкций от деформаций, а крепящих канатов от разрушения на острые кромки конструкций следует ставить прокладки *7* из дерева или отходов труб.

Устойчивость лебедки проверяют расчетом на опрокидывание относительно переднего края рамы (рис. 93, *е*). При этом опрокидывающий момент воспринимает находящийся на раме балласт, а сдвигающее усилие — якорь. Требуемый вес балласта (кН) может быть определен из условия равенства моментов сил (устойчивости лебедки)

$$G_1 = \frac{kFh - Gl}{l_1},$$

где k — коэффициент запаса устойчивости лебедки (обычно $k=2$); F — усилие в тяговой ветви каната, кН; h — высота расположения оси каната над уровнем земли, м; G — вес лебедки, кН; l — расстояние от центра тяжести лебедки до ребра опрокидывания, м; l_1 — расстояние от центра тяжести балласта до ребра опрокидывания, м.

Пример. Определить вес необходимого балласта для крепления ручной напольной лебедки с усилием $F=30$ кН, при условии: $G=12$ кН, $h=0{,}5$ м, $l=1$ м, $l_1=2$ м.

Решение. Вес балласта составит

$$G_1 = \frac{2\cdot 30\cdot 0{,}5 - 12\cdot 1}{2} = 9 \text{ кН}.$$

Во избежание отрыва лебедки от опорной поверхности направление тяговой ветви каната должно быть параллель-

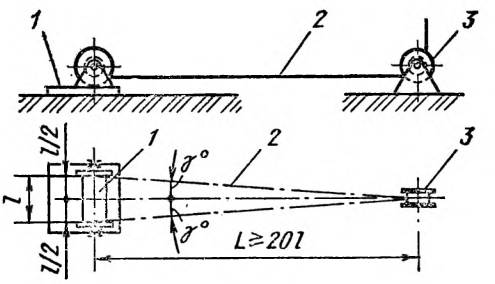


Рис. 92. Схема установки отводного блока:
1 — лебедка; *2* — канат; *3* — отводной блок

но плоскости ее установки, а для правильной навивки и укладки на барабане лебедки канат не должен отклоняться от плоскости, перпендикулярной оси барабана более чем на угол девиаций — γ, зависящий от формы и глубины канавок на блоке и барабане (рис. 92). Допустимое значение угла $\gamma=0{,}03$ рад — для гладких барабанов и $\gamma=0{,}1$ рад для

нарезных. Тогда минимальное расстояние между осями гладкого барабана и отводного блока

$$L = l \operatorname{ctg} 0{,}03 \text{ рад}/2 = l \cdot 28{,}64/2 = 14{,}32\, l,$$

где l — длина барабана, м. На практике указанное расстояние принимают не менее 20 длин барабана. Нарушение данного условия ведет к повышенному изнашиванию каната и подшипников, перекосу валов и сбрасыванию каната с барабана лебедки.

§ 6. Тали

Таль (голландское происхождение) — компактное подвесное грузоподъемное устройство, содержащее лебедку. Как

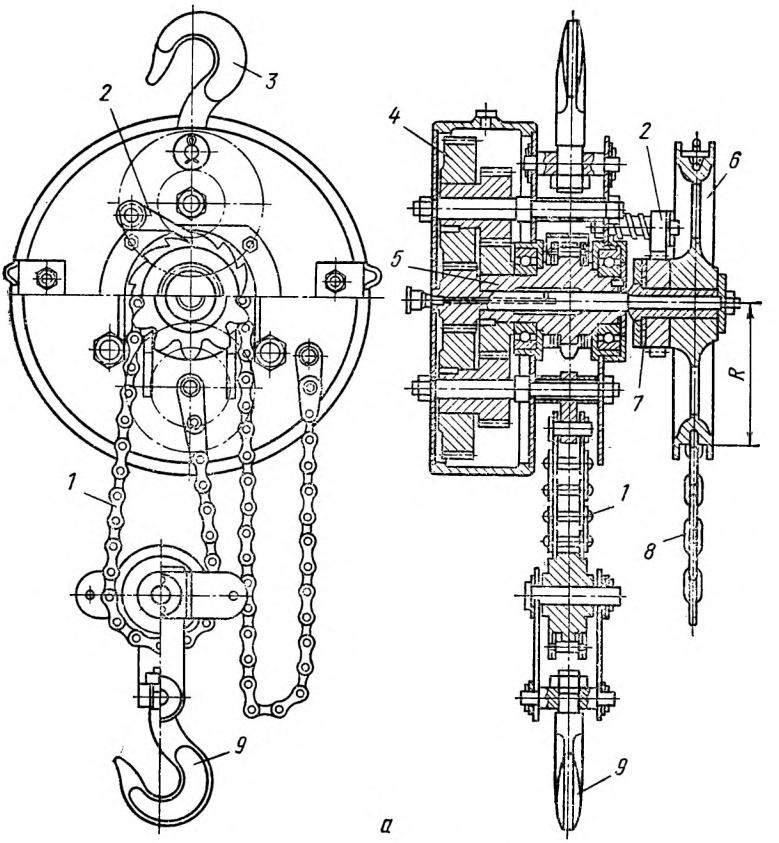
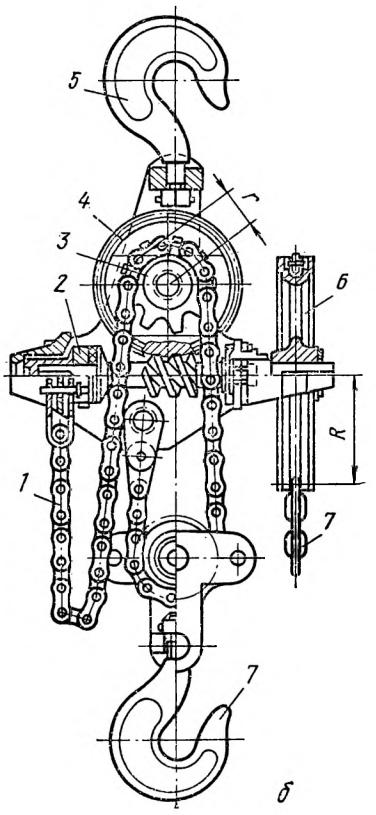


Рис. 93. Ручная таль (*а* — шестеренная; *б* — червячная)

и лебедки по виду привода различают тали ручные и электрические. Первые получили широкое распространение в практике производства СМР и ремонта оборудования. Вторые нашли применение в качестве грузовых тележек козловых и др. типов кранов. По способу установки разделяют тали стационарные и передвижные, а по виду гибкого органа — канатные и цепные. Стационарные тали крепят (подвешивают) к перекрытиям здания или др. надежным строительным конструкциям, временным переносным козлам или треногам. Передвижные тали крепят к приводным либо неприводным тележкам, передвигающимся по подвесным двутавровым балкам (монорельсу). Тали с ручным приводом механизма передвижения тележки (тип А) и с неприводными тележками (тип Б), передвигаемые вручную за счет горизонтальной силы, приложенной к подвешенному грузу, на практике называют кошками. По виду передаточного механизма ручные тали разделяют на шестеренные и червячные. Электротали оснащают преимущественно канатным гибким органом, а ручные, наоборот, цепным.



Шестеренная таль состоит из корпуса с крюком *3*, в котором размещены соосная планетарная зубчатая передача *4* и ведущая звездочка тяговой цепи *5* (рис. 93, *а*). На приводном валу установлен грузоупорный тормоз *7* с собачкой *2*, закрепленной на корпусе тали. Привод тали осуществляют вращением тягового колеса *6* посредством бесконечной сварной круглозвенной калиброванной цепи *8*. Для подъема груза предназначен двукратный полиспаст из пластинчатой грузовой шарнирной цепи *1* с крюковой подвеской *9*.

Червячная таль состоит

из корпуса с крюком *5*, в котором размещены червячная передача *4* и ведущая звездочка *3* грузовой цепи *1* (рис. 93, *б*). На приводном (червячном) валу установлен грузоупорный тормоз *2* и закреплено тяговое колесо *6*. Привод тали осуществляют вращением тягового колеса посредством бесконечной сварной круглозвенной калиброванной цепи *7*, а подъем груза осуществляет двукратный полиспаст из пластинчатой грузовой шарнирной цепи *1* с крюковой подвеской *8*. Следует отметить, что применение грузовых цепей в талях обеспечивает уменьшение габаритов и масс последних.

Необходимое рабочее усилие на цепи тягового класса, Н

$$F_р = G_{гр}\, r / Ria\eta,$$

где $G_{гр}$ — вес груза, Н; r — радиус ведущей звездочки, мм; R — радиус тягового колеса, мм; i — передаточное отношение червячной передачи; a — кратность полиспаста; η — к. п. д. передачи.

ГОСТ 1106—74 предусматривает выпуск червячных талей грузоподъемностью 0,25; 0,5; 1; 2; 3,2; 5; 8 и 12,5 т, а ГОСТ 2799—75 — шестеренных талей грузоподъемностью 0,25; 0,5; 1; 2; 3,2; 5 и 8 т. При этом тали грузоподъемностью до 2 т изготовляют с подвеской груза на одной ветви цепи, грузоподъемностью от 5 т — с двукратным полиспастом и более 5 т — с трехкратным полиспастом. Следует отдать предпочтение сварным круглозвенным калиброванным цепям, которые, в отличие от пластинчатых, более гибкие, менее чувствительны к ударам, более технологичны в изготовлении и эксплуатации. Ручные тали обеспечивают незначительную высоту подъема груза — до 3 мм и имеют малый к. п. д. (0,6...0,65 — червячные и 0,7...0,8 — шестеренные), однако благодаря простоте конструкции, компактности, малому собственному весу, надежности и технологичности в работе получили широкое распространение.

Кошки применяют для увеличения зоны действия тали. Ручную таль крепят к грузовой траверсе *6* кошки, закрепленной в щеках *3* (рис. 94). Ходовые колеса *1* на осях *2* также закреплены в щеках. Конструкция кошки предусматривает возможность ее работы на двутавровых балках *8* разных номеров, что существенно упрощает проектирование и изготовление подвесного пути (монорельса). Необходимую колею ходовых колес устанавливают при помощи гаек на распорных стяжках *4* и регулировочных шайб *5* на грузовой траверсе. Кошки типа А оснащают механизмом передвижения с цепным приводом 7. Основные технические характеристики кошек по ГОСТ 47 — 63 приведены в табл. 18.

В настоящее время выпускают электротали типа ТЭ конструкции ВНИИПТМАШа по ГОСТ 25584—77, согласно требований которого предусмотрено восемь исполнений, различающихся следующими особенностями: расположением барабана относительно оси монорельса (продольное

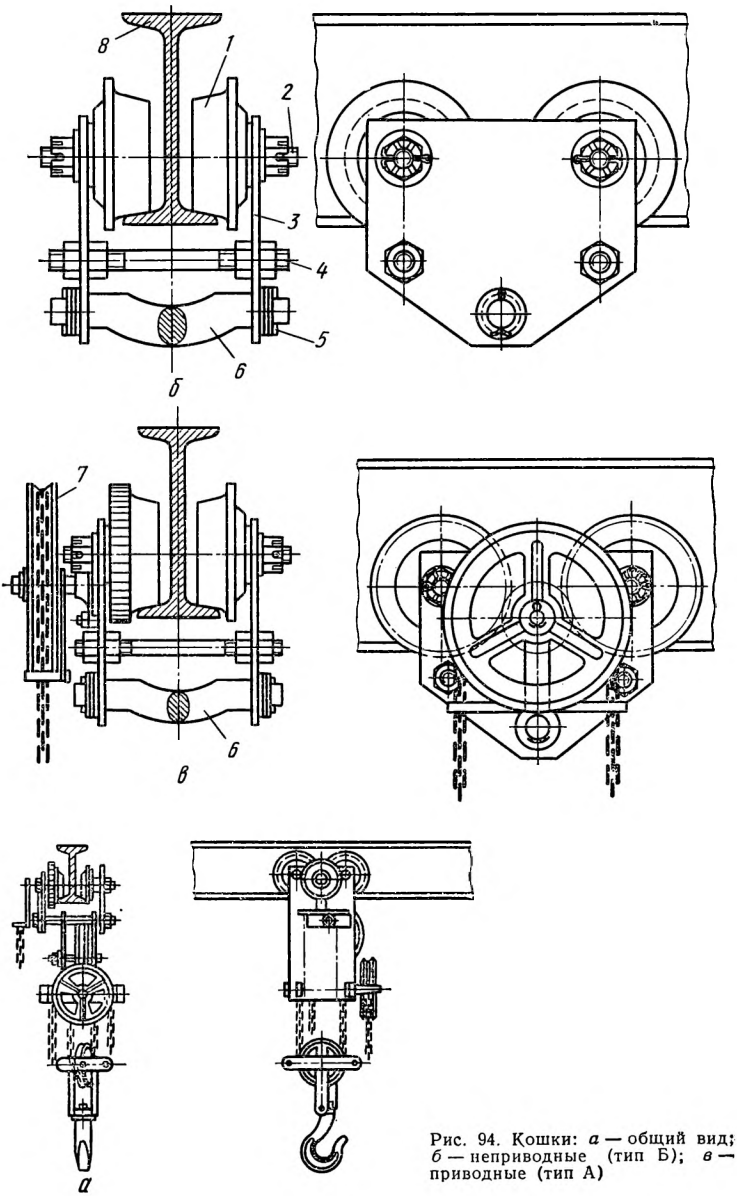


Рис. 94. Кошки: *а* — общий вид; *б* — неприводные (тип Б); *в* — приводные (тип А)

Таблица 18. **Основные технические характеристики кошек**

Основные параметры	Тип кошки					
	Б	Б	А	А	А	А
Грузоподъемность, т	0,5	1	1	2	3	5
Тяговое усилие в цепи механизма передвижения, Н	—	—	80	150	180	250
N двутавровой балки	14, 16, 18	16, 18, 20	16, 18, 20	20, 22, 24	22, 24, 27	30, 33, 36
Радиус закругления монорельса, не менее, м	1,5	1,5	1,5	2	2	2,3
Собственная масса (без тали), кг	15	20	35	50	60	90

и поперечное); наличием или отсутствием механизма передвижения и конструктивным исполнением ходовых тележек

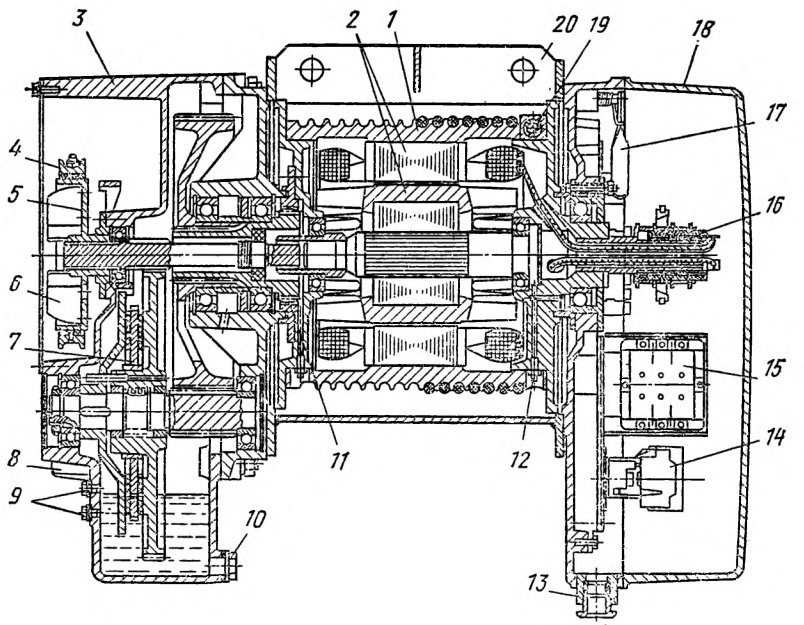


Рис. 95. Электрическая таль типа ТЭ:

1 — нарезной барабан; *2* — электродвигатель; *3* — двухступенчатый редуктор; *4* — колодочный тормоз; *5* — тормозной шкив; *6* — вентилятор; *7* — грузоупорный (спускной) тормоз; *8* — охлаждающие ребра; *9* — контрольная пробка уровня масла; *10* — пробка для слива масла; *11* — зубчатая муфта; *12* — пресс-масленка; *13* — штуцер для подключения электрокабеля; *14* — пускатель механизма передвижения; *15* — пускатель механизма подъема; *16* — кольцевой токоподвод; *17* — конечные выключатели механизма подъема груза; *18* — шкаф электроаппаратуры; *19* — крепление конца каната на барабане; *20* — сварной корпус

(приводные, неприводные, жесткие четырехколесные или шарнирные двух- и четырехколесные). Кроме того, электротали могут иметь различные высоту подъема крюка и напряжение питания, тормоз в механизме передвижения и канатоукладчик в механизме подъема груза. Базовым является пятое исполнение тали с продольным расположением барабана с одно- или двухскоростными механизмами, на шарнирных двухколесных тележках (рис. 95).

Современные конструкции талей оснащены двумя тормозами и электродвигателями, статор которых запрессован в барабан, что уменьшает длину тали, ее габариты и массу, а также улучшает теплоотвод от двигателя и редуктора.

Преимуществом конструкции электроталей является блочное исполнение, упрощающее эксплуатацию и ремонт машин. В эксплуатации также находятся электротали типа Т производства фирмы Балканкар (НРБ), аналогичные по конструкции и характеристикам электроталям типа ТЭ.

Механизм передвижения электротали состоит из двух тележек (приводной и неприводной), шарнирно связанных с грузовой траверсой, что позволяет тали свободно проходить криволинейные участки монорельса. Питание электродвигателей осуществляют от сети переменного тока напряжением 380 В посредством гибкого кабеля, прикрепленного к корпусу тали. Управление осуществляют вручную с пола посредством подвесной кнопочной станции. Механизмы работают только во время нажатия на кнопки.

§ 7. Основные правила эксплуатации

Во всех грузоподъемных устройствах (кроме винтовых и клиновых домкратов, в конструкции которых заложен принцип самоторможения резьбы или клина) применяют устройства, препятствующие самопроизвольному опусканию груза: в реечных домкратах — храповик с собачкой, в гидравлических — обратный клапан, в лебедках и талях — тормоз.

Каждый домкрат должен иметь паспорт, а на его корпусе должны быть указаны марка, номер и грузоподъемность. Наружный осмотр и опробование домкратов рабочей нагрузкой следует проводить через каждые 6 месяцев. Домкраты, предварительно покрытые антикоррозионной смазкой, следует хранить в сухом помещении. Перед работой домкрат следует очистить, надежно установить на основание перпендикулярно его опорной плоскости; между корпусом домкрата и основанием должны быть деревянные

подкладки. Поднимаемый груз не должен соскальзывать с опорной поверхности поворотной головки или лапы домкрата. Поворотная головка или лапа должна упираться в надежные элементы поднимаемого груза.

При подъеме груза необходимо следить за плавностью его перемещения, положением груза и состоянием основания. Освобождать домкрат из-под поднятого груза и переставлять домкрат разрешается только после надежного закрепления груза в поднятом состоянии или укладки его на устойчивую опору (шпальную клетку). При подъеме груза несколькими домкратами необходимо строго контролировать горизонтальное положение груза при помощи уровня. Запрещается эксплуатация домкратов, имеющих следующие дефекты:

реечного — искривление продольной оси рейки, перекос валов зубчатых колес, поломка деталей грузоупорного тормоза, трещины в корпусе и на лапе, отсутствие насечки на головке или лапе;

— винтового — искривление продольной оси винта, разрушение резьбы винта, износ витков резьбы винта и гайки более 20 % от номинального размера, износ зубьев храпового колеса, трещетки или собачки, трещины в корпусе, отсутствие насечки на головке;

гидравлического — трещины в корпусе или поршне, радиальный зазор между поршнем и цилиндром превышает 1 мм, неисправность любого клапана, разрыв или износ манжеты (утечка рабочей жидкости), неисправен или отсутствует контрольный манометр, утечка жидкости через трубопроводы или шланги. С целью подстраховки в случае внезапного отказа домкрата (разрыв манжеты или шланга, неисправность перепускного клапана) во избежание удара под поднимаемый груз необходимо периодически подкладывать деревянные брусья. Необходимо применять рабочую жидкость с учетом температуры окружающего воздуха.

Все грузоподъемные устройства (кроме домкратов) поднадзорны Госгортехнадзору СССР, поэтому на них распространяются требования Правил по кранам и они подлежат регистрации, периодическому освидетельствованию и испытаниям (см. § 2, гл. XIV). Кроме таблички завода-изготовителя все устройства должны иметь паспорт. Перед работой необходимо проверить комплектность деталей устройства. У ручных барабанных лебедок не допускается наличие видимых трещин на корпусе и барабане, перекос боковых щитов и связанный с этим изгиб распорных стя-

жек, излом реборд барабана, трещины в храповике и дефекты его зубьев, заедание собачки на оси, повышенный износ и выкрашивание зубьев передачи, отсутствие на стержне рукоятки предохранительной трубки и другие дефекты.

У ручных рычажных лебедок не допускается коробление и трещины на корпусе, заедание рукояток, проскальзывание каната даже в одном захвате, отсутствие предохранительного штифта и др. дефекты.

Перед каждой установкой монтажной лебедки необходимо проверить техническое состояние ее сборочных единиц, включая электрооборудование. При работе не допускается чрезмерное биение соединительных муфт, нагрев свыше нормы и шум в двигателе и редукторе, течь масла из редуктора, излом реборды и трещины на барабане, нарушение изоляции электропроводки и повреждение электроаппаратуры. Все вращающиеся детали должны быть закрыты кожухами. При эксплуатации на открытом воздухе необходимо дополнительно закрыть кожухами электродвигатель, тормоз и пускорегулирующую аппаратуру от воздействия атмосферных осадков.

Те же требования распространяются и на тали. Перед установкой тали на монорельс ее необходимо внимательно осмотреть, установить колею ходовых колес в соответствии с номером двутавровой балки и проверить соответствие электрооборудования подаваемому напряжению. Монорельс должен отвечать требованиям Правил по кранам, а на его концах должны быть установлены упоры, ограничивающие передвижение тали таким образом, чтобы буфера тали упирались в их рабочие поверхности. Монорельс (рама лебедки) должен быть надежно заземлен, а токопровод выполнен в соответствии с требованиями ПУЭ.

Навивка каната на барабан лебедки сопровождается его изгибом и кручением, поэтому для обеспечения нормальных условий его эксплуатации необходимо применять соответствующие направления однослойной укладки витков каната на барабане лебедки (табл. 19). Направления движения и укладки подвижной ветви каната на барабан указаны по ходу ветви, а направления вращения барабана лебедки указаны со стороны правого торца вала барабана лебедки.

При отсутствии под рукой табл. 19 для быстрого определения требуемых направлений навивки каната на барабан лебедки следует пользоваться «правилом руки». В этом случае для канатов правой свивки применяют правую руку, а для левой свивки — левую руку. Так, например для определения требуемой схемы навивки каната правой свивки

на барабан лебедки необходимо прямую ладонь правой руки обратить к барабану, а пальцы ладони ориентировать в сторону укладывания навиваемого каната. Тогда отогнутый на угол $\pi/2$ рад большой палец укажет требуемое направление вращения барабана (рис. 96, *а*). Аналогичным образом определяют требуемые направления для канатов левой свивки (рис. 96, *б*).

Таблица 19. **Рекомендуемые направления укладки витков каната на барабане**

Свивка каната	Направления			Положения на рис. 96
	укладки витков каната на барабане		вения барабана	
Правая	Слева-направо	На барабан	По часовой стрелке	I
То же	Справа-налево	Под барабан	Против часовой стрелки	II
Левая	Справа-налево	На барабан	По часовой стрелке	III
То же	Слева-направо	Под барабан	Против часовой стрелки	IV

Существует еще один простой способ определения требуемой схемы навивки каната на барабан лебедки. Для этого достаточно стать лицом вдоль оси барабана навстречу направлению укладки витков каната на барабан. При этом для каната правой свивки барабан необходимо вращать по часовой стрелке, т. е. вправо, а для каната левой свивки (при том же расположении оператора) — против часовой стрелки, т. е. влево.

В случае многослойной укладки каната на барабан лебедки, когда направления его навивки изменяются на противоположные при переходе с одного слоя на другой, указанные правила не применяют.

К работе на лебедках с машинным приводом допускаются только специально подготовленные рабочие (операторы). Пуск в работу электродвигателя лебедки контролером необходимо производить плавно, без рывков. Движение каната при подъеме (опускании) груза должно быть свободным.

Нельзя допускать трения каната об элементы конструкций. При работе лебедки необходимо следить за равномерной укладкой каната на барабане и уровнем масла в редукторе. Особое внимание следует уделять контролю за состоянием и работой тормозов (см. § 8, гл. IV).

Работа с лебедками, в которых обнаружены неисправности, запрещена. При подъеме груза двумя одновременно работающими лебедками конструкции последних необходимо выбирать так, чтобы они имели одинаковые скорости навивания канатов на барабаны.

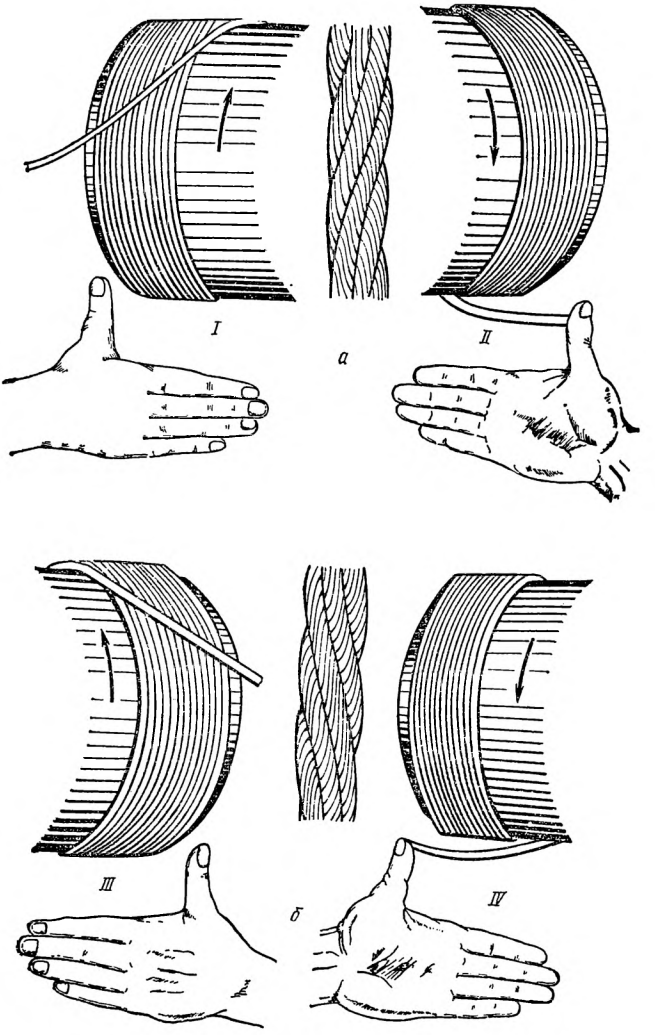


Рис. 96. Рекомендуемые направления однослойной навивки на барабан лебедки канатов: *а* — правой свивки, *б* — левой свивки; I...IV — положения (см. табл. 19)

Контрольные вопросы

1. Какие механические домкраты применяют на СМР?
2. В чем состоит отличие реечного домкрата от винтового?
3. Какая резьба и почему является самотормозящей?
4. С какой целью применяют винтовые распорные домкраты?

5. Какие преимущества обеспечивает гидравлический домкрат? Как он устроен и работает?

6. Как классифицируют лебедки?

7. Как устроена и работает однобарабанная лебедка?

8. В чем состоит основное отличие монтажных тяговых механизмов от ручных лебедок?

9. Как устроена монтажная лебедка?

10. Что такое шпилевая лебедка? На каком законе механики основана ее работа?

11. В чем состоит отличие лебедки ЛМС-32 от остальных монтажных лебедок?

12. Каковы основные технические требования к установке монтажных лебедок?

13. Как проверяют устойчивость лебедки против опрокидывания?

14. Что такое таль? Как классифицируют тали?

15. Как устроена и работает шестеренная таль?

16. В чем соостоит отличие червячной тали от шестеренной? Что такое кошка и для чего ее применяют?

17. Как устроена и работает электроталь типа ТЭ ВНИИПТМАШ?

18. Изложите основные правила безопасной эксплуатации домкратов.

19. Изложите основные правила безопасной эксплуатации лебедок и талей.

20. Каким образом выбирают необходимые направления укладки витков каната на барабане лебедки?

21. В чем состоит суть «правила руки»?

Глава IX
СТРЕЛОВЫЕ САМОХОДНЫЕ КРАНЫ

§ 1. Общие сведения

Самоходные стреловые краны предназначены для ведения СМР и механизации погрузочно-разгрузочных, транспортных и складских (ПРТС) работ. Указанные краны способны быстро перебазироваться с одного объекта на другой и сразу приступать к работе, что обеспечило их широкое внедрение на рассредоточенных объектах с небольшими объемами СМР.

Самоходные стреловые краны состоят из двух основных частей — неповоротной и поворотной. Неповоротная часть представляет собой несущую ходовую раму в виде сварной металлической конструкции, снабженную ходовым устройством. Эта часть крана передает рабочие нагрузки на основании через шасси или выносные опоры, что обеспечивает устойчивость крана и возможность его передвижения.

Поворотная часть крана (поворотная платформа) состоит из сварной рамы, на которой смонтированы силовая установка, грузовая (две) и стреловая лебедки, механизм

поворота крана, кабина с пультом управления и двуногая стойка. Основание (корень) стрелового рабочего оборудования шарнирно крепят к раме платформы. Поворотная платформа при помощи опорно-поворотного устройства (шарикового или роликового круга) опирается на неповоротную (ходовую) часть, что дает возможность рабочему оборудованию крана вращаться относительно его вертикальной оси.

Наибольшее распространение при производстве СМР получили пневмоколесные и гусеничные стреловые краны, имеющие общие классификационные характеристики и отличающиеся конструкцией ходового устройства. Согласно требованиям ГОСТ 22827—85 выпускают стреловые самоходные краны: автомобильные, пневмоколесные, на специальных шасси автомобильного типа, на короткобазовых шасси и гусеничные общего назначения грузоподъемностью 16...250 т и по ГОСТ 17343—83 экскаваторы одноковшовые универсальные с ковшами вместимостью 0,4...2,5 м^3, которые при работе с грузовым крюком имеют грузоподъемность 10...63 т. Для более полного использования грузовысотных характеристик стреловых пневмоколесных кранов их устанавливают на выносные опоры, увеличивающие опорный контур крана, что требует дополнительных затрат труда и времени, уменьшает их маневренность и исключает возможность передвижения крана с грузом на крюке. Все краны оснащены необходимыми приборами и устройствами безопасности.

§ 2. Автомобильные краны

Среди стреловых самоходных кранов широко распространены автомобильные краны — КА, у которых функцию ходового устройства выполняет шасси грузового (базового) автомобиля (рис. 97).

Так как нагрузки на шасси от крановой установки превышают допускаемые нагрузки на автомобиль, применяют шасси усиленной конструкции, на котором вместо кузова закрепляют ходовую раму и опорную стойку. При установке автомобильного крана на выносные опоры упругие подвески (рессоры) шасси прогибаются под действием веса моста и последней не отрывается от основания, что уменьшает восстанавливающий момент, удерживающий кран от опрокидывания, и снижает устойчивость крана. При работе без выносных опор правая и левая упругие подвески моста деформируются неравномерно, что ведет к наклону крана

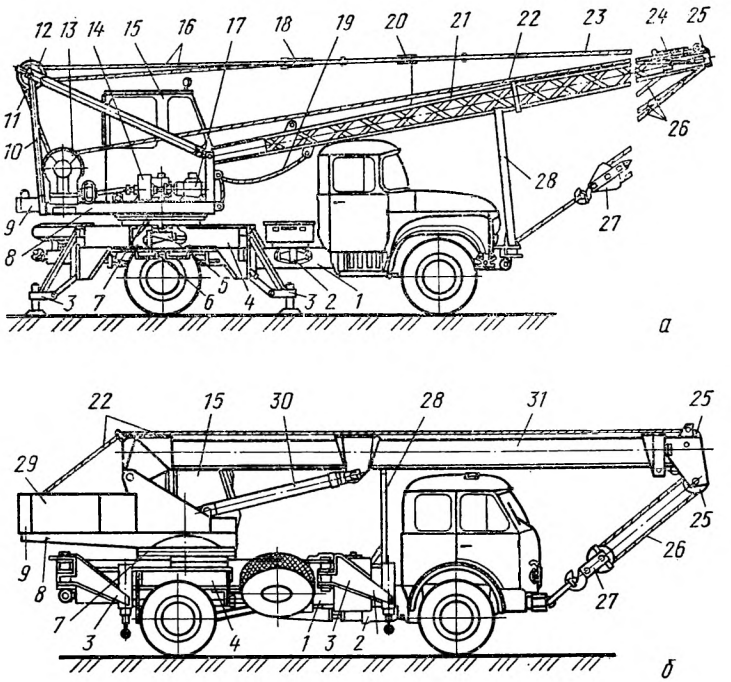


Рис. 97. Автомобильный кран:

а — КС-2561Е с механическим приводом (кожух механизмов снят); *б* — КС-3571 с гидроприводом; *1* — шасси базового автомобиля; *2* — коробка отбора мощности; *3* — выносные опоры; *4* — ходовая рама; *5* — нижний конический редуктор; *6* — стабилизатор; *7* — опорно-поворотное устройство; *8* — поворотная платформа; *9* — противовес; *10*, *28* — двуногая и опорная стойки; *11*, *22* — стреловой и грузовой канаты; *12*, *25* — блоки; *13* — лебедка механизма изменения вылета стрелы; *14* — реверсивно-распределительный механизм; *15* — кабина управления; *16*, *26*—стреловой и грузовой полиспасты; *17* — механизм поворота крана; *18* — траверса; *19* — канатное устройство, предохраняющее стрелу от запрокидывания; *20* — ОГП; *21*— основная стрела; *23* — канатные тяги; *24* — АСОН; *27* — крюковая подвеска; *29* — кожух; *30* — гидроцилиндр механизма подъема стрелы; *31* — телескопическая стрела

в поперечной плоскости и снижению его устойчивости. Для повышения устойчивости автомобильных кранов в процессе работы применяют выключатели упругих подвесок, жестко соединяющие шасси с ходовой рамой при помощи рычагов, и стабилизаторы, уравнивающие деформации подвесок с разной стороны базового шасси. При необходимости изменяют места расположения топливных баков и запасных колес. Краны выпускают трех групп — грузоподъемностью до 6,3, 10 и 16 т. Различают краны с одномоторным механическим приводом от ДВС базового автомобиля и многомоторным комбинированным, в котором индивиду-

альные (электрические, гидравлические) двигатели приводят в действие отдельные механизмы. Механический привод — наиболее простой и дешевый, так как в основном использует трансмиссию базового шасси, к которой добавляют коробку отбора мощности, нижний конический редуктор и реверсивно-распределительный механизм (рис. 98). Скорости рабочих движений регулируют за счет

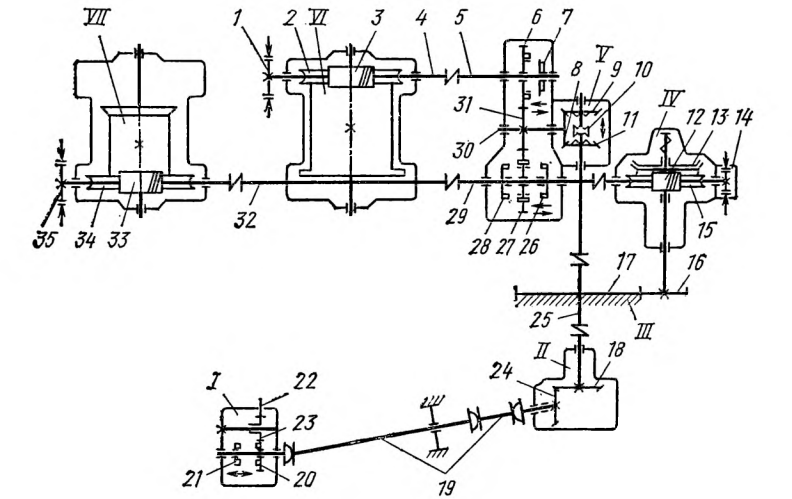


Рис. 98. Кинематическая схема крана КС-2561Е с механическим приводом:

I — коробка отбора мощности; *II* — нижний конический редуктор; *III* — опорно-поворотное устройство; *IV* — механизм поворота крана; *V* — реверсивно-распределительный механизм; *VI*, *VII* — лебедки механизмов подъема груза и изменения вылета стрелы; *1*, *14*, *35* — ленточные тормоза; *2*, *15*, *34* — червячные колеса; *3*, *12*, *33* — червяки червячных передач; *19* — карданный вал; *4*, *5*, *29*, *30*, *32* — валы; *6*, *16*, *20*, *22*, *23*, *27*, *31* — цилиндрические шестерни; *7*, *21*, *26*, *28* — полумуфты; *8*, *9*, *11*, *18*, *24* — конические шестерни; *10* — кулачковая муфта; *13* — муфта предельного момента; *17* — зубчатый венец; *25* — вертикальный вал

изменения частоты вращения вала двигателя и переключения коробки перемены передач базового автомобиля.

При передвижении полумуфты *21* вправо крутящий момент передается через нижний конический редуктор *II* на вертикальный вал *25* реверсивно-распределительного механизма *V* При зацеплении муфты *10* с шестерней *9* или *11* происходит реверсирование крутящего момента на валу *30* и шестерня *31*, установленная на этом валу, через полумуфты *7*, *26*, *28* передает крутящий момент к червячным передачам механизмов крана. На ведомом валу механизма поворота крана *IV* установлена фрикционная муфта предельного момента *13*, предохраняющая детали механиз-

ма от повреждений при его перегрузке (упирании стрелы в конструкцию). Рассмотренная кинематическая схема обеспечивает совмещение основных рабочих движений крана — подъема груза с изменением вылета стрелы или поворотом крана. При этом реверсирование или изменение скорости любого рабочего движения вызывает изменение параметров остальных рабочих движений. С целью устранения указанных недостатков в кинематическую схему вводят дополнительные сборочные единицы (передачи, муфты, тормоза), что усложняет и удорожает конструкцию крана.

Независимый привод всех механизмов крана, обеспечивающий необходимое совмещение рабочих движений и требуемые скорости их выполнения, обеспечивает многомоторный комбинированный привод, в котором каждым двигателем управляют отдельно. Такой привод позволяет внедрять унификацию деталей и обеспечивает возможность замены практически любой сборочной единицы трансмиссии без разборки остальных, что важно при выполнении ремонта в условиях монтажной площадки. Поэтому в настоящее время комбинированный привод широко внедряют на автомобильных кранах.

Грузовысотные характеристики кранов различны для каждого вида стрелового оборудования, длины стрелы и приведены в их паспортах. При работе с выносными опорами грузоподъемность кранов на 80 % выше, чем без выносных опор. В отдельных случаях разрешено передвижение крана с основной стрелой и грузом ограниченной массы на крюке по подготовленному основанию. При этом стрела крана должна быть расположена в секторе задних колес щасси в плоскости продольной его оси. Краны МКА-6,3, МКАС-10, МКА-10М и МКА-16 разработаны ВКТИмонтажстроймеханизация и являются монтажными кранами. Основные технические характеристики наиболее распространенных автомобильных кранов приведены в табл. 20.

Примечания к табл. 20, 21, 22, 23, 24, 26, 27: 1 — грузоподъемность кранов указана для основной стрелы при наименьшем (в числителе) и наибольшем (в знаменателе) вылетах при установке машины на выносные опоры (кроме гусеничных и тракторных кранов, не имеющих выносных опор); 2 — для кранов с двумя (тремя) механизмами подъема груза приведена грузоподъемность основного механизма; 3 — для многоосных кранов приведены значения нагрузки на наиболее нагруженную ось; 4 — масса крана приведена для исполнения с основной стрелой или в транспортном положении.

Таблица 20. **Технические характеристики автомобильных кранов**

Параметры	КС-1562А	КС-2561Е	МКА-6,3	МКАС-10М	МКА-10М
Длина стрелы, м	6...10,3 БСО	8...12 и гусек 1,5	6...12,1	8,3...14,3 и БСО	10...18 гусек 2,3 и БСО
Конструкция стрелы	Выдвижная	Решетчатая	Выдвижная	Телескопическая	Решетчатая
Грузоподъемность, т	5/1,5	6,3/1,7	6,3/1,7	10/3,7	10/2,4
Вылет стрелы, м	3,2. .10	3,3. .11,6	3,4...10	3,3...12,6	4...16
Высота подъема крюка, м	3,8...15	5,5...13	5,9...12,2	4...14,5	5...18
Грузоподъемность при передвижении с грузом, т	1	1,6	2	2	2
Скорость подъема груза, 10^{-2} м/с	0,6...31,5	1,61...32	4,67 ..26	1,7...22,1	0,21...43,4
Частота вращения крана, $мин^{-1}$	0,075. .2,5	0,39...2,74	0,3...1,9	0,1...2,07	0,4...2,02
Скорость передвижения, км/ч:					
— рабочая	5	5	5	5	5
— транспортная	75	85	75	50	76,5
Нагрузка на заднюю ось, кН	58,9	67	69	106	106
Преодолеваемый уклон, рад	0,25	0,3	0,3	—	0,3
Масса крана, т	7,7	9	9,3	14,62	14,9
Базовое шасси	ГАЗ-53А	ЗИЛ-130		МАЗ-5334	МАЗ-500
Мощность двигателя, кВт	77	110		132,5	132,5
Привод механизмов	Механический			Гидравлический	Механический

Продолжение

Параметры	СМК-10	КС-3562Б	КС-4561А	МКА-16.01	КС-4571
Длина стрелы, м	10...16	10...18 гусек 3 и БСО	10...22 и гусек 5	10...23 и гусек 3	9,75...21,75 и гусек 6
Конструкция стрелы	Решетчатая	Выдвижная	Решетчатая	Решетчатая	Решетчатая
Грузоподъемность, т	10/2	10/1,6	16/1,6	16/3	16/3,7
Вылет стрелы, м	4...16	4...20	3,75...14	4,1...22	3,8...24
Высота подъема крюка, м	5,5. .16,5	4...18	4,5...27,3	6...25,1	1,5...27
Грузоподъемность при передвижении с грузом, т	—	2,5	4,4	4	6
Скорость подъема груза, 10^{-2} м/с	5,83. 16,7	0,3...33,7	4,3...18,1	4,5...21,1	0,34...42
Частота вращения крана, $мин^{-1}$	1. .1,5	0,1...1,6	0,3...1,5	0,4...1,52	0,1 ..1,6
Скорость передвижения, км/ч:					
— рабочая	—	5	5	5	5
— транспортная	40	77	50	62	70
Нагрузка на заднюю ось, кН	106	99	93,4	94	96,8
Преодолеваемый уклон, рад	—	0,3	0,3	0,25	0,3
Масса крана, т	14,9	14,95	23,3	22,6	24,75
Базовое шасси	МАЗ-500	МАЗ-5334	КрАЗ-257К1	КрАЗ-257К	
Мощность двигателя, кВт	132,5	132,5	177	177	177
Привод механизмов	Электрический	Гидравлический	Электрический	Механический	Гидравлический

§ 3. Пневмоколесные краны

К пневмоколесным кранам — КП относят машины с ходовым устройством в виде специального пневматического шасси с жесткой подвеской колес к ходовой раме, что расширяет возможности работы кранов без выносных опор и передвижения с грузом на крюке, но ограничивает транспортную скорость до 30 км/ч. Краны выпускают четырех групп — грузоподъемностью 16, 24, 40 и 100 т. Первые два типа кранов имеют классическую компоновку — силовая установка смонтирована на поворотной платформе. Два последние выполнены по схеме тягач — крановая установка (в виде прицепа к специальному тягачу), и силовая установка смонтирована на шасси тягача.

По конструкции КП аналогичны автомобильным кранам, однако они имеют ряд отличий. Прежде всего это большие грузоподъемности и разные типы стрелового оборудования большой длины. Конструкции привода лебедок обеспечивают несколько скоростей подъема груза или их бесступенчатое (плавное) регулирование, а главное — малые (посадочные) скорости его опускания. У многих кранов помимо основной стрелы предусмотрены укороченные стрелы длиной 6...12 м, что позволяет им выполнять СМР внутри промышленных зданий.

Применение БСО существенным образом расширяет эксплуатационные характеристики кранов. Так, наибольшая грузоподъемность крана МКТ-100 с БСО составляет 36 т (высота башни 29 м, длина стрелы 19 м). При этом он может поднять груз указанной массы на высоту 46,5 м при вылете от оси вращения — 12 м. На максимальную высоту 89 м кран МКТ-100 может поднять груз массой 24,4 т при вылете 15 м. Для обеспечения грузовой устойчивости краны комплектуют сменными противовесами. Например кран КС-8362 имеет противовес массой 14 т для работы с основной стрелой длиной 15 м и массой 30 т для остального стрелового оборудования.

Как правило КП транспортируют с основной стрелой или без нее. Для обеспечения транспортного габарита крана верхняя секция стрелы может складываться относительно шарнира вбок или вниз и пристыковываться к стреле. Работа пневмоколесных кранов с основными стрелами разрешена при поперечном уклоне площадки не более 0,05 рад, а при установке на выносные опоры — не более 0,025 рад. При работе кранов с БСО и удлиненными стрелами с управляемыми гуськами уклон площадки не должен превышать

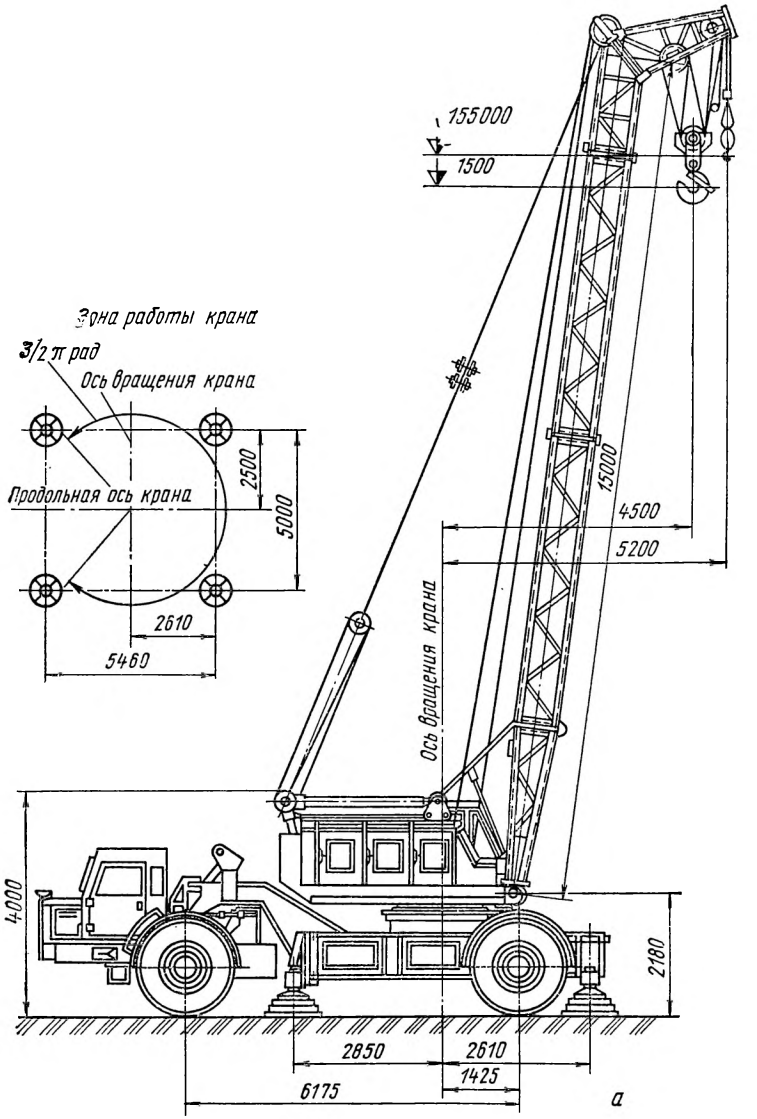
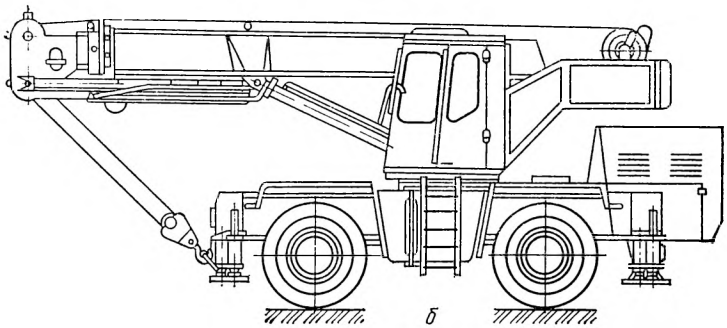


Рис. 99. Пневмоколесный кран МКТ-40 (*а*) и короткобазовый кран КС-4372 (*б*)



0,017 рад. Требования к площадке, а также расположение стрел и гуськов по отношению к базовому шасси крана должны строго соответствовать указаниям инструкции по эксплуатации крана. Краны типа МКТ выполнены по схеме тягач — крановая установка (в виде полуприцепа к тягачу). Кран МКТ-40 (рис. 99, *а*) работает совместно с одноосным тягачем МоАЗ-546М, кран МКТ-100 — с трактором К-701 и кран МКТ-250-МАЗ-537Г Краны предназначены для производства СМР. Питание электроприводов крановых механизмов предусмотрено от внешней электрической сети переменного трехфазного тока напряжением 380 В или от дизель-электрической силовой установки крана. На кране МКТ-250 применен электропривод постоянного тока.

Первые два крана смонтированы на пневмошасси и в частично разобранном виде приспособлены для транспортирования по автомобильным дорогам. Сцепное устройство, соединяющее тягач с крановой установкой, допускает поворот тягача и их взаимный поперечный наклон. Для обеспечения передвижения в тяжелых дорожных условиях задний мост крана МКТ-40 снабжен дополнительным электроприводом.

Кран МКТ-250 выполнен на базе прицепа ЧМЗАП-5212, который в транспортном положении буксирует автомобиль-тягач МАЗ-537Г. В рабочем положении тягач отцепляют и под раму крана подводят с двух сторон по одной приводной специальной гусеничной тележке, что позволяет крану самостоятельно передвигаться с грузом массой 125 т на крюке по строительно-монтажной площадке. Для обеспечения максимальной грузоподъемности крана (без передвижения) дополнительно устанавливают четыре выносные опоры. По своим грузовысотным характеристикам этот кран предназначен заменить такелажные средства на монтаже

Таблица 21. **Технические характеристики пневмоколесных кранов**

Параметры	КС-4363	КС-4372	МКП-16	МКП-25А	КС-5363	МКТ-40	КС-8362	МКТ-100	МКТ-250
Длина стрелы, м	12,5...22 п гусек 6	7,5...16,5	10...26 и гусек	6,1...35,1 и гусек 6	15...30 и гусек 10	8...35, и гусек 6	15...55, гусек 20 и БСО	22...50, гусек 12 и БСО	31...73, гусек 10 и БСО
Конструкция стрелы	Решетчатая	Телескопическая	Решетчатая	Решетчатая	Решетчатая	Решетчатая	Решетчатая	Решетчатая	Решетчатая
Грузоподъемность основного механизма, т	16/3,4	16/5,5	16/4	25/2,3	25/3,5	40/4,5	100/9	100/12,3	250/82,3
Грузоподъемность вспомогательного механизма, т	2	—	—	5	2	7/4,5	32	25	25
Вылет стрелы, м	3,8...17	3,1...16	4,1...10	3...17,1	4...26	3,5...29	4,5...28,5	6...28	8...38,8
Высота подъема крюка, м	8,5...25	3...21,6	до 25,4	8...35	8...36	7,5...35,5	10...53	15,9...50	17,9...70,2
Грузоподъемность при передвижении с грузом, т	10	6,3	6,8	12,5	1	20	26	—	125
Скорость подъема груза, 10^{-2} м/с	5,8...20	0,16...14,3	4...55	0...14	0,5...10	0,4...8	0,67...5	0...5	2,5...6,3
Частота вращения крана, $мин^{-1}$	0,4...1,2	0,1...1,6	0,35...1,7	0...1	0,1...1,2	0,37	0,05...0,45	0,3	0...0,2
Скорость передвижения, км/ч:									
рабочая	2		5	2	1,7	2,5	1	3	0,3
транспортная	15	40	13,5	15	16	30	14	25	50
Нагрузка на ось, кН	145	137	—	206	188	—	159	—	—
Преодолеваемый уклон, рад	0,17	0,25	0,2	0,17	0,25	0,125	0,17	0,125	0,125
Масса крана, т	23	23	24	35,6	33	44,1	98	115	320
Силовая установка	СМД-14АН	ЯМЗ-236	СМД-14	А-41Д	ЯМЗ-236	МоАЗ-546П	ЯМЗ-236	ЯМЗ-240Б	—
Мощность двигателя, кВт	59	132,5	55	66,2	132,5	158	132,5	309	—
Число осей ходового устройства, шт.	2	2	2	2	2	2	5	6	Гусеничные тележки
Привод механизма	Электрический	Гидравлический	Электрический	Электрический	Электрический		Электрический (постоянный ток)		

вертикального технологического оборудования и КТО. Монтаж и демонтаж кранов серии МКТ производят при помощи вспомогательных ГПМ.

Кран МКТ-6-45 представляет собой модификацию крана МКТ-40 и предназначен для монтажа сборных железобетонных труб высотой до 45 м, поэтому он имеет увеличенную высоту подъема груза и вылет стрелы. Грузоподъемность крана 13/3,6 т при установке на выносные опоры. Эксплуатация крана без выносных опор запрещена.

В группе пневмоколесных кранов выделена группа с особой конструкцией ходового устройства — пневмоколесное шасси с укороченной базой — короткобазовые краны — КК, обладающие (благодаря обоим ведущим и управляемым мостам) высокой маневренностью и проходимостью. Эти краны (КС-4361А, КС-4362, КС-4371 и КС-4372) грузоподъемностью 16 т имеют базу шасси 4,1 и 3,5 м и предназначены для производства СМР в стесненных условиях и на объектах с тяжелыми дорожными условиями. Транспортная скорость — до 40 км/ч. Кран КС-4361А имеет механический привод с гидротрансформатором, а КС-4362 — дизель-электрический, что обеспечивает бесступенчатое регулирование скоростей рабочих движений. Краны оснащают решетчатыми стрелами с гуськом. Краны КС-4371 и КС-4372 — гидравлические с телескопическими стрелами (рис. 99, *б*). Один из основных режимов работы — передвижение крана по монтажной площадке с грузом на крюке. Указанные краны способны передвигаться по подготовленному основанию с грузом массой 6,3...10 т на крюке, что составляет примерно половину их номинальной грузоподъемности. Очевидно, что в этом случае применяют основную стрелу (наименьшей длины). Основные технические характеристики пневмоколесных кранов приведены в табл. 21.

§ 4. Краны на специальных шасси автомобильного типа

Краны на специальных шасси автомобильного типа — КШ изготовляют с применением сборочных единиц серийных грузовых автомобилей (рис. 100). Многоосное шасси (от двух до семи осей) с ведущими и управляемыми осями, имеющими жесткую и балансирную подвеску, обеспечивает повышенную проходимость, маневренность, транспортную скорость — до 60 км/ч. Число осей шасси определяется грузоподъемностью крана. Стреловое оборудование обеспечивает лучшие грузовысотные характеристики кранов по

сравнению с КА. Выпускают краны четырех групп — грузоподъемностью 25, 40, 63 и 100 т. Первые две группы кранов имеют один двигатель, а две последние — отдельный двигатель для привода базового шасси и силовую установку (агрегат) для привода механизмов крана. Все краны имеют гидропривод механизмов и жесткий подвес телеско-

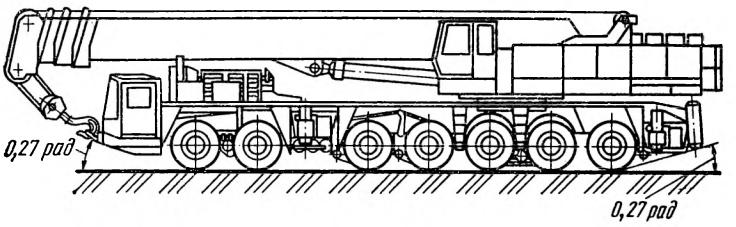


Рис. 100. Кран на специальном шасси автомобильного типа КС-8471

пических стрел. Стреловые самоходные краны на спецавтошасси применяют на рассредоточенных объектах при единичном монтаже КТО и конструкций. Один из основных режимов работы — передвижение крана по площадке с грузом на крюке.

Независимый привод всех механизмов кранов позволяет осуществлять совмещение (одновременное выполнение) любых рабочих движений. При этом заводская инструкция запрещает совмещать следующие движения: передвижение крана с грузом на крюке с другими крановыми операциями, работа главного и вспомогательного механизмов подъема груза, вращение крана и выдвижение телескопической стрелы, вращение крана и подъем стрелы. Вообще, Правила по кранам запрещают совмещать более двух рабочих движений любой ГПМ.

Наиболее современные конструкции кранов КС-7471 и КС-8471 созданы на основе прогрессивных инженерных решений. Кинематические схемы механизмов и кабины управления кранов полностью унифицированы, кроме механизмов телескопирования стрел. Стрелы кранов имеют 4, 5 секций, при чем головная является выдвижной. Отдельные секции передвигаются под нагрузкой синхронно соответствующими гидроцилиндрами двойного действия, а головную секцию передвигает гидроцилиндр предпоследней секции установочным движением (без груза на стреле). В крайних положениях головную секцию фиксируют опорными пальцами.

При работе кран устанавливают на выносные опоры с размером опорного контура: 8,65 м — вдоль оси крана и 8,5 м — поперек. Кран КС-8471 способен реализовать грузовой момент 3,5 МН·м и имеет на короткой стреле грузоподъемность 100 т при вылете 3,5 м. В случае применения БСО (башня — 47,8 м, стрела — 25 м) кран способен поднять груз массой 2,5 т на высоту 72,5 м при вылете стрелы 29,4 м. Семиосное шасси крана ПС-1002 (база — 7,2 м и колея — 2,54 м) имеет три ведущие и четыре управляемые оси колес. Несмотря на внушительные габариты крана в рабочем положении его транспортный габарит равен: длина — 17,5, ширина — 3 м и высота 3,95 м, что позволяет транспортировать кран своим ходом по дорогам. Радиус поворота шасси (по переднему наружному колесу) — 14,9 м. Масса крана со стрелой в транспортном положении — 89,1 т. Съемный противовес массой 8,5 т и гуськи длиной 15, 20 и 25 м транспортируют отдельно.

Основные технические характеристики кранов на специальных шасси автомобильного типа приведены в табл. 22.

§ 5. Гусеничные краны

Наибольшее распространение на монтажных площадках получили гусеничные краны — КГ, обладающие всеми преимуществами гусеничного движения. Гусеничные краны практически не требуют подготовки специального основания для работы, так как имеют наименьшее удельное давление на грунт по сравнению с другими стреловыми кранами и обладают высокой маневренностью, что позволяет им работать в естественных условиях. Первые стреловые самоходные краны были созданы на базе гусеничных одноковшовых экскаваторов, получивших к пятидесятым годам широкое распространение, имевших самоходное шасси, достаточную мощность привода, жесткость рамы и, что немаловажно, имевшихся в необходимом количестве в народном хозяйстве. С экскаватора снимали рукоять с ковшом, а на головные блоки стрелы навешивали грузоподъемный полиспаст с крюковой подвеской. Такой экскаватор-кран имел достаточную по тем временам грузоподъемность, но малый вылет стрелы и высоту подъема груза, а также большие скорости этого рабочего движения. Поэтому совершенствование кранов в основном шло по пути улучшения стрелового оборудования и незначительной модернизации механизмов, включая ходовое устройство, в соответствии с требованиями, предъявляемыми к ГПМ. Такое

Таблица 22. **Технические характеристики кранов на спецавтошасси**

Параметры	КС-5473	КС-6471	КС-7471	КС-8471
Длина стрелы, м	10...24, удлинитель 8 и гусек 7	11...27 и гусек 8,5	12,6...38,1 и гусек 15, 20	13,6...47,8, вставка и гусек 15, 20, 25
Количество секций стрелы, шт.	3	3	4	5
Грузоподъемность, т	25/7	40/10	63/18	100/34
Вылет стрелы, м	3,2...25	3,2...25	3,5...36	3,5...44
Высота подъема крюка, м	4,2...30,5	5,2...46	5,7...55,2	5,9...72,5
Грузоподъемность при передвижении с грузом, т	8	10	15,2	20
Скорость подъема груза, 10^{-2} м/с	0,33...19,3	0,16...25	0,26...8,1	0,25...5
Скорость телескопирования стрелы, 10^{-2} м/с	20...43	10...20	8,8...17,7	6,6
Частота вращения крана, мин	0,1...1,5		0,05...0,75	0,05...0,64
Скорость передвижения, км/ч:				
рабочая	25		1,5	
транспортная	60		50	53
Масса крана, т	27,8	44	67,8	89,1
Базовое шасси	ПС-253 6×4	ПС-403 8×6	ПС-632 12×6	ПС-1002 14×6
Силовая установка:				
шасси	SW 680/93/1	SW 680/95	—	ЯМЗ-240П
поворотной части	—	—	ЯМЗ-236	ЯМЗ-236
Мощность двигателя, кВт:				
шасси	148,5	177	236	309
поворотной части	—	—	132,5	132,5

развитие гусеничных кранов привело к тому, что в настоящее время краны разделяют на три типа: универсальные экскаваторы-краны с улучшенными эксплуатационными характеристиками (Э-652Б, Э-2503В); краны, изготовляемые из сборочных единиц экскаваторов (Э-1252Б, Э-2508) и специальные стреловые краны.

Необходимо отметить, что на базе экскаваторов выпускают не только гусеничные краны, например пневмоколесный кран ЭО-3311Г. Первые два типа гусеничных кранов выпускают грузоподъемностью до 63 т, а третьего типа — 16...160 т. Краны грузоподъемностью 16 т имеют механический привод от одного общего двигателя, а краны большей грузоподъемности — комбинированный привод (дизель-генераторную установку) и индивидуальные двигатели в механизмах. Основным рабочим оборудованием кранов являются решетчатые стрелы из труб, а также БСО.

Ходовое устройство гусеничного крана представляет собой ходовую раму *14*, на которой установлено опорно-поворотное устройство *15* и кабельный барабан *12* для привода механизмов крана от внешней электросети, соединенную с двумя гусеничными тележками (рис. 101). Гусеничные тележки представляют собой продольные балки *13*, на которых закреплены ведущие *4* и ведомые *2* звездочки, поддерживающие ролики *1* и опорные катки *3*, огибаемые гусеничной цепью *8*. Крутящий момент от электродвигателей *7*, *11* через карданные валы *6*, *10* и бортовые редукторы *5*, *9* передается на ведущие звездочки гусеничных тележек (раздельный привод). Применяют и другие конструктивные схемы привода ходового устройства. Кран МКГ-16 имеет на траках гладкие башмаки, что позволяет ему передвигаться по дорогам с покрытием. Кран транспортируют по железной дороге на четырехосной платформе без демонтажа, со снятой стрелой.

Отличительной особенностью крана МКГ-25БР является раздвижное ходовое устройство — ходовая рама соединена с гусеничными тележками не жестко, а посредством двух шарнирных балок, что позволяет изменять колею установки тележек. Гусеничные тележки раздвигают (сдвигают) путем поочередного затормаживания одной тележки и включения механизма передвижения другой. Так при транспортировке крана колею уменьшают для обеспечения транспортного габарита, а при работе увеличивают до 3600 мм с целью увеличения площади опорного контура и повышения устойчивости крана против опрокидывания.

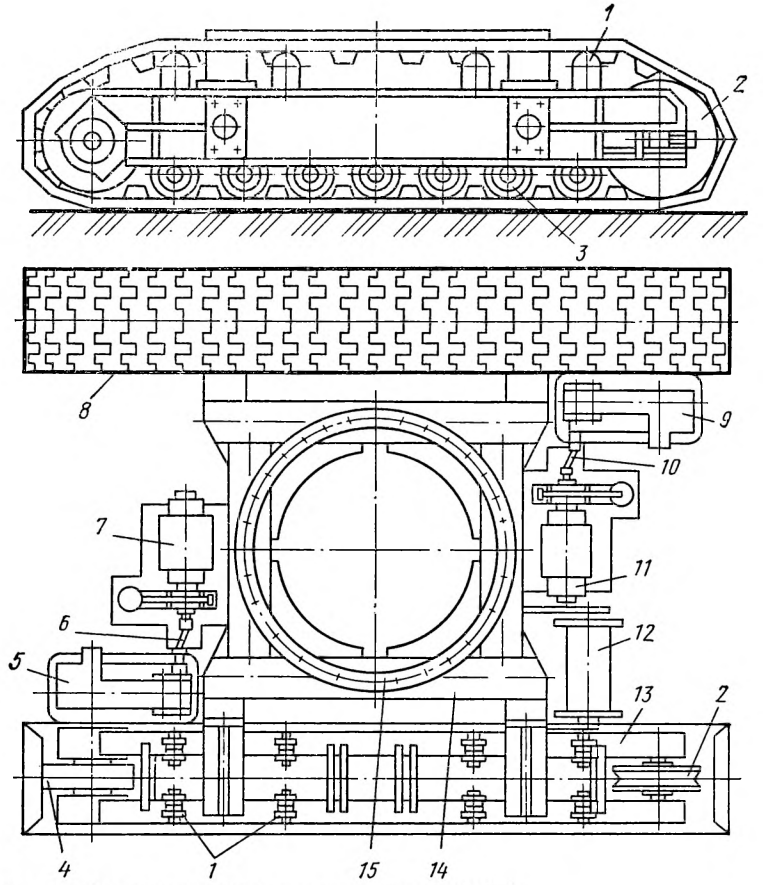


Рис. 101. Ходовое устройство гусеничного крана МКГ-40

Кран РДК-250-1 является модификацией крана МГК-25 без раздвижного гусеничного хода.

Многие модели кранов имеют три и более скоростей подъема (опускания) груза, обеспечиваемые за счет применения двух электродвигателей, соединенных цилиндрическим несимметричным дифференциалом, что позволяет развивать высокие скорости при подъеме грузов небольшой массы и низкие (посадочные) скорости при опускании груза на основание (фундамент). Механизмы поворота некоторых кранов оснащены муфтой предельного момента, отключающей механизм при увеличении величины внешнего момента сопротивления вращению более расчетного.

Наибольшее распространение на монтажных площадках получили стреловые краны гусеничные серии СКГ из унифицированных сборочных единиц. Маркировка СКГ-40/63 означает, что при оснащении основной стрелой длиной 15 м грузоподъемностью крана — 40 т, а при уко-

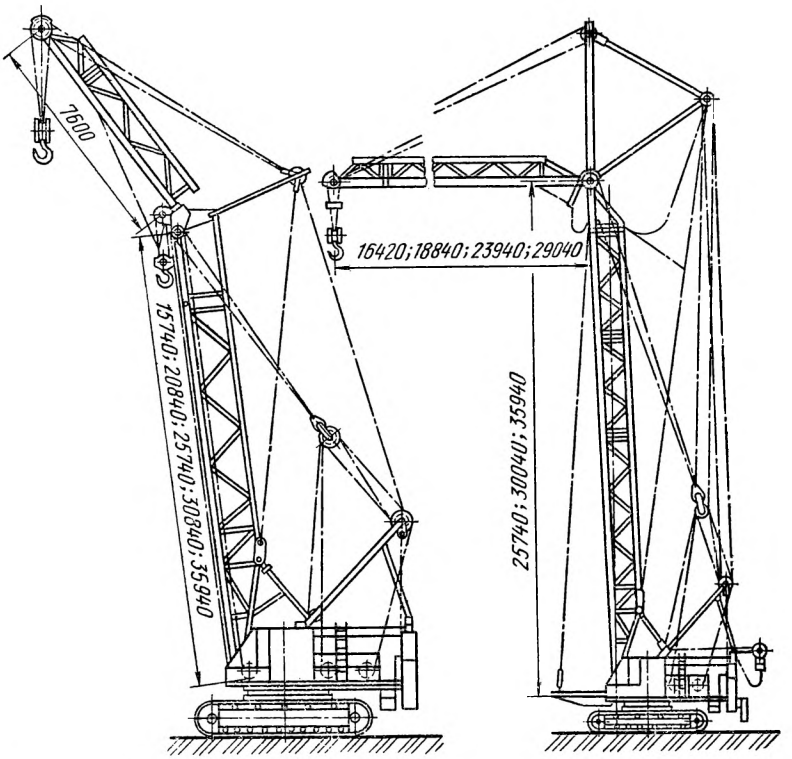


Рис. 102. Гусеничный кран СКГ-63/100 (*а* — с основной стрелой; *б* — с БСО)

роченной стреле 11,6 м — 63 т. Аналогичным образом кран СКГ-63/100 имеет грузоподъемность 63 т на основной стреле длиной 15,7 м и 100 т — на укороченной стреле 12 м (рис. 102). Применение БСО обеспечивает крану СКГ-63/ /100 высоту подъема груза массой до 3,4 т до 66,1 м при вылете стрелы 32,4 м, т. е. обслуживание большого подстрелового пространства. Так как в конструкции кранов выносные опоры не предусмотрены, запас устойчивости обеспечивают сменные (в зависимости от вида стрелового оборудования) противовесы достаточной массы, что позволяет

кранам передвигаться по площадке с грузом на крюке — существенное преимущество гусеничных кранов.

Механизмы передвижения рассчитаны на движение кранов с номинальным грузом по ровной горизонтальной площадке или преодоление уклона 0,17 рад без груза на крюке. Транспортируют кран по железной дороге в разобранном виде: ходовая рама, гусеничные тележки, поворотная платформа и стреловое оборудование на пяти платформах грузоподъемностью по 60 т. При этом погрузку сборочных единиц крана выполняют при помощи собственных приспособлений для самопогрузки, установленных на железнодорожной платформе, а ходовую раму с гусеничными тележками грузят с помощью вспомогательной ГПМ грузоподъемностью до 40 т.

Основным видом стрелового оборудования крана СКГ-1000ЭМ является БСО (высота башни 49 м, стрела 43,6 м и неуправляемый гусек 29 м), обеспечивающее подъем груза массой до 10 т на высоту 107,6 м при вылете стрелы 65,7 м. Кран с БСО реализует грузовой момент 1 МН·м. Однако кран имеет большую собственную массу и широкого распространения не получил.

К недостаткам гусеничных кранов следует отнести большую собственную массу и высокую стоимость, низкие транспортные скорости и малый ресурс механизмов передвижения, затрудняющие их перебазировки и передвижение в пределах монтажной площадки. Основные технические характеристики гусеничных кранов приведены в табл. 23.

§ 6. Зарубежные стреловые самоходные краны

С семидесятых годов текущего столетия в народное хозяйство страны поступают стреловые самоходные краны импортной поставки, широко применяемые для ведения СМР. Среди них наибольшее применение получили гидравлические краны *NK*-300 и *NK*-800 (фирма «Като», Япония); *LG*-1250, *LG*-1320 и *LG*-1400 (фирма «Либхер»), ТС-2000 (фирма «Демаг») и АМК-600-93, АМК-800-103 (фирма «Готтвальд», ФРГ). Указанные фирмы оснащают свои краны различным стреловым оборудованием: решетчатые стрелы фирмы «Либхер» и «Демаг», телескопические стрелы фирмы «Като», «Либхер», «Готтвальд» и БСО — все фирмы, кроме «Като». Основные технические характеристики зарубежных кранов приведены в табл. 24.

Кран LG-1400 с БСО способен поднять груз массой 13,2 т на высоту 160 м или обеспечить работу крана с гру-

Таблица 23. **Технические характеристики гусеничных кранов**

Параметры	МКГ-16М	МКГ-25БР	ДЭК-251	МКГ-40	ДЭК-50	СКГ-40/63
Длина стрелы, м	10. .26, гусек 2,3	13,5...33,5, гусек 5, 10, 15, 20 и БСО	14...32,7, гусек 5 и БСО	15,8...35,8, гусек 6 и БСО	15...40, гусек 10 и БСО	11,6. .25, гусек 5 и БСО
Грузоподъемность, т	16/4	25/6	25/4,3	40/8	50/14,8	40/9 63/15
Скорость подъема груза, 10^{-2} м/с	3,8. 18,3	0,6...12	1...16	0,4...8,3	8,8...26	0,7...9,3
Частота вращения крана, $мин^{-1}$	0,3. 1,7	0,3...1	0,3...1	0,3	0,3	0,3
Скорость передвижения до, км/ч	3	0,85	1	0,8	0,43	1
Силовая установка	СМД-14	Д-108-4	Д-108	АМ-01Е	К-661М	К-661М
Мощность двигателя, кВт	55	79,5	80	84	85	85
Среднее давление на грунт, МПа	0,058	0,1	0,117	0,085	0,113	0,09
Преодолеваемый уклон, рад	0,3	0,25	0,25	0,17	0,17	0,17
Масса крана, т	25,5	38,86	36,5	59,7	90,8	64,4
Масса противовеса, т	5,5	7,53	7,2	16,5	21,1	20,1

Продолжение

Параметры	СКГ-63/100	СКГ-1000ЭМ	МКГС-100	КС-8162 (КГ-100.1)	КС-8165	СКГ-160
Длина стрелы, м	12. .35,9, гусек 7,7 и БСО	39. .49, гусек 10 и БСО	22. .50, гусек 12 и БСО	20. .40, гусек 10 и БСО	25...40, гусек 5 и БСО	30. .50, гусек 10 и БСО
Грузоподъемность, т	63/17 100/29	100/6,5	100/12,3	100/16,5	100/15	160/15,5
Скорость подъема груза, 10^{-2} м/с	0,7...5,3	0,5...7,3	—	5...14	0,83...5,5	0,3...5,3
Частота вращения крана, $мин^{-1}$	0,3	0,22	—	0,3	0,25	0,22
Скорость передвижения до, км/ч	0,75	0,48	0,5	0,5	0,5	0,48
Силовая установка	1Д6Б	ЯМЗ-238	ЯМЗ-236	ЯМЗ-238	ЯМЗ-238	1Д12В
Мощность двигателя, кВт	110	118	132,5	118	118	220,8
Среднее давление на грунт, МПа	0,1	0,156	0,1	0,1	0,11	0,24
Преодолеваемый уклон, рад	0,17	0,25	0,17	0,25	0,25	0,25
Масса крана, т	85,6	283	127	130	136,8	206
Масса противовеса, т	16	30	—	29,5	44,8	48,4

Таблица 24. Технические характеристики зарубежных стреловых кранов

Параметры	NK-300	NK-800	LG-1250	LC-1320	LG-1400	TC-2000
Длина стрелы, м	10...31, гусек 8,5; 13,5	12...44 и гусек 9,5	21...91 и БСО	21...91 и БСО	21...91 и БСО	12...90 и БСО
Грузоподъемность, т	30/0,55	80/0,8	250/4,8	320/3,8	400/—	286/3
Вылет стрелы, м	3...27	3,5...31	8. .80	5,5. .80	4,5...80	6...70
Высота подъема крана, м	9,5...31,5	11,5...44	27...90,3	20,4...90,3	20,4...89	8. .84
Скорость подъема груза, 10^{-2} м/с	53...133	90...170	0...233	0...233	0. .233	0...200
Частота вращения крюка, $мин^{-1}$	0,5...2,8	0,5...1,6	0...1,25	0. 1,25	0.. 1,25	0...1,1
Максимальная скорость передвижения, км/ч	50	55	70	70	70	61,9
Число осей ходового устройства, шт	4	5	8	8	8	7
Масса крана, т	32	61	96	96	—	283

зом массой 5,7 т при вылете стрелы 88 м на высоте 114 м. Для этого он оснащен двигателем фирмы «Даймлер-Бенц» мощностью 224 кВт. Кран также оснащен устройством для самомонтажа стрелового оборудования и элементов противовеса. С целью обеспечения грузовой устойчивости крана последний оборудован системой выносных опор: передние, средние и задние выносные опоры с гидроприводом, обеспечивающие размеры опорного контура крана 11,7×14 м. В процессе установки на кран БСО ставят дополнительные выносные опоры, устанавливаемые вдоль оси машины в задней ее части вручную. В паспорте крана указано 7 рабочих исполнений в зависимости от вида стрелового оборудования, грузоподъемности, положения выносных опор и соответствующей им массы противовеса (от 36,5 до 130 т).

Оси шасси крана установлены на балансирах с упругими элементами в виде стальных пружин, гидропневматическая подвеска которых позволяет регулировать давление колес на основание и обеспечивает блокировку подвесок осей при установке крана на выносные опоры. С целью обеспечения транспортного габарита крана кабину управления смещают к его продольной оси. В рабочем положении крана для непосредственного наблюдения крановщиком за положением перемещаемого груза кабину можно сдвинуть влево на 0,8 м и наклонить назад на угол до 0,25 рад при помощи гидропривода.

Фирма «Либхер» выпускает мощные стреловые самоходные краны и на гусеничном шасси, унифицированном с одноковшовыми универсальными экскаваторами, оснащая их решетчатыми стрелами, а также в мачтовостреловом исполнении. Фирма «Като» оснащает краны 4...5-секционными телескопическими стрелами с неуправляемым гуськом, складываемым в транспортном положении вдоль стрелы (под ней). Фирма «Готтвальд» в качестве БСО применяет основные телескопические стрелы (башни) с дополнительными решетчатыми стрелами. Краны большой грузоподъемности транспортируют своим ходом без стрелового оборудования и противовеса. Монтаж (демонтаж) занимает 1...2 ч без привлечения вспомогательных ГПМ. Производительность крана АМК-800-103 на 35 % выше, чем у крана LG-1400 при производстве СМР.

Фирма «Розенкранц» (ФРГ) выпускает краны типа тягач-крановая установка грузоподъемностью 500 и 1000 т. Последний имеет указанную грузоподъемность на стреле длиной 29 м при вылете 5 м. Максимальная длина основной стрелы — 125 м, а общая длина БСО — 203 м. Кран может монтировать оборудование массой до 135 т на высоте около 100 м. Масса крана — 810 т (без противовеса в виде ящиков, заполняемых свинцом, массой 320 т). Ходовое устройство имеет 10 осей, массу 118 т и мощность приводного дизельного ДВС — 600 кВт. При этом кран без стрелового оборудования и противовеса вписывается в транспортный габарит и передвигается по шоссе со скоростью до 60 км/ч. Подготовка крана к работе занимает 2,5...4 дня.

При выпуске ГПМ для ведения СМР зарубежные фирмы в основном ориентируются на создание мощных, высокомобильных и маневренных стреловых самоходных кранов, обладающих повышенными грузовысотными характеристиками, малыми посадочными скоростями и быстротой приведения в рабочее состояние, т. е. удовлетворяющих современным требованиям технологии производства СМР.

§ 7. Улучшение грузовысотных характеристик стреловых самоходных кранов

При решении практических вопросов, связанных с производством СМР, часто оказывается, что грузовысотные характеристики имеющихся стреловых кранов не удовлетворяют принятой технологии монтажа или параметрам монтируемого оборудования: недостаточная или излишняя (при работе в стесненных условиях, внутри зданий или под конструкциями) длина стрелы крана, несоответствие грузоподъемности крана применяемому стреловому оборудованию или вылету стрелы и пр. При возможности, в указанных случаях кран модернизируют с учетом поставленной задачи. Очевидно, что во времени модернизацию совмещают с монтажем крана или проведением ТО (ремонтов). Обычно модернизация крана заключается в изменении размеров стрелового оборудования, замене решетчатой стрелы телескопической, установке гуськов и пр.

Так как самоходный стреловой кран представляет собой свободно стоящую самоуравновешивающуюся машину, то для обеспечения грузовой устойчивости необходимо увеличить ее силу тяжести. Очевидно, что увеличивать массу крана нецелесообразно, поэтому при модернизации увеличивают массу противовеса за счет установки дополнительных сменных деталей или применяют противовесы с изменяемым вылетом (восстанавливающим моментом) аналогично противовесам кранов-трубоукладчиков (рис. 103, *а*). Увеличение массы или вылета противовеса вызывает повышенные внутренние напряжения в металле поворотной платформы и уменьшает собственную устойчивость крана, поэтому перед модернизацией обязательно выполнение необходимых проверочных расчетов и согласование решения с разработчиком и изготовителем крана, а также с органами Госгортехнадзора СССР.

В отечественной практике производства СМР широко распространены следующие принципы модернизации стреловых кранов: расчаливание стрелы, опирание оголовка стрелы на временную опору (стойку), соединение оголовков двух стрел ригелем и применение Г-образной приставки (для башенных кранов).

Принцип расчаливания стрелы крана состоит во временном креплении оголовка стрелы расчалками к якорям или неподвижным конструкциям (рис. 103, *б*). При этом угол α между расчалками и собственной осью стрелы должен быть значительно больше угла β между стрелоподдер-

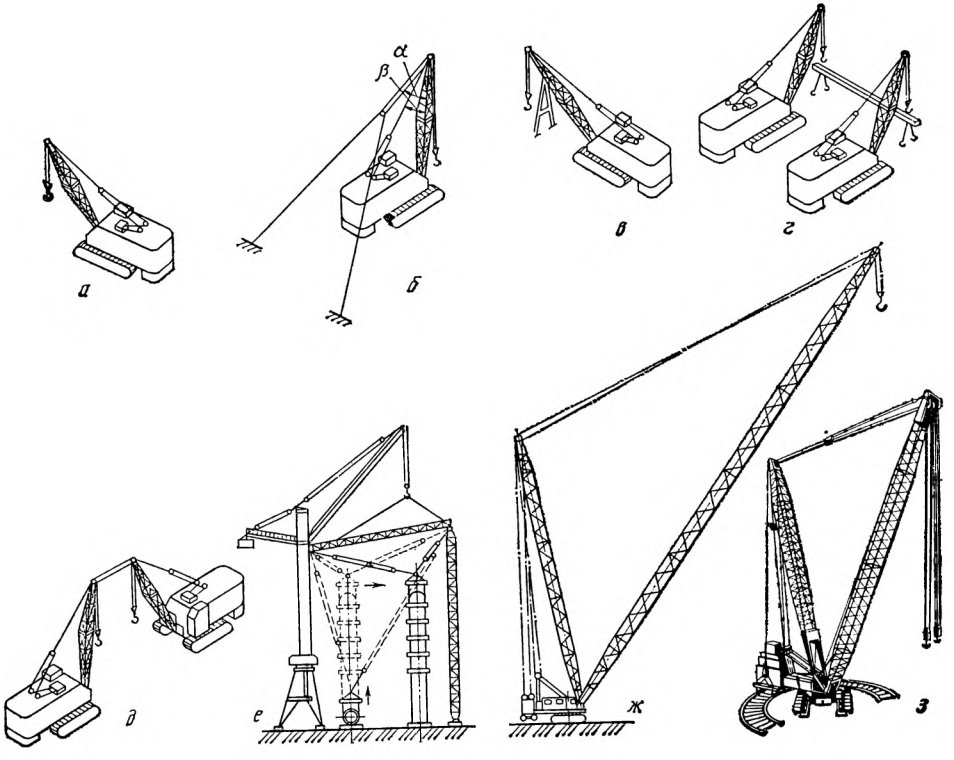


Рис. 103. Улучшение грузовысотных характеристик монтажных кранов: *а* — применение выдвигаемого противовеса; *б* — расчаливание стрелы; *в* — опирание оголовка стрелы на временную опору; *г* — спаренная работа двух кранов; *д* — соединение оголовков стрел ригелем; *е* — применение Г-образной приставки; *ж* — вынесение противовеса на тележку с пневмошасси; *з* — то же на кольцевой рельсовый путь

живающей системой крана и той же осью стрелы, что уменьшает сжимающее стрелу усилие и позволяет повысить грузоподъемность крана. Стрелоподдерживающую систему крана выключают из работы, а восстанавливающий момент создают усилия натяжения канатных расчалок. Вылет стрелы изменяют при помощи полиспаста расчалок. Стрела при этом работает как шевр, а сам кран выполняет функцию его опоры. Данный способ конструктивно разработан ВНИИМССом. Разделяют два вида расчаливания стрел: неманевренную и маневренную, обеспечивающую поворот крана на угол до $^2/_3\pi$ рад. Во втором случае ось блока, соединяющего обе расчалки, должна находиться строго на вертикальной оси поворота крана. Расчаливание стрел кранов позволяет увеличить их грузоподъемность на минимальных вылетах на 35...40 %, а на больших вылетах стрел — еще больше.

При опирании оголовка стрелы крана на временную опору исключается возможность потери устойчивости краном (опрокидывания) и обеспечивается увеличение грузового момента (рис. 103, *в*). Опорой служит наклонная конструкция (портал, шевр), шарнирно связанная со стрелой с целью исключения передачи на последнюю, изгибающих моментов. Опору выполняют облегченной для удобства переноса ее на стреле при перемещении крана в рабочей зоне. Данный принцип модернизации применяют как при одиночной, так и спаренной работе кранов. Интересен зарубежный опыт применения двух таких кранов в качестве мачт кабельного крана. К недостаткам принципа следует отнести трудоемкость монтажа (демонтажа) опорной стойки и утрату двух рабочих движений — изменения вылета стрелы и поворота крана.

С целью повышения грузоподъемности работающих совместно кранов иногда оголовки их стрел шарнирно соединяют горизонтальным ригелем (рис. 103, *д*). Такое решение увеличивает грузоподъемность кранов на минимальных вылетах стрел в 1,5...2 раза, а на максимальных в 6...7 раз. Необходимо отметить, что указанный метод модернизации грузоподъемных кранов обусловливает увеличение нагрузок на их стрелы, поэтому их необходимо проверить расчетом.

Гипрохиммонтаж разработал Г-образную приставку к крану БК-1000, с помощью которой на базе крана грузоподъемностью 50 т создают портальный кран грузоподъемностью 130 т с пролетом 42 м и высотой 47 м (рис. 103, *е*). Приставка состоит из решетчатого ригеля, шарнирно при-

крепленного к башне крана, и мачты. По краям ригеля закреплены два грузовых полиспаста, обеспечивающие, кроме подъема груза, перемещение его в плоскости портала. Г-образную приставку монтируют при помощи самого крана. На время работы портального крана мачту расчаливают двумя боковыми расчалками, БК-1000 закрепляют противоугонными захватами, а его механизмы выключают.

Улучшить грузовысотные характеристики стреловых кранов, кроме модернизации, позволяют эффективные методы их применения. Так, высокую эффективность применения обеспечивает спаренная (совместная) работа двух (нескольких) грузоподъемных кранов при монтаже (перемещении) одного груза (рис. 103, *г*). Строповку груза выполняют через балансирную траверсу, распределяющую рабочую нагрузку пропорционально грузоподъемности применяемых кранов. Поэтому краны могут иметь различные грузовысотные характеристики. Очевидно, что при этом желательно применять грузоподъемные краны с равными скоростями подъема груза.

В случае, когда грузоподъемные краны имеют различные скорости механизмов подъема груза, спаренную работу кранов ведут по специальной циклограмме (цикловой диаграмме), согласующей их рабочие движения. При этом краны работают по заданному циклу. Циклограммы составляют на стадии разработки ППР и включают в их состав.

Обычно зарубежные фирмы одновременно выпускают несколько модификаций базовых моделей грузоподъемных кранов, обеспечивающих улучшение их грузовысотных характеристик. Основные из них:

«Супер лифт» (сверхтяжелый подъем) — установка на поворотной платформе крана дополнительной мачты с креплением к ее оголовку гибкого подвеса стрелы крана и дополнительного противовеса с противоположной стороны (мачтово-стреловое оборудование МСО);

«Макси лифт» (максимальный подъем) — установка на поворотной платформе дополнительной противовесной консоли, увеличивающей плечо приложения силы тяжести противовеса;

«Ринг лифт» (круговой подъем) — вынесение стрелы вперед за пределы поворотной платформы крана с опиранием ее на специальный кольцевой рельсовый путь, уложенный концентрично оси вращения крана. Такое решение увеличивает грузовой момент крана в 2...4 раза, так как кран является противовесом, и сохраняет все его рабочие движения, кроме передвижения;

«Транзи лифт» (подъем с передвижением) — вынесение противовеса назад за пределы поворотной платформы крана на специальную тележку с опиранием ее на основание установки крана (рис. 103, *ж*) или на специальный кольцевой рельсовый путь (рис. 103, *з*) аналогично «Ринг лифт» и соединение противовеса рамной конструкцией с поворотной платформой крана.

Указанные принципы модернизации кранов существенно увеличивают восстанавливающий момент, уменьшают рабочие нагрузки на стрелу и улучшают грузовысотные характеристики кранов.

Анализ отечественных и зарубежных принципов модернизации стреловых самоходных монтажных кранов позволяет уточнить основные направления их развития:

создание грузоподъемных кранов большой грузоподъемности, высокой единичной мощности, высокомобильных и маневренных, оснащаемых прогрессивным стреловым оборудованием с улучшенными грузовысотными характеристиками;

применение сменных противовесов с изменяемой массой или вылетом;

вынесение стрелы или противовеса за пределы поворотной платформы крана;

создание специальных кранов — манипуляторов, обеспечивающих подъем и перемещение груза, ориентацию его в пространстве, установку в требуемом положении и расстроповку без участия такелажников, т. е. работающих в полуавтоматическом режиме.

§ 8. Краны-трубоукладчики и тракторные краны

Краны-трубоукладчики и тракторные краны представляют собой стреловые краны, монтируемые на гусеничных тракторах, и образуют узкоцелевую группу ГПМ. В качестве базы кранов применяют серийно выпускаемые промышленные тракторы (ТТ-500, С-100, Т-100М, Д-804 и другие) или спецшасси.

Краны-трубоукладчики оснащены боковой подъемной неповоротной А-образной стрелой на гибком подвесе и предназначены для монтажа магистральных газонефтепроводов и выполнения различных монтажных и погрузочно-разгрузочных работ в пределах монтажной площадки, например на монтаже компрессорных и насосных станций, обустройстве газонефтепромыслов и пр. Серийный кран-трубоукладчик способен работать на практически

неподготовленной площадке, передвигается с грузом на крюке. Эта группа машин не поднадзорна Госгортехнадзору СССР, что существенным образом расширяет возможности их практического применения, поэтому в настоящее

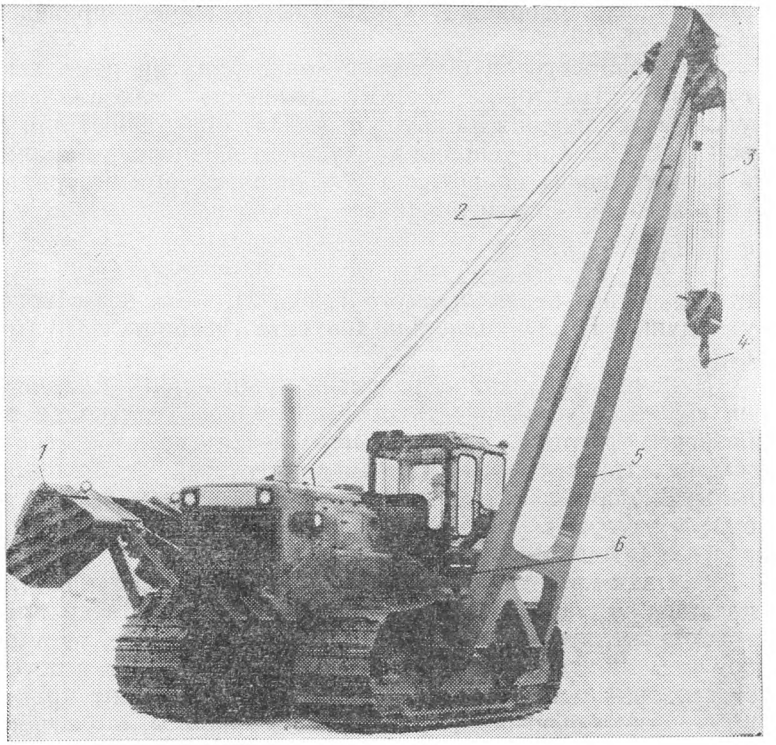


Рис. 104. Кран-трубоукладчик ТГ-801

время трубоукладчик из специальной строительно-монтажной машины превратился в универсальную (рис. 104) машину.

Навесное оборудование крана-трубоукладчика составляют: грузовая стрела *5*, оснащенная грузовым *3* и стреловым *2* полиспастом и грузозахватным органом *4*, верхняя рама *6*, лебедки и противовес (контргруз) *1*.

Кран-трубоукладчик имеет три основных механизма: подъема груза, изменения вылета стрелы и передвижения, обеспечивающие необходимые рабочие движения. Привод

механизмов, а также насоса гидросистемы управления контргрузом осуществляется от двигателя трактора через коробку отбора мощности.

В зависимости от назначения и характера выполняемых работ серийно выпускают несколько типоразмеров трубоукладчиков, основные параметры которых приведены в табл. 25.

Крановая стрела шарнирно закреплена на раме левой гусеницы трактора, поэтому величину максимального удельного давления на грунт q (МПа) определяют для левой гусеницы при условии наихудшего нагружения крана— в момент, когда он потерял устойчивость при исчерпании грузового момента и опирается только на эту гусеницу

$$q = (G_{гр} + G_{тр})/A,$$

где $G_{гр}$ — вес перемещаемого груза, Н; $G_{тр}$ — вес трубоукладчика, Н; A — площадь контакта гусеницы с грунтом, см^2.

В начальный период развития кранов-трубоукладчиков их грузовая устойчивость обеспечивалась только весом базового трактора. Затем по мере роста диаметров сооружаемых трубопроводов (рабочих нагрузок) стали применять дополнительные неподвижные контргрузы (противовесы), тракторы с увеличенной колеей и, наконец, откидываемые (выдвигаемые) контргрузы.

Так как кран-трубоукладчик обычно работает в составе колонны машин (6 8 шт), поддерживая на весу плеть трубопровода и передвигаясь с грузом вдоль нее, то в любой момент возможна перегрузка любой машины и потеря ее грузовой устойчивости. Именно в этот момент крановщик должен обеспечить устойчивость машины, в частности за счет откидывания контргруза. Поэтому в настоящее время на всех отечественных конструкциях трубоукладчиков применен однотипный контргруз, расположенный со стороны, противоположной грузовой стреле. Контргруз состоит из поворотной стрелы *6*, по которой (при ее отклонении) на катках *5* перемещается каретка *3* с противовесными грузами *4* (рис. 105). Выдвижение контргруза производят опусканием поворотной стрелы при помощи силового гидроцилиндра *1*, при этом за счет запасовки цепи *2* каретка перемещается по направляющим стрелы. Положение контргруза может быть зафиксировано на любом вылете поворотной стрелы, что обеспечивает соответствующее значение восстанавливающего момента.

В механизмах передвижения кранов-трубоукладчиков

Таблица 25. **Технические характеристики кранов-трубоукладчиков**

Параметры	ТО-1224В	Т-1530В	Т-3560М	Т-3560А	ТГ-123К	ТГ-502
Грузоподъемность, т	12	15	35		12,5	5
Грузовой момент, т·м	33,6	42	74		37,4	125
Наибольший вылет крюка при подъеме максимального груза, м	2	2	1,7		—	—
Максимальный вылет крюка, м	4,5		6,5		3,5	—
Максимальная высота подъема крюка, м	4,6		5,9		5,1	—
Максимальная глубина опускания крюка (ниже уровня стоянки машины) м	2					
Скорость подъема груза, м/с	0,105...0,268		0,133... 0,25	0,147.. 0,275	0,053... 0,2	0...0,2
Скорость передвижения крана, км/ч	2,36...4,51	2,0...5,45	1,58. .5,8	2,09. .6,37	3,7 .6,1	—
Максимальное тяговое усилие на ведущей звездочке гусеницы, кН	95	130	236	240	—	—
Максимальное (расчетное) удельное давление левой гусеницы на грунт, МПа	0,242	0,172	0,240		0,245	—
Конструктивная масса трубоукладчика, т	19,2	24,1	36,4		21	64
Марка трактора	Т-100М	Спецшасси	Д-804	Д-804М	Т-130	Т-330
Двигатель:						
марка	Д-108		6КДМ-50Т	Д-180	Д-130	8ДВТ-330
максимальная мощность, кВт/л. с. (при частоте вращения коленчатого вала, мин$^{-1}$)	79 (108) 1050		132 (180) 1000	135 (183) 1100	117 (160) —	243 (332) —

предусмотрены ходоуменьшители, увеличивающие диапазон рабочих скоростей и обеспечивающие наибольшую тяговую способность при движении крана с грузом на стреле.

В XII пятилетке планируется выпуск новых более совершенных машин на базе тракторов Т-130, Т-330 и ТТ-500. Кран-трубоукладчик ТГ-123К разработан и выпускается

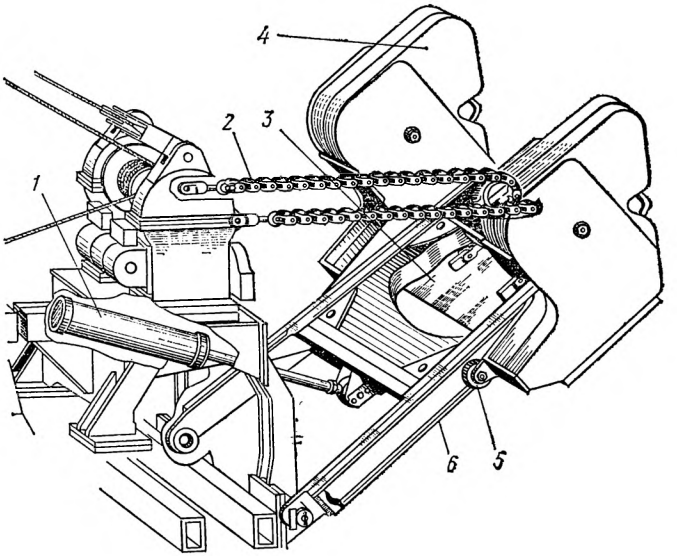


Рис. 105. Контргруз крана-трубоукладчика Т-3560М (Т-3560А)

предприятиями Минмонтажспецстроя СССР. Базой аналогичного крана ТГ-124А служит трактор Т-130.1.Г-1 с расширенной колеей, удлиненной базой и жесткой рамой ходовой части. Указанные краны-трубоукладчики имеют механизм изменения вылета стрелы в виде силового гидроцилиндра, шток которого посредством гибкой тяги связан с оголовком стрелы. Стрела крана в транспортном положении складывается. Краны-трубоукладчики оборудованы ограничителем грузового момента и неповоротным бульдозерным отвалом.

В отличие от кранов-трубоукладчиков тракторные краны (кран на тракторе) имеют поворотную платформу с соответствующим механизмом, т. е. могут поворачиваться вокруг вертикальной оси, что расширяет область их применения на монтажных площадках. Поворотная платформа может быть установлена на раме трактора (например, не-

полноповоротные краны КТС-5 и КТС-5Э) или на специальной раме, расположенной на стойках над кабиной управления трактором, например полноповоротный кран КМТ-6,3 (рис. 106).

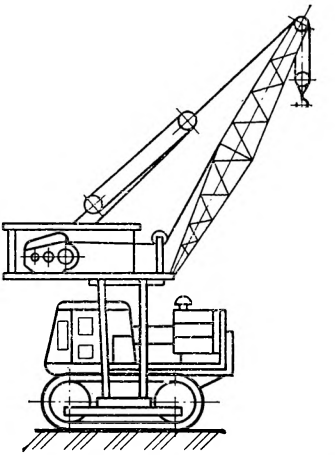


Рис. 106. Тракторный поворотный кран КМТ-6,3

Часть кранов имеет дизель-электрическую силовую установку, обеспечивающую питание электродвигателей механизмов электроэнергией от генератора переменного тока. Очевидно, что управление такими кранами электрическое. Возможно подключение крана к внешней электрической сети (табл. 26). Помимо основной стрелы краны могут быть оснащены удлиненными стрелами с неуправляемым гуськом. При перемещении грузов предельной массы краны могут опираться на выносные опоры, смонтированные под

Таблица 26. **Технические характеристики тракторных кранов**

Параметры	КТС-5	КТС-5Э	МКТ-6	КМТ-6,3
Длина основной стрелы, м	10	12,4	6	
Грузоподъемность, т	5/1,15	5/1,05	6/1,95	6,3/1,9
Вылет стрелы, м	10		2,6...6,6	
Высота подъема груза, м	11	11,4	9	7,2
Скорость подъема груза, 10^{-2} м/с	13	6,35	3,8; 5,75	4,6
Скорость передвижения крана, км/ч	2,25...9,6	2,4... 10,1	2,25... 7,4	3,16... 10,5
Частота вращения крана, $мин^{-1}$	2	1	1	0,9
Среднее удельное давление на грунт, МПа	0,071	0,09	0,08	0,13
Масса крана, т	16,1	21,5	20,1	21
Марка трактора	С-100	С-100	Т-100	Т-130
Двигатель:				
марка		КДМ-100		Д-130
мощность, кВт		73,55		103
Установленная мощность электродвигателя, кВт	—	14	16,5	

рамой базового трактора. Установка поворотной платформы крана над кабиной управления трактора уменьшает устойчивость машины и увеличивает габаритную высоту крана в транспортном положении, что является недостатком конструкции.

На короткие расстояния в пределах монтажной площадки и с объекта на объект (до 10...15 км) кран передвигается собственным ходом, а при транспортировке на большие расстояния применяют трайлеры (прицепы тяжеловесы) или железнодорожные платформы.

§ 9. Железнодорожные краны

Железнодорожными называются самоходные полноповоротные стреловые краны, смонтированные на платформах, оснащенных железнодорожными ходовыми тележками нор-

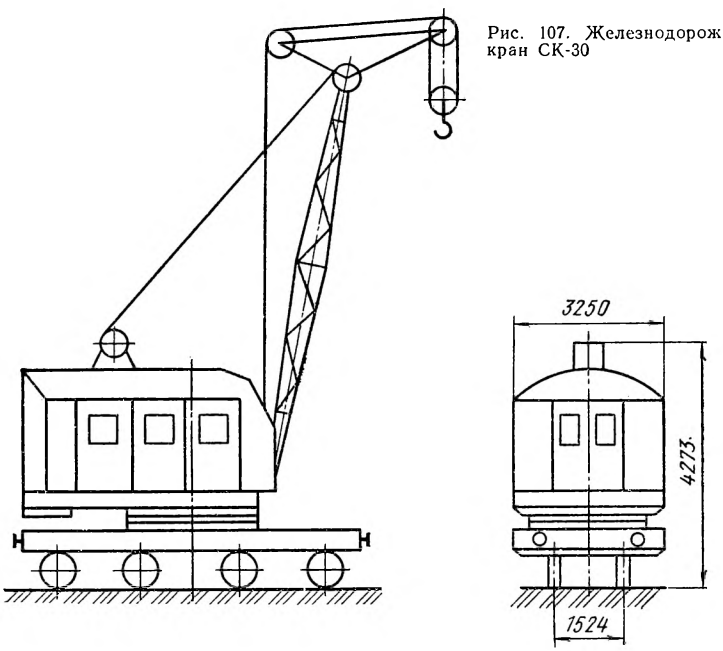


Рис. 107. Железнодорожный кран СК-30

мальной колеи (шириной 1524 мм). Указанные краны применяют на монтаже оборудования и конструкций на объектах, имеющих развитую железнодорожную сеть.

Платформу железнодорожного крана обычно устанавливают на двух ходовых тележках. Силовая установка,

все механизмы крана (кроме механизма передвижения) и кабина, закрывающая механизмы, смонтированы на поворотной платформе крана. Привод механизма передвижения от главной трансмиссии крана или индивидуальных двигателей (рис. 107).

В качестве силовой установки применяют дизель-генератор или ДВС. В последнее время возрастает выпуск кранов с гидравлическим приводом (дизель-гидравлических). ГОСТ 22338—77 «Краны на железнодорожном ходу. Технические условия» распространяется на дизель-электрические и дизель-гидравлические краны грузоподъемностью 10, 16, 20, 25, 32 и 40 т. Краны оснащают рабочим оборудованием в виде нормальной или удлиненной стрелы с гуськом. Для увеличения грузового момента краны оснащают выдвижными опорными балками. Железнодорожные краны вписываются в транспортный габарит без разборки, поэтому их транспортируют в составе поезда. При этом к крану прицепляют железнодорожную платфор-

Таблица 27. **Технические характеристики железнодорожных кранов**

Параметры	ДЭК-20	КДВ-15П	КДЭ-253	СК-30
Длина стрелы, м	14...18		15...20	15...20
Грузоподъемность, т	20/3,24	15/3,5	25/6,8	30/9,5
Вылет стрелы, м	4,5...14		4,8...18	5...18
Высота подъема груза, м	13,5		7,8...18,8	8,4...19
Скорость подъема груза, 10^{-2} м/с	18,3...36,6	25,6...51,5	8,8...17,8	10...15
Время полного подъема стрелы, мин	1,65	0,87	1	11
Частота вращения крана, $мин^{-1}$	1,84	2,9	1,5	1
Скорость передвижения, км/ч:	(менее)			
в рабочем положении	6,6	12	8	3,9
в транспортном положении (в составе поезда)	80	60	80	80
Масса крана, т	61,7	50	66,4	73,7
Силовая установка	Дизель-генератор	ДВС ЗИЛ-164	К-661	КДМ-46
Мощность двигателя, кВт	68,3	73,6	157	127

му, на которую укладывают грузозахватный орган, а над ней располагают подвешенную на канатах стрелу. Поворотную платформу крана на время транспортировки надежно закрепляют клиньями.

Технические характеристики наиболее распространенных в народном хозяйстве моделей кранов на железнодорожном ходу приведены в табл. 27.

Контрольные вопросы

1. Какую группу ГПМ выделяют в стреловые самоходные краны и для каких работ они предназначены?
2. Из чего состоит стреловой самоходный кран?
3. Как устроен автомобильный кран и какие дополнительные устройства применены в его кинематической схеме?
4. Для чего предназначены выключатели упругих подвесок и стабилизаторы автомобильных кранов?
5. В чем состоит отличие пневмоколесного крана от автомобильного?
6. Каковы устройство, назначение и область применения короткобазовых кранов?
7. Изложите основные отличия кранов на спецавтошасси от ранее изученных. Что такое специальное шасси автомобильного типа?
8. Какие типы гусеничных кранов выпускает отечественная промышленность?
9. Изложите конструкцию ходового устройства гусеничного крана, включая раздвижное устройство.
10. Какие зарубежные стреловые самоходные краны получили распространение на монтажных площадках отрасли?
11. Какие основные принципы модернизации стреловых самоходных кранов применяют в нашей стране и за рубежом?
12. Сформулируйте основные направления развития стреловых самоходных кранов.
13. В чем состоит отличие кранов-трубоукладчиков от гусеничных стреловых кранов? Каковы их преимущества?
14. Как устроен и работает контргруз крана-трубоукладчика?
15. Как устроен тракторный кран?
16. Какими преимуществами обладают железнодорожные краны?

Глава X
СТРЕЛОВЫЕ И БАШЕННЫЕ КРАНЫ

Кроме рассмотренных выше стреловых самоходных кранов в практике производства СМР применяют и другие типы кранов. К ним относят мачтово-стреловые (вантовые), жестконогие стреловые, легкие строительные, башенные и рельсовые стреловые краны.

§ 1. Мачтово-стреловые краны

Мачтово-стреловые краны появились на монтажных площадках в развитие монтажных мачт для увеличения обслуживаемой зоны в 1930 — 40-х гг. В зависимости от способа закрепления мачты краны подразделяют на мачтово-стреловые вантовые и жестконогие стреловые, которые составляют группу деррик-кранов, ранее широко применявшихся при производстве СМР. Основное преимущество мачтово-стреловых кранов — простота их конструкции и низкая стоимость. При необходимости их собирают из сборочных единиц такелажных средств. Недостатками являются: стационарность, трудоемкость перебазировки и монтажа, а также необходимость устройства вант (расчалок) и якорей, загромождающих монтажную площадку.

Мачтово-стреловой вантовый кран состоит из вертикально установленной мачты *1*, удерживаемой вантами *3*, на которой шарнирно закреплена стрела *2* (рис. 108, *а*).

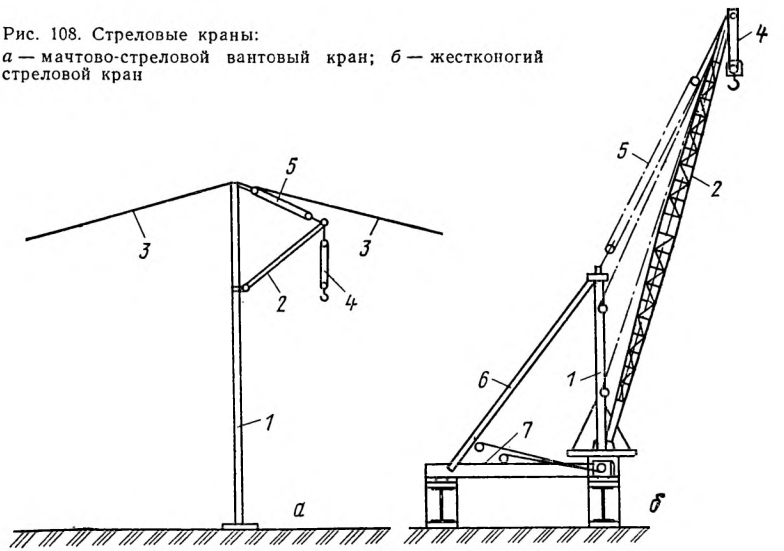


Рис. 108. Стреловые краны:
а — мачтово-стреловой вантовый кран; *б* — жестконогий стреловой кран

Гибкий подвес стрелы *5* закреплен на оголовке мачты, а на оголовке стрелы подвешен грузовой полиспаст *4*. В кранах большой грузоподъемности стрелу располагают у нижней опоры мачты, а для обеспечения подъема грузов на большую высоту — ближе к ее оголовку. В некоторых случаях

на мачте в диаметральной плоскости устанавливают две стрелы на разных отметках. Простые конструкции кранов малой грузоподъемности выполняют с неповоротной мачтой. Чаще применяют краны, у которых поворот стрелы осуществляют поворотом мачты. При этом низ мачты опирается на шаровой шарнир, а на оголовке устанавливают поворотный «паук», как у монтажной мачты. Лебедки механизмов крана установлены на раме, связанной с опорой шарнира мачты. Грузоподъемность мачтово-стреловых вантовых кранов до 40 т (на вылете стрелы — до 32 м), высота подъема груза — 30 м.

В отличие от стреловых самоходных кранов, устойчивость которых обеспечивает собственный вес крана и противовеса, устойчивость мачтово-стреловых кранов обеспечивают за счет гибких расчалок. Такое решение обеспечивает лучшие грузовысотные характеристики и меньшую собственную массу крана. Для монтажа объемных конструкций стрелу крана оборудуют управляемым гуськом грузоподъемностью 5 т. Совмещать работу главного и вспомогательного механизмов подъема груза запрещено. В настоящее время промышленность такие краны не выпускает, поэтому их применяют редко. По существу мачтово-стреловые вантовые краны послужили прототипом зарубежному принципу модернизации стреловых самоходных кранов «супер лифт» и созданию мачтово-стрелового кранового оборудования — МСО, сохранившего преимущества обоих типов кранов.

Определенный интерес представляет мачтово-стреловой подъемник МСП-150 (по существу деррик-кран), разработанный и внедренный институтом Гипронефтеспецмонтаж в 1985 г. МСП-150 состоит из мачты высотой 80 м, роль которой выполняет мачта мачтового подъемника АК-400. К мачте шарнирно прикреплена специальная трубчатая стрела решетчатой конструкции треугольного поперечного сечения длиной 70 м, на оголовке которой закреплен грузовой полиспаст грузоподъемностью 150 т (из обойм ОБМ-160). Максимальная грузоподъемность крана — 150 т на вылете стрелы 28 м (высота подъема груза 65 м), а при максимальном вылете (50,6 м) грузоподъемность снижается до 120 т при высоте подъема груза 57 м, т. е. грузовысотная характеристика МСП существенно отличается от стреловых самоходных кранов и обеспечивает большую грузоподъемность и высоту подъема груза в большом диапазоне вылета стрелы. Это является его главным преимуществом и обеспечило возрождение крана в настоящее

время. МСП позволяет с одной — двух установок монтировать всю номенклатуру КТО на объекте и тем самым исключить трудоемкие и сложные работы по передвижению монтажных мачтовых подъемников.

§ 2. Жестконогие стреловые краны

Очевидно, что высокая мачта мачтово-стрелового вантового крана увеличивает его габариты, утяжеляет конструкцию и обуславливает много сложностей в процессе эксплуатации. Поэтому были созданы краны, мачту которых удерживают в вертикальном положении не гибкие ванты, а жесткие подкосы — жестконогие стреловые краны. В свою очередь, краны подразделяют на стационарные и передвижные. Кран состоит из более короткой мачты *1*, шарнирно установленной на раме *7* крана (рис. 108, *б*). Подкосы *6* приварены к раме, а их верхние концы через муфту с проушинами крепят к мачте. Такое решение обеспечивает возможность поворота мачты. Понятно, что наличие подкосов ограничивает угол поворота крана до $^3/_2\pi$ рад. Стрела *2* такого крана имеет длину большую, чем мачта, а ее крепление к мачте аналогично мачтово-стреловому крану. В процессе работы крана в подкосах (с учетом положения стрелы) от опрокидывающего момента могут возникать растягивающие или сжимающие внутренние напряжения. С учетом последних подкосы следует выполнять возможно более короткими. Лебедки механизмов крана устанавливают на его раме или на земле на некотором расстоянии. Поворот крана осуществляют при помощи поворотного круга, установленного на раме крана и связанного с мачтой. Тяговый канат охватывает поворотный круг и вращает его при включении лебедки.

Передвижные краны передвигаются по рельсовому пути. Для обеспечения грузовой устойчивости стационарного крана его раму крепят к конструкции, на которой он установлен, а на передвижном кране раму загружают противовесом, массу которого определяют расчетом. Грузоподъемность кранов — до 20 т на вылете стрелы до 20 м, высота подъема груза — 17 м.

§ 3. Легкие стреловые строительные краны

При выполнении различных СМР (механомонтажных, теплоизолировочных, санитарно-технических, электротехнических и др.) для вертикального подъема грузов массой до

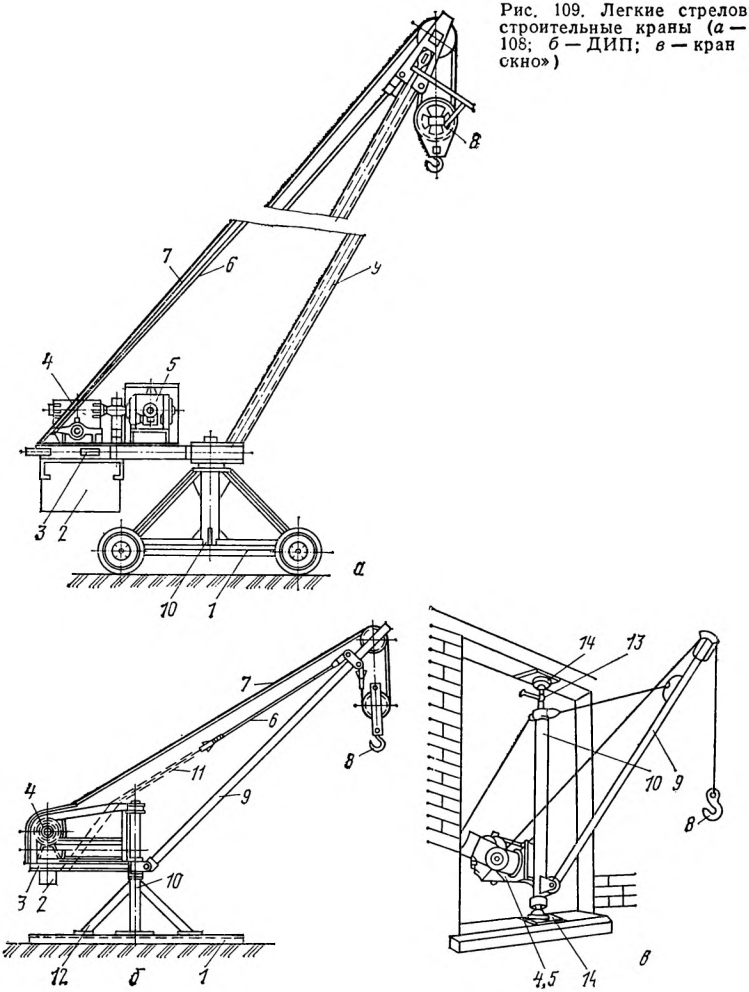


Рис. 109. Легкие стреловые строительные краны (*а* — Т-108; *б* — ДИП; *в* — кран «в окно»)

1 т применяют легкие стреловые строительные краны (рис. 109). Конструкция легких кранов предусматривает их установку на перекрытиях или в оконных (дверных) проемах зданий и перенос, по мере необходимости, с одного уровня на другой. Эти краны легко и просто демонтируют, разбирают на сборочные единицы, вручную переносят на новое место, собирают и монтируют. Очевидно, что их применяют в тех случаях, когда нецелесообразно или невоз-

можно применять другие ГПМ. Строительными легкие краны появились и получили распространение в строительстве. Многие строительные организации разработали и внедрили множество конструкций кранов. По ходовому устройству краны разделяют на передвижные (с ходовой неприводной тележкой) и стационарные. Легкие стреловые строительные краны имеют один механизм подъема (опускания) груза с электроприводом. Поворот и передвижение крана осуществляют вручную. Вылет стрелы крана постоянный.

Передвижной легкий стреловой кран Т-108 (более распространенное название «Пионер-2») состоит из ходовой тележки *1*, на которой закреплена поворотная колонка *10*

Таблица 28. **Технические характеристики легких стреловых кранов**

Параметры	Т-108	ДИП	«Журавль»	«Москвич»	МЭМЗ-1	Кран «окно»
Грузоподъемность, т	0,5	0,25	0,2	0,5	1	0,15
Вылет стрелы, м	2,9	2,3	3,35	3,75	3	1,1
Высота подъема крюка, м	20	35	6	8	5,5	18
Скорость подъема груза, 10^{-2} м/с	50	40	33	25	13	30
Мощность привода, кВт	3,3	2,2	2,2	2,8	1,8	0,6
Колея крана, мм	1580	—	—	1520	1800	—
Масса крана, кг:						
собственная	875	500	—	—	910	—
с противовесом	1235	710	800	1380	1310	85

(рис. 109, *а*). На колонке в подшипнике установлена поворотная платформа *3* с грузовой реверсивной лебедкой (червячный редуктор *4* и электродвигатель *5*), стрелой *9* и противовесом *2*. К оголовку стрелы подвешен двукратный грузовой полиспаст с крюковой подвеской *8* и ограничителем высоты подъема груза. Стрелу в рабочем положении удерживает тяга *6*. Грузовой канат *7* с головного блока стрелы идет на барабан лебедки.

Стационарный кран ДИП имеет неподвижную поворотную колонку *10*, установленную на опорной крестовине *1* с четырьмя подкосами *12*. Изменяя длину цепи *11* тяги *6* можно изменять вылет стрелы крана (рис. 109, *б*). Легкий кран, устанавливаемый в проеме окна, состоит из поворотной колонки (стойки) *10*, установленной в шарнирных

опорах *14*, обеспечивающих его вращение (рис. 109, *в*). Для закрепления стойки в проеме окна предназначен винт *13* с левой и правой резьбой. На стойке шарнирно закреплена стрела *9* крана и жестко — лебедка 4,5 механизма подъема груза. В отдельных случаях, например при строительстве

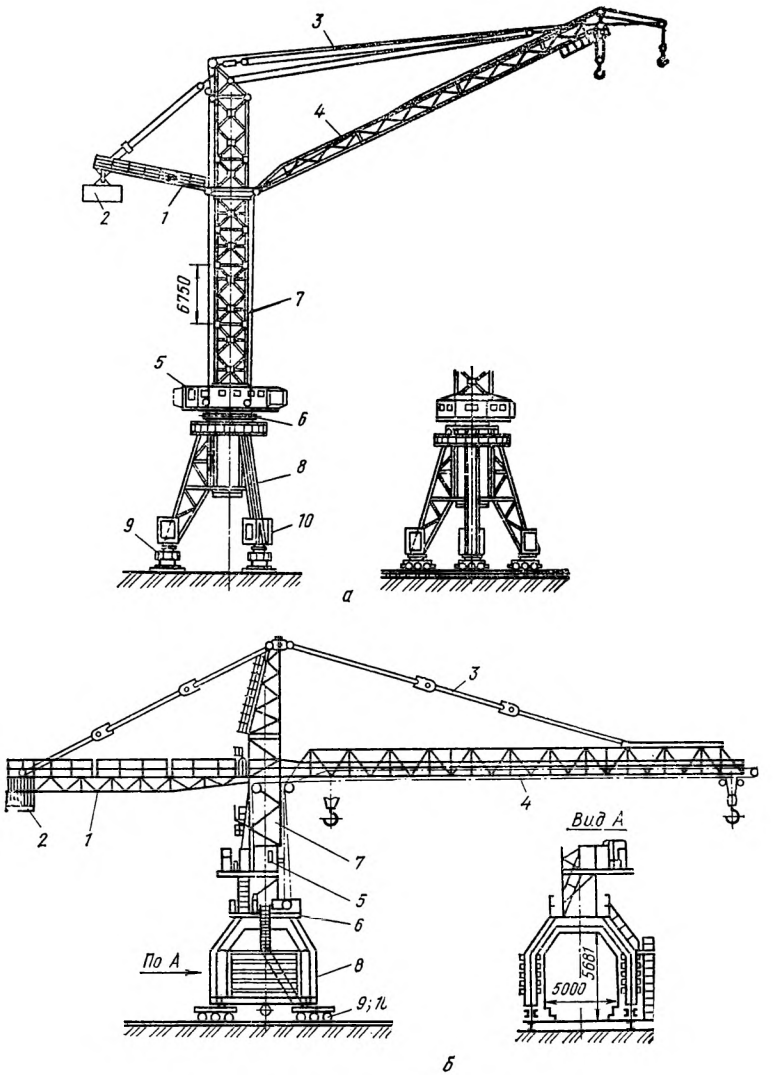
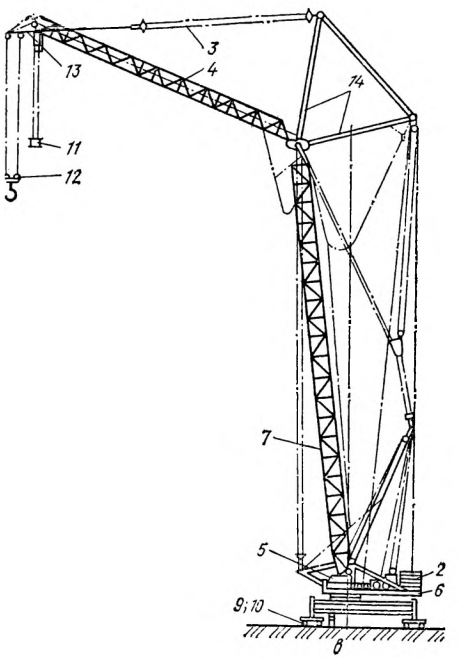


Рис. 110. Краны (*а* — БК-1000; *б* — КП-300; *в* — СКР-3500)

одноэтажных промышленных и сельскохозяйственных зданий, легкие строительные краны типа Т-108 с удлиненными стрелами могут успешно конкурировать с дорогостоящими стреловыми кранами. Основные технические характеристики легких стреловых строительных кранов приведены в табл. 28.

§ 4. Башенные краны

В последнее время в практике производства СМР все большее распространение получают башенные краны, получившие название от основного элемента—высокой вертикально стоящей башни. Различают краны с неповоротной башней, снабженной поворотным оголовком (например, КБ-674) и с поворотной башней, имеющей опорно-поворотное устройство на ходовой раме или портале (например, КБ-401, БК-1000). Подъемная или балочная стрела закреплена в верхней части башни. Краны оснащены механизмом передвижения для передвижения в пределах рабочей площадки. Башенные краны имеют ходовые устройства всех известных типов (аналогично стреловым самоходным), но наибольшее распространение получили рельсовые башенные краны, передвигающиеся по наземному рельсовому крановому пути, что упрощает их эксплуатацию и повышает безопасность работы. Транспортируют краны после демонтажа в сложенном состоянии (кроме мощных кранов) на специальных подкатных пневмоколесных тележках при помощи тягачей. Очевидно, что башенные краны обеспечивают большую высоту подъема груза необходимой массы при требуемых вылетах стрелы,



т. е. предназначены для строительства высоких сооружений и монтажа конструкций на высокие отметки. Поэтому они получили развитие после Великой Отечественной войны в связи с началом активного высотного строительства в нашей стране.

ГОСТ 13555—79 устанавливает четыре размерные группы башенных кранов (3, 4, 5 и 6), грузовые моменты которых соответственно равны — до 98; 98 196; 196 ... 294 и 294 ... 490 т·м, а технические требования удовлетворяют ГОСТ 13556—76.

В настоящее время разработаны и выпускаются базовые модели и модификации башенных кранов серии КБ (КБ-100, КБ-160, КБ-250, КБ-400, КБ-630 и КБ-1000), предназначенные для высотного промышленного, общественного и жилищного строительства. Эта группа кранов не рассматривается.

Для производства СМР применяют ранее выпускавшиеся мобильные строительные башенные краны типа МСК и выпускаемые в настоящее время краны серии БК. Краны серии БК обладают хорошими грузовысотными характеристиками, поэтому их применяют для монтажа оборудования и конструкции на металлургических предприятиях, ТЭЦ и др. После окончания монтажных работ краны обычно оставляют на предприятиях для удовлетворения эксплуатационных нужд.

Кран БК-1000 с поворотной башней *7* обеспечивает высоту подъема основного крюка — 91 м. К башне прикреплена подъемная стрела *4* с гуськом и гибким подвесом (стрелоподъемным полиспастом) *3* (рис. 110, *а*). Для восприятия грузового момента предназначен противовес *2*, установленный на консоли *1*. Башня прямоугольного поперечного сечения установлена на опорно-поворотном устройстве *6*, закрепленном в верхней части портала *8*. Трехстоечный портал через ходовые тележки *9* опирается на специальный рельсовый путь. Передвижение крана по рельсам осуществляет механизм передвижения *10*. Кабина управления *5* размещена на поворотной части крана и вращается вместе с ним, что улучшает условия работы машиниста. Кран имеет три шестиколесные ходовые тележки, каждая из которых установлена на двухколейном рельсовом пути. Механизмы подъема груза (основной и вспомогательный) имеют четыре скорости рабочих движений, что достигается применением двух электродвигателей и планетарного редуктора.

На базе башенных кранов выпускают краны-погрузчи-

ки (КБ-406, КБ-572А и КП-300), имеющие четырехстоечный портал, укороченную башню и горизонтальную стрелу балочного типа (рис. 110, *б*). Краны предназначены для ведения ПРТС работ. Высота подъема груза 12 12,5 м при вылете стрелы 4 30 м. Устойчивость передвижных башенных кранов определяют аналогично стреловым самоходным кранам. Портал кранов обеспечивает проезд под ним железнодорожных вагонов с нормальной колеей. Совместно с кранами-погрузчиками на одних рельсовых путях колеей 6 м могут работать и другие башенные краны. Основные технические характеристики башенных кранов приведены в табл. 29.

Таблица 29. **Технические характеристики башенных кранов**

Параметры	МСК-10-20	БК-300	БК-1000	БК-1425	КБ-406	КП-300
Грузоподъемность, т	10	25	50...60	75...90	10/8	10
Скорость подъема груза, 10^{-2} м/с	3,3...25	20	1,5...27	1,5. .27	19	20
Частота вращения крана, $мин^{-1}$	0,5	0,24	0,2	0,19	0,6	0,5
Скорость передвижения, км/ч	1,2	0,5	0,7	0,7	1,1	1,2
База крана, м	7	7,5	15,95	16	6	6
Колея пути, м	6,5	7,5	10	10	6	6
Масса крана, т	80	149	294	386	76,4	110,6

Кроме передвижных башенных кранов существуют стационарные, в том числе приставные. Стационарные башенные краны отличаются от передвижных отсутствием ходового устройства. Их устанавливают непосредственно на фундаменты. С увеличением высоты крана становится сложно обеспечить его устойчивость. Поэтому в настоящее время получают распространение приставные башенные краны (КБ-573, КБ-675 и КБ-676) грузоподъемностью 4 12,5 т на вылете стрелы 2,5 50 м, высота подъема груза 114 150 м. Краны оборудованы неповоротной башней, высота которой может изменяться в пределах 8 150 м при помощи сменных секций (до 27 шт.), т. е. кран может «расти» совместно с возводимым зданием. Кран крепят к конструкциям здания при помощи специальной рамки, охватывающей башню, и связей. На 9 секций башни устанавливают одну связь. В ряде случае применяют универ-

сальные приставные краны. Например, кран КБ-676-2 до высоты башни 83 м опирается на рельсоколесное ходовое устройство и является передвижным, а при большей высоте (до 120 м) его устанавливают на фундамент и крепят к конструкциям здания.

Приставные краны опирают на фундамент через портал, служащий для восприятия горизонтальных нагрузок, возникающих в процессе эксплуатации, и для увеличения высоты башни крана. В зависимости от условий эксплуатации крана высоту башни можно увеличивать добавлением дополнительных секций способом подращивания. С помощью системы полиспастов, находящейся внутри портала, башню вытягивают вверх и снизу под нее подводят дополнительную секцию, подаваемую самим краном. Затем секцию соединяют с поднятой башней, опускают башню на фундамент и закрепляют. Демонтируют приставные башенные краны в обратной последовательности.

§ 5. Стреловые рельсовые краны

Как и передвижные башенные, стреловые рельсовые краны (СКР) применяют для монтажа высоких конструкций. От башенных кранов их отличает конструкция БСО (другим стреловым оборудованием их не оснащают) с улучшенными грузовысотными характеристиками. В кранах серии СКР применены многие сборочные единицы и узлы от кранов серии СКГ, включая стреловое оборудование. БСО крана СКР-3500 состоит из башни *7* (длиной 50,5...92,5 м) и стрелы *4* (длиной 31,2...56,8 м) с гуськом 13...5 м (рис. 110, *в*). Кран имеет крюковые подвески *11* и *12* механизмов основного и вспомогательного подъема груза. На башне крана установлены подкосы *14* стрелоподдерживающей системы *3*. На поворотной платформе *6* размещены противовес *2* и кабина управления *5*. Рельсовое ходовое устройство состоит из ходовых тележек *9* и механизмов передвижения *10* и по конструкции аналогично устройствам башенных кранов. С учетом большого грузового момента краны устанавливают на специальный рельсовый путь с широкой колеей (10...15 м).

Краны СКР-1500 и СКР-220 (грузовые моменты 1500 и 2200 т·м соответственно) были созданы в 70-е гг. и успешно применены на монтаже перекрытий цехов КамАЗа, выполнявшемся конвейерным способом (масса блока перекрытия — 60 т). Потом были созданы краны СКР-2600 и СКР-3500 с грузовыми моментами 2600 и 3500 т·м. В на-

стоящее время завод выпускает краны СКР-1500 в четырех, СКР-2200 трех, СКР-2600 двух и СКР-3500 одном исполнениях. Основные технические характеристики стреловых рельсовых кранов приведены в табл. 30.

Таблица 30. Технические характеристики стреловых рельсовых кранов

Параметры	СКР-1500	СКР-2600	СКР-3500
Длина стрелы, м	24...39 и гусек 8	31,16...43,8 и гусек 5	38 и гусек 5
Грузоподъемность, т	18...100	22...130	44...100
Вылет стрелы, м	15...41	18...44	28...51
Высота подъема крюка, м	42...86,7	61,7...98,6	77,3...107,8
Высота башни, м	30...60	45,5...57,8	68,5
Скорость подъема груза, 10^{-2} м/с	0,5...14,8	0,67...13,7	0,5...7,3
Частота вращения крана, $мин^{-1}$	0,24	0,08...0,2	0,08...0,2
Скорость передвижения, км/ч	—	0,71	—
Колея кранового пути, м	10	13,5	15
Масса крана, т	304,5...340	380...465	622,3

К недостаткам кранов СКР следует отнести сложность и трудоемкость их транспортировки и монтажа, необходимость устройства специального дорогостоящего кранового пути, большие габариты ходового устройства в плане и невозможность использования межрельсового пространства для укрупнительной сборки и складирования оборудования и конструкций.

§ 6. Специальные самоподъемные краны

Для монтажа высотных сооружений (радиомачт, башен, дымовых труб, каркасов многоэтажных зданий и др.) применяют специальные самоподъемные краны, разработанные ВНИПИпромстальконструкция. К этой группе кранов относят самоподъемные краны СПК, ползучие краны ПКР, универсальные полноповоротные краны УПК и башенные специального исполнения СКБ и УБК.

Кран ПКР состоит из трубчатой обоймы *10*, по концам которой приварены трубчатые опорные ригели *8* (рис. 111). Внутрь обоймы входит неповоротная мачта *3*, заканчивающаяся внизу опорным ригелем *7*. На концы ригелей надеты

откидные хомуты *4*, *5*, *9*. На верху мачты установлен поворотный круг *11*, а на нем — полноповоротная укосина *1* с грузовым полиспастом. Подвижная ветвь каната *6* полиспаста проходит внутри полой мачты. Кран перемещается вверх («ползет») по вновь установленным секциям конструкции. Для этого при закрытых хомутах *5* открывают откидные хомуты *4* и *9* и с помощью грузового полиспаста крана, закрепленного за трубчатую обойму *10*, поднимают ее по мачте *3* до уровня следующей стоянки. После этого хомуты обоймы *4* и *9* закрепляют за опорные столики, приваренные к секции монтируемой конструкции (закрывают), открывают откидные хомуты *5* и с помощью каната *12*, перекинутого через отводной блок *2* и закрепленного за низ мачты *3*, поднимают мачту, движущуюся внутри обоймы *10* как по направляющей до необходимой отметки. Затем крепят мачту к секции конструкции хомутами *5* и кран готов к работе на данной высотной отметке. Для следующего перемещения крана вверх операцию повторяют. Поворотный круг *11* поворачивают двумя ручными лебедками. При демонтаже кран разбирают и по частям опускают на землю. Аналогичным образом устроены и работают краны СПК, УПК и др.

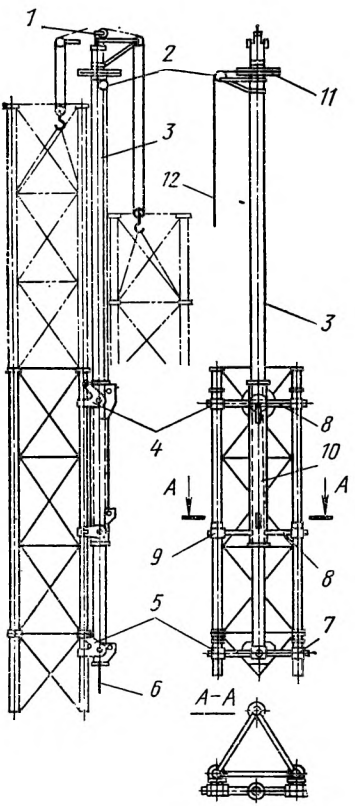


Рис. 111. Специальный ползучий кран-ПКР

Грузоподъемность самоподъемных кранов 5...25 т на вылете стрелы 1,5...10 м. Масса кранов 7,5...39,8 т. В отдельных случаях для этих же целей применяют переносные монтажные стрелы.

Контрольные вопросы

1. Какие краны составляют группу деррик-кранов?
2. Как устроен мачтово-стреловой вантовый кран и в чем состоят его отличия от стрелового самоходного крана?

3. Изложите назначение и устройство МСП-150.

4. В чем состоит отличие жесткого стрелового крана от мачтово-стрелового вантового?

5. Для выполнения каких работ предназначены легкие стреловые строительные краны, какие механизмы они имеют?

6. Чем отличаются различные модели легких стреловых кранов?

7. Для каких целей применяют башенные краны и какие они бывают? Почему их так называют?

8. Как устроен башенный передвижной кран БК-1000? В чем состоит отличие его рельсового пути от крановых путей других башенных кранов?

9. Для каких целей предназначены краны-погрузчики и чем они отличаются от башенных кранов?

10. Изложите конструктивные особенности стационарных и приставных башенных кранов.

11. В чем состоит основное отличие стрелового рельсового крана от гусеничного самоходного и башенного? На основе каких машин их создают?

12. Для каких целей предназначены специальные самоподъемные краны?

13. Как устроен и работает кран ПКР?

Глава XI
КРАНЫ МОСТОВОГО ТИПА

§ 1. Общие сведения

Помимо рассмотренных выше конструкций стреловых монтажных кранов при производстве СМР находят применение краны мостового типа, получившие название от основной части крана — моста. Эту группу образуют: мостовые, козловые, включая краны-перегружатели, кабельные краны и краны-штабелеры, имеющие постоянную грузоподъемность во всей рабочей зоне.

Мостовые краны обычно осуществляют внутрицеховое и внутрискладское транспортирование грузов (установлены в цехах и на эстакадах предприятий), поэтому их как правило применяют для монтажа (демонтажа) оборудования во время реконструкции, ремонтных и других видах работ. Козловые краны широко применяют в промышленном и гражданском строительстве, а также для обслуживания складов и полигонов. Кабельные краны применяют в энергетическом, гидротехническом, мостовом и других видах строительства, при обслуживании складов, когда на небольшом по фронту участке сосредоточены большие объемы работ. Краны-штабелеры специально предназначены для укладывания грузов в штабели или стеллажи с помощью специальных грузозахватных устройств и находят ши-

рокое применение на складах монтажных организаций. Очевидно, что для ведения СМР их не применяют. Основное рабочее оборудование кранов — грузовой полиспаст с крюковой подвеской.

В отличие от стреловых кранов краны мостового типа перемещают груз не на стреле (консольно), а на грузовой тележке, которая (за исключением козловых консольных кранов) постоянно находится в пределах опорного контура машины. Очевидно, что при такой схеме нагружения кранов они не могут опрокинуться под действием рабочей нагрузки и расчет их устойчивости не выполняют, что является существенным преимуществом. При этом рассчитывают только запас устойчивости козловых кранов в нерабочем состоянии от действия ветровой нагрузки.

§ 2. Мостовые краны

Мостовой кран состоит из моста, выполненного из главных (продольных) и концевых (поперечных) балок, сваренных между собой, и передвигающегося по надземному рельсовому пути, уложенному на подкрановые балки, закрепленные на консолях колонн здания (цеха) или эстакады (рис. 112). По мосту (вдоль главных балок) передвигается грузовая тележка, оборудованная механизмами подъема груза и передвижения. По концам концевых балок моста размещены ходовые тележки с приводом, обеспечивающие передвижение крана вдоль пролета здания (эстакады).

Мостовые краны, передвигающиеся по крановому пути, закрепленному на колоннах, называют опорными, в отличие от подвесных, крановый путь которого прикреплен к перекрытию зданий. По конструкции моста краны разделяют на двухбалочные (две главные балки) и однобалочные (одна балка). Двухбалочные мостовые электрические краны общего назначения должны удовлетворять требованиям ГОСТ 24378—80Е. Как правило, это — однопролетные краны, опирающиеся на два рельса. Грузоподъемность кранов 5...50 т, пролет 10,5...32 м, высота подъема груза 6...18 м.

Мостовые краны общего назначения имеют грузоподъность до 320 т, а специального (металлургические, энергетические и др.) — до 630 т. Однобалочные краны (опорные и подвесные) должны соответствовать требованиям ГОСТ 22045—82. Так как мост такого крана представляет собой однобалочную конструкцию, то установить на нем стандартную четырехколесную грузовую тележку не представ-

ляется возможным. Поэтому в качестве тележки на них применяют электротали ТЭ-ВНИИПТМАШ по ГОСТ 25584—77. Грузоподъемность однобалочных кранов 1...5 т, пролет 4,5...28 м, высота подъема груза до 12 м. Часто однобалочные краны малой грузоподъемности снабжают руч-

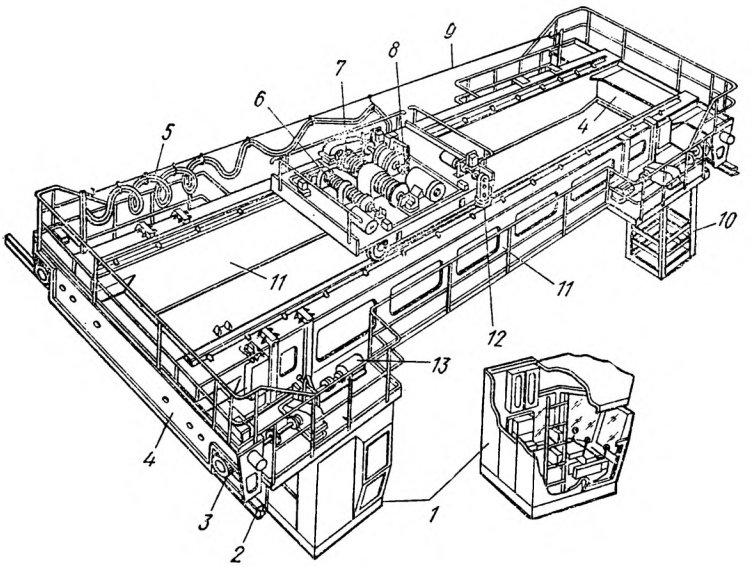


Рис. 112. Мостовой двухбалочный опорный кран:

1 — кабина управления; *2* — рельсы; *3* — ходовые колеса; *4* — концевая балка; *5* — кабельный токоподвод к тележке; *6*, *7* — вспомогательный и основной механизмы подъема груза; *8* — грузовая тележка; *9* — подвеска гибкого кабеля; *10* — люлька для обслуживания цеховых троллеев; *11* — главная балка; *12* — механизм передвижения грузовой тележки; *13* — механизм передвижения крана (моста)

ным приводом механизмов. В этом случае роль механизма подъема груза выполняет подвесная кошка, перемещаемая по нижнему поясу балки моста, с подвешенной в ее траверсе червячной или шестеренной ручной талью. Так как основная конструкция крана состоит из одной балки, то он получил закрепившееся название — кран-балка (от одноименного голландского слова).

Двухбалочными мостовыми кранами управляет оператор-крановщик, находясь в кабине управления, подвешенной к конструкции моста снизу. Управление однобалочными кранами осуществляется с подвесного кнопочного пульта (с пола) Скорость подъема груза 0,13...0,17 м/с, скорость передвижения грузовой тележки 0,7 м/с и скорость

передвижения моста до 0,8 м/с при управлении с пола и до 1,3 м/с — при управлении из кабины. Подвод электроэнергии для питания приводов механизмов крана осуществляют по контактным проводам со скользящими по ним токосъемниками — троллеям (от одноименного английского слова — контактный провод; слово троллейбус — аналогичного происхождения) либо по электрическому кабелю, тянущемуся за краном (тележкой).

Мостовой кран обслуживает практически всю площадь цеха (кроме узких полос вдоль цеха), что является его основным преимуществом. Кроме того, мостовой кран передвигается по надземному крановому пути, поэтому он не занимает полезную площадь пола цеха. Грузоподъемность крана не зависит от положения грузовой тележки относительно моста и высоты подъема груза. Мостовой кран прост по конструкции, надежен в эксплуатации и удобен в управлении. К недостаткам мостовых кранов следует отнести необходимость устройства специальных крановых путей на высотных отметках. Основные технические характеристики мостовых кранов приведены в табл. 31.

§ 3. Козловые краны

В упрощенном виде козловой кран представляет собой мостовой кран, опирающийся на стойки и предназначенный для передвижения по наземному рельсовому пути. Внешне он напоминает четырехстоечный портал (монтажные козлы), от которых и получил свое название (рис. 113, *а*). В соответствии с требованиями ГОСТ 7352—81 краны козловые электрические по назначению разделяют на перегрузочные, строительно-монтажные и специального назначения.

Перегрузочные краны эксплуатируют на открытых складах, обслуживаемых средствами наземного рельсового и безрельсового транспорта. Грузоподъемность кранов 3,2...50 т, пролеты 10...40 м, высота подъема груза 7...16 м. На их базе выпускают строительно-монтажные и специальные краны.

Строительно-монтажные краны обеспечивают быстрое перебазирование с объекта на объект, монтаж (демонтаж), сборку в разных исполнениях с различными характеристиками: грузоподъемность до 400 т, пролеты 60...80 м, высота подъема груза 20...30 м.

Краны специального назначения, обслуживающие гидротехнические сооружения, секционную сборку судов и др.,

Таблица 31. **Технические характеристики мостовых кранов**

Параметры	Грузоподъемность, т							
	5	16/32	20/5	32/5	50/12,5	80/20	160/32	250/32
Пролет, м	10,5... 31,5	7...34,5	10,5... 34,5	10,5... 34,5	10,5... 34,5	10,5...34,5	9,5...33,5	9,5...33,5
Высота подъема груза, м	16	16	12	12	12,5	25; 32	25; 32	25; 32
Скорость, 10^{-2} м/с: подъема груза	17	13	13	13	10	7,5	4,1	2,7
передвижения грузовой тележки	67	67	67	67	67	53	53	53
передвижения крана, 10^{-2} м/с	134	134	134	134	134	134	100,5	100,5
Установленная мощность электродвигателя, кВт	18,9	53,1	66,6	79	134,5	172	185	191
Масса крана, т	25,6	34,8	51	59	75,7	155	230	280

Примечания: 1. Технические характеристики приведены для кранов группы режима работы 4К, 5К с максимальной длиной пролета; 2. В числителе указана грузоподъемность главного механизма подъема груза, а в знаменателе — вспомогательного.

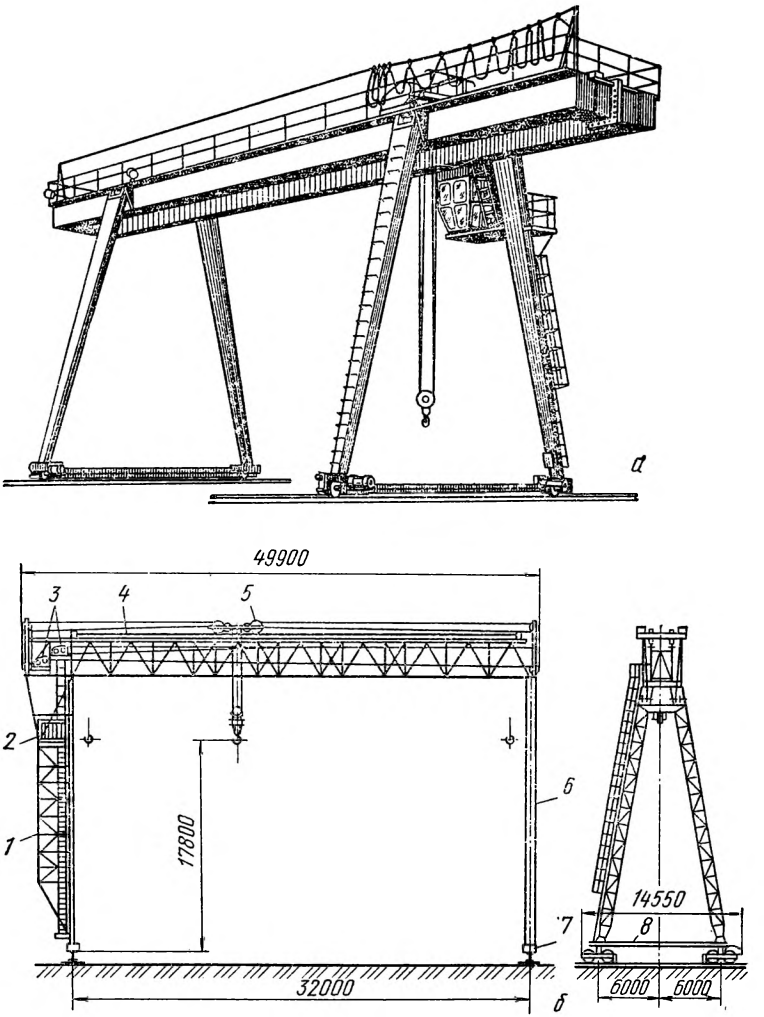


Рис. 113. Козловые краны (*а* — двухбалочный, двухконсольный — К-12,5М; *б* — бесконсольный — К-30-32)

разнообразны по конструкции, рабочему оборудованию и характеристикам. По конструкции моста краны подразделяют на двухконсольные (рис. 113, *а*) и бесконсольные (рис. 113, *б*). При производстве СМР как правило применяют бесконсольные краны.

Простота конструкции, управления и обслуживания, от-

носительно низкая стоимость изготовления кранов и их эксплуатации обусловили их широкое внедрение в народное хозяйство страны. Указанные краны не требуют сооружения специальных дорогостоящих эстакад. Фактические затраты на эксплуатацию козловых кранов незначительно превышают те же затраты на эксплуатацию мостовых кранов с аналогичными параметрами. К недостаткам кранов следует отнести малую высоту подъема груза (в сравнении со стреловыми кранами), ограниченную площадь рабочей зоны.

Козловый кран для ведения СМР состоит из моста *4* (ригеля — от одноименного немецкого слова — поперечина) балочной или решетчатой конструкции, опертого на две пары стоек (ног) *1* и *6*. По мосту крана передвигается грузовая тележка *5*. Краны грузоподъемностью до 5 т обычно имеют ригель в форме двутавра, по которому передвигается стандартная электроталь. ГОСТ предусматривает выпуск кранов типа КК (с грузовой тележкой) и ККТ (с электроталью). Козловые краны также различают по виду соединения ригеля со стойками: жесткое или гибкое (шарнирное). При больших пролетах козлового крана одну пару стоек соединяют с ригелем жестко (на рис. 113, *б* левая 1), а другую — шарнирно, что исключает опасность возникновения значительных напряжений в металлоконструкции крана при воздействии переменных температур или отклонении размера колеи кранового пути от номинального значения.

Стойки крана как правило опирают на четыре ходовые тележки *7* (по две с каждой стороны). Две ходовые тележки (по одной с каждой стороны крана) — приводные для передвижения крана вдоль рельсового пути. Для обеспечения устойчивости крана стойки попарно (в плоскости движения крана) связаны жесткими тягами *8*. Кабину управления *2* обычно размещают на стойке крана, жестко связанной с ригелем. На специальной платформе над этой стойкой размещают механизмы подъема груза и передвижения грузовой тележки *3*, если они не установлены на раме самой тележки. Для обслуживания металлоконструкций и механизмов грузоподъемных кранов устанавливают лестницы и ограждения.

Перевозят козловые краны в разобранном состоянии на транспортных средствах. Большинство кранов монтируют без применения вспомогательных ГПМ способом «выжимания» ригеля за счет стягивания полиспастами стоек (попарно) с одной стороны крана. Перед этим ригель укладывают на шпальные клетки поперек кранового пути, стойки соединяют с ним шарнирно и опирают их на ходовые тележки, установлен-

ные на рельсы. После установки крана в проектное положение стойки соединяют с ригелем в соответствии с требованиями проекта и крепят жесткие тяги 8. Для осмотров, обслуживания и ремонтов крана предусмотрена подвесная люлька, передвигаемая вдоль ригеля крана.

Применение козловых кранов наиболее рационально при монтаже промышленных зданий простого очертания (прямоугольных в плане и большой протяженности), большого объема технологического оборудования со значительной единичной массой элементов при небольшой высоте их установки (специальных конструкций, эстакад, горизонтального оборудования и др.). Длина пролета современных кранов позволяет вести монтаж оборудования и конструкций одновременно в нескольких пролетах здания.

Для монтажа цилиндрических резервуаров, газгольдеров и емкостей применяют радиально-поворотные козловые краны, у которых одна пара стоек перемещается по кольцевому рельсовому пути, а другая — неподвижная (поворачивается на опорах) и размещена в центре монтируемой конструкции.

В отличие от козловых кранов краны-перегружатели имеют большую длину пролета, грузоподъемность и консоли по концам моста (аналогично крану на рис. 113, *а*), увеличивающие обслуживаемую площадь. С учетом указанных отличий мост крана — усиленной конструкции, а стойки опираются на многоопорные ходовые тележки через балансирные траверсы. Основные технические характеристики козловых кранов приведены в табл. 32.

§ 4. Кабельные краны

Кабельный кран — сложная по конструкции и дорогостоящая машина, применяемая на сооружении уникальных объектов. Основным элементом крана является несущий канат *4* (кабель), выполняющий функцию моста, по которому передвигается грузовая тележка *8* (рис. 114). От этого элемента пошло название крана. Концы несущего каната закрытой конструкции закреплены на оголовках башен (опор) *3* и *6* крана, а сам канат натянут с требуемым усилием. Для обеспечения устойчивости крана башни имеют треугольную форму и снабжены противовесом *7*. Роль второго противовеса выполняют механизмы крана и кабина управления, размещенные в машинном помещении *2*. Противовес *7* одновременно используют для натяжения несущего каната. В зависимости от степени подвижности опор крана различают неподвижные и подвижные кабельные краны. При этом опоры крана либо закреплены на фунда-

Таблица 32. **Технические характеристики козловых кранов**

Параметры	КК-12,5	К-182	К-184	К-305Н	КК-32	К-505	УКП-50-50	МКСК-80
Грузоподъемность, т	12,5	18	18	30	32/8	50	50	80
Пролет, м	20; 32	44	44	32	32	20	50	12,65; 31,15
Длина консолей, м	6	—	—	—	8	—	—	—
Высота подъема крюка, м	11,2	10,5	24	10,5	10,5	10,5	24	18; 23; 28
Скорость подъема груза, 10^{-2} м/с	13,4	12,5	12,5	12,5	13,4	8,3	8,3	3; 4; 5; 6
Скорость передвижения грузовой тележки, 10^{-2} м/с	64,3	41,6	41,6	41,6	53,3	41,6	37	19,1
Скорость передвижения крана, м/с	0,83	0,334	0,334	0,334	1,05	0,334	0,35	0,383
Установленная мощность электродвигателей, кВт	59	66,5	37	59	85	59	66,5	68
Нагрузка на ходовое колесо, кН	200	280	147	160	122,5	200	370	320
Масса, крана, т	78,3; 84,5	69	80	60	67	47,4	118	98

Примечания: 1. Технические характеристики приведены для кранов группы режима работы 4К, 5К с максимальной длиной пролета; 2. В числителе указана грузоподъемность главного механизма подъема груза, а в знаменателе — вспомогательного.

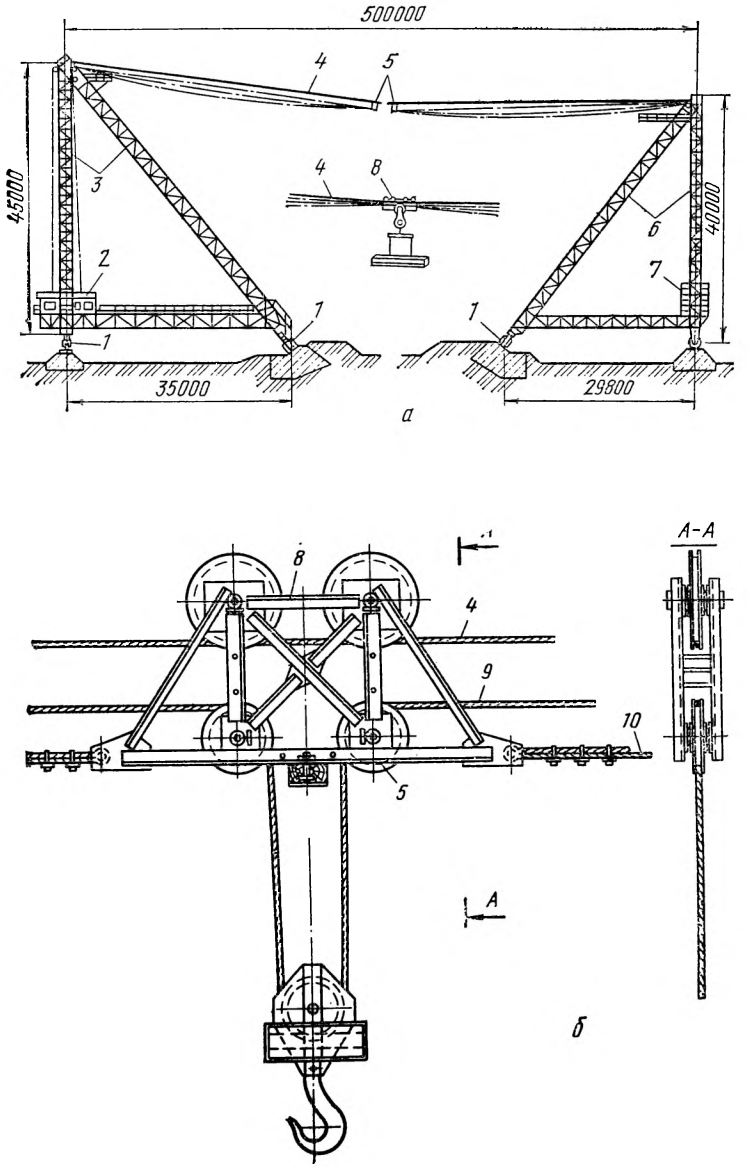


Рис. 114. Кабельный кран (*а* — общий вид; *б* — грузовая тележка)

менте, либо установлены на ходовые тележки *1* и передвигаются по рельсовому пути. Кабельные краны могут перемещаться вдоль кранового пути, для чего обе башни снабжают механизмами передвижения или по радиусу относительно одной неподвижно стоящей башни (по аналогии с радиально-поворотным козловым краном). В этом случае другая башня имеет механизм передвижения.

Так как на грузовой тележке крана разместить механизмы невозможно, то их устанавливают в машинном помещении, из которого канаты механизмов подъема груза (грузовой) и передвижения тележки (тяговый) через отводные блоки *5* подходит к тележке. Грузовой *9* и тяговый *10* канаты — по конструкции двойной свивки, широко применяемой в ГПМ. Кабельные краны, применяемые при реконструкции объектов, например при замене перекрытий, большей частью изготовляют силами монтажных организаций. В качестве опор для этих кранов применяют монтажные мачты, удерживаемые в рабочем положении системой расчалок. При необходимости кран можно передвинуть на другую стоянку при помощи лебедок (аналогично передвижению мачт).

Очевидно, что несущий канат не может быть натянут строго горизонтально (он всегда провисает). Поэтому передвижение грузовой тележки требует дополнительного усилия и она не может подойти к башне ближе чем на 0,1 длины пролета крана. Кроме того, грузовая тележка и груз всегда раскачиваются. Грузоподъемность современных кабельных кранов до 20 т, длина пролета до 600 м. Краны могут обслуживать рабочую площадку площадью до 1 млн. м^2.

§ 5. Краны-штабелеры

Кран-штабелер представляет собой ГПМ циклического действия, передвигающуюся по рельсовым путям и оборудованную вертикальной колонной, по которой перемещается грузовой захват или специальная платформа. У этих машин грузовой полиспаст (гибкий подвес груза) заменен вертикальной колонной, осуществляющей жесткий подвес (захват) груза. По конструкции различают мостовые краны-штабелеры, у которых колонна закреплена на тележке, передвигающейся (вверху) по мосту крана, и стеллажные краны-штабелеры, у которых колонна смонтирована на тележке, передвигающейся (внизу) по наземному рельсовому пути.

Для обеспечения устойчивости стеллажного крана оголовок колонны снабжен горизонтальными роликами, движущимися (при движении крана) по стальным направляющим. Краны получили название от одноименного немецкого слова стеллаж (ставить, помещать) — многоярусная конструкция с полками, ящиками или ячейками для складирования и хранения различных материалов (грузов). Колонну крана чаще всего выполняют поворотной и оборудуют направляющими для перемещения грузового захвата. Для удобства работы колонну мостового крана иногда выполняют телескопической либо снабжают телескопическим захватом для работы с длинномерными грузами (до 9 м). Грузоподъемность наиболее распространенных кранов-штабелеров 0,25; 0,5 и 1 т. Выпускают краны грузоподъемностью 5 и 12,5 т.

Как правило, краны-штабелеры обслуживают соседние штабеля или стеллажи, двигаясь по проходу между ними. Кран способен отделить груз от штабеля (снять с полки стеллажа), переместить его в проход, подать в требуемое место и разгрузить его. Управляют кранами из подвесной кабины, с пола или со специального пульта дистанционного управления. При этом оператор должен видеть груз во время работы с ним. Развитие контейнерного транспорта способствовало совершенствованию кранов-штабелеров, а внедрение ЭВМ позволило автоматизировать технологический процесс. Современные краны-штабелеры способны не только механизированно заложить груз на хранение, но и запомнить стеллаж (полку, ячейку) и по команде (заданной программе) найти груз и выгрузить его в необходимом месте в назначенное время.

§ 6. Крановые пути

Рельсовые крановые пути предназначены для восприятия рабочих нагрузок от крана (грузовой тележки) и передачи их на основание (грунт, строительные конструкции) или металлоконструкцию крана, а также для направления движения крана (тележки). Крановый путь представляет собой пару направляющих одного типа, уложенных строго горизонтально на специальном основании в одном высотном уровне, по которым перекатываются ходовые колеса механизма передвижения. В зависимости от типа ГПМ крановые пути разделяют на наземные (для башенных, рельсовых, козловых, перегружателей и железнодорожных кранов) и надземные (для мостовых кранов и грузовых теле-

жек). В свою очередь, надземные крановые пути могут быть выполнены опорными, установленными на подкрановые балки, опирающиеся на колонны здания (эстакады), и подвесными, прикрепленными к элементам перекрытий строительных конструкций.

Для двухбалочных однопролетных мостовых кранов большой грузоподъемности применяют опорные крановые пути с направляющими в виде железнодорожных рельсов типа Р (нормальной колеи) или крановых специального профиля типа КР. Опорный путь для кранов малой грузоподъемности выполняют из железнодорожных рельсов (узкой колеи) или стального квадратного профиля с закругленными углами (рис. 115). Последние обычно применяют для передвижения грузовых тележек кранов. Для однобалочных многопролетных мостовых кранов, кран-балок и талей как правило применяют подвесные пути с направляющими в виде дву- и однотавровых балок или составленные из двух швеллеров, уголков. Тали передвигаются по крановому пути с одной направляющей — монорельсу. В качестве направляющих наземного кранового пути применяют вышеуказанные стандартные рельсы.

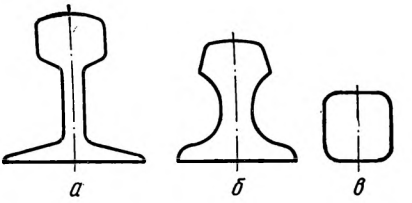


Рис. 115. Профили рельсов опорных крановых путей (*а* — железнодорожные типа Р; *б* — крановые типа КР; *в* — квадратного профиля)

Наземный крановый путь состоит из верхнего и нижнего строений. В состав верхнего строения пути входят рельсы; накладки, соединяющие рельсы между собой; опорные элементы (деревянные шпалы, полушпалы или бетонные балки); детали крепления рельсов к опорным элементам; выключающие элементы ограничителей передвижения крана; элементы заземления и балластный слой (призма), отсыпаемый из щебня, гравия, гранулированного шлака и др. Нижнее строение пути состоит из земляного полотна (постели) и устройства для отвода воды (водоотвода). Между рельсом и опорным элементом устанавливают специальные плоские стальные подкладки, а крепление рельсов осуществляют при помощи путевых шурупов с прижимными планками или костылей, применяемых на железных дорогах страны. Крепление рельсов должно исключать их поперечное и продольное смещение при передвижении и работе

крана, а также обеспечивать возможность рихтовки (выравнивания) пути и замены выбракованных участков рельсов при техническом обслуживании и ремонте пути.

После укладки крановые пути обкатывают передвижением крана без груза 10...15 раз вдоль всего пути, а затем краном с максимальным испытательным грузом 5...10 раз с последующей подбивкой балластного слоя на просевших участках. Наземные крановые пути сооружают по типовым или индивидуальным проектам, разработанным специализированной проектной организацией. Основные параметры крановых путей должны соответствовать требованиям СН 78—79.

Надземный крановый путь состоит из основных и вспомогательных элементов. К основным относят рельсы и подкрановые балки, а к вспомогательным — подрельсовую постель, детали крепления рельсов к подкрановым балкам и балок к колоннам (перекрытиям) строительной конструкции (эстакады), концевые упоры и выключающие детали ограничителей передвижения. Для крепления рельсов к балкам применяют сборно-разборные резьбовые соединения (скобы, накладки, планки). Крепление рельсов кранового пути для мостовых кранов грузоподъемностью до 30 т или с ручным приводом Правилами по кранам допускается осуществлять к подкрановым балкам сваркой. Обычно этим же путем крепят подтележечные рельсы к главным балкам моста крана.

Контрольные вопросы

1. Какие краны относят к кранам мостового типа? Какова область их применения при производстве СМР?
2. Как устроен мостовой кран? Почему его так называют?
3. Что такое кран-балка? В чем состоит ее отличие от мостового крана?
4. Как устроен козловой кран? Почему его так называют? В чем состоит его преимущество перед мостовым?
5. Укажите рациональную область применения козловых кранов.
6. Для каких работ применяют радиально-поворотные козловые краны?
7. В чем состоит отличие крана-перегружателя от козлового крана?
8. Как устроен кабельный кран? Почему его так называют?
9. Укажите область рационального применения кабельных кранов?
10. Что такое кран-штабелер и для выполнения каких работ он предназначен?
11. Как устроен кран-штабелер и почему его не применяют при производстве СМР?
12. Для чего нужен крановый путь и какие типы крановых путей применяют?
13. Как устроен крановый путь и какие типы рельсов в нем применяют?
14. Как и с какой целью крепят рельсы к опорным элементам и подкрановым балкам?

Раздел III МОНТАЖНЫЕ И ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ

Глава XII
ТАКЕЛАЖНЫЕ СРЕДСТВА

§ 1. Классификация такелажных средств

В практике производства СМР под такелажным средством понимают стационарное грузоподъемное устройство для подъема, перемещения и установки в проектное положение ограниченного числа единиц оборудования, работающее эпизодически (рис. 116).

Несущей конструкцией такелажного средства могут служить монтажные мачты, порталы, шевры, переносные монтажные стрелы, стойки гидроподъемника и другие надеж-

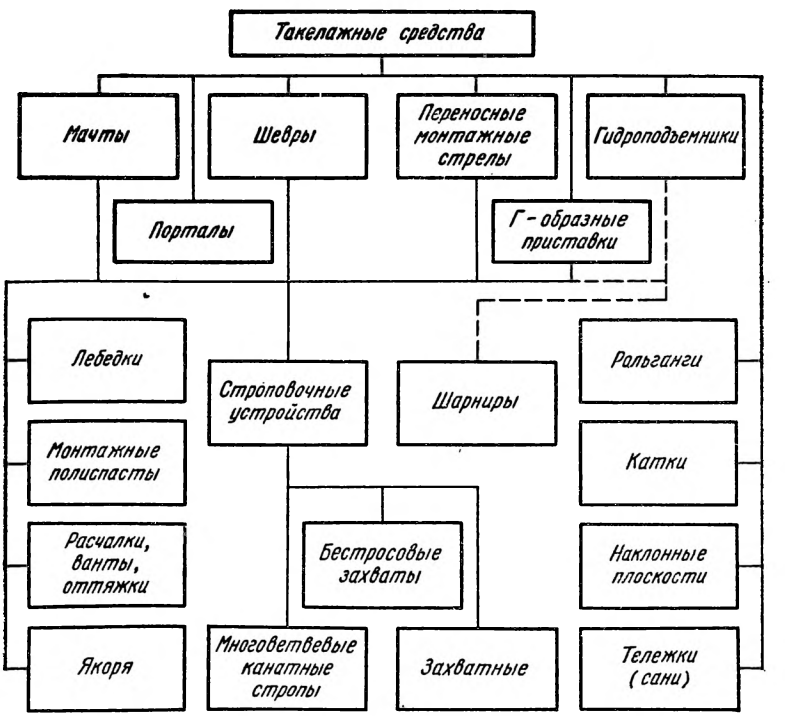


Рис. 116. Классификация такелажных средств

ные конструкции. Очевидно, что сами по себе мачтовые подъемники, порталы, шевры и пр. не могут производить работу по перемещению грузов, для чего их оснащают дополнительными устройствами (грузовыми монтажными полиспастами со стальными канатами и лебедками). Для удержания несущей конструкции в рабочем положении применяют расчалки (оттяжки, ванты), закрепленные за якоря. Крепление грузовых полиспастов к монтируемому оборудованию осуществляют посредством специальных строповочных устройств, которые в свою очередь подразделяют на захватные устройства на монтируемом оборудовании (петли, скобы, проушины, пальцы, оси, крюки, штуцера и др.) и собственно строповочные устройства — многоветвевые канатные стропы и бестросовые захваты.

Для монтажа оборудования методом поворота применяют инвентарные шарниры. Контроль за работой такелажных средств осуществляют при помощи специальных контрольно-измерительных приборов (КИП). При перебазировке такелажные средства демонтируют. К такелажным средствам также относят катки, тележки, сани и пр.

Так как такелажные средства имеют много общих (аналогичных) сборочных единиц с кранами, то в данной главе они не рассмотрены. Назначение, устройство и работа грузовых полиспастов изложены в § 3, гл. V, монтажных лебедок в § 4, гл. VIII, расчалок — в § 3, гл. II.

§ 2. Переносные монтажные стрелы

В случаях, когда в монтажной зоне имеются достаточно жесткие, надежные и соответствующей высоты строительные конструкции, применяют переносные монтажные стрелы (рис. 117). Конструкция стрелы — трубчатая или решетчатая, состоит из отдельных секций. Грузоподъемность стрелы 3...10 т при длине 10...25 м. На строительной конструкции шарнирно крепят опору стрелы *3* и неподвижный блок стреловоддерживающего полиспаста *1*, а также направляющие блоки *4* канатов механизмов подъема груза *2* и изменения вылета стрелы *1*. Поворот стрелы относительно вертикальной оси на угол до π рад осуществляют вручную. Очевидно, что строительную конструкцию необходимо проверить расчетом на восприятие рабочих нагрузок.

§ 3. Монтажные мачты

Основным такелажным средством для производства СМР с давних времен является монтажная мачта, оснащенная грузоподъемным полиспастом. В настоящее время стальные мачты применяют для подъема единичных грузов. В зависимости от грузоподъемности и высоты современная монтажная мачта представляет собой работающий на сжатие стержень из трех—четырех поясных уголков (труб), связанных раскосами, — (решетчатая), рис. 118, или из стальной

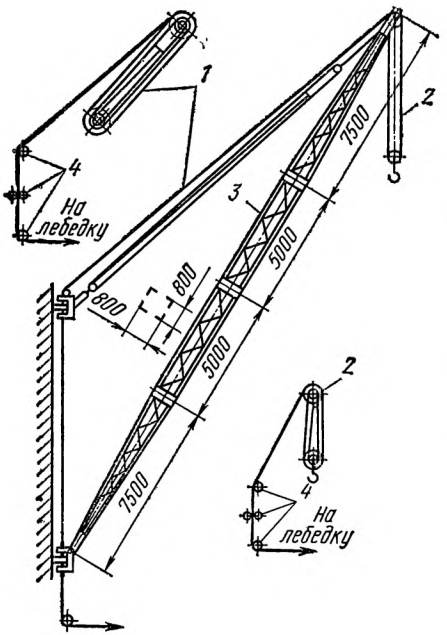


Рис. 117. Переносная монтажная стрела

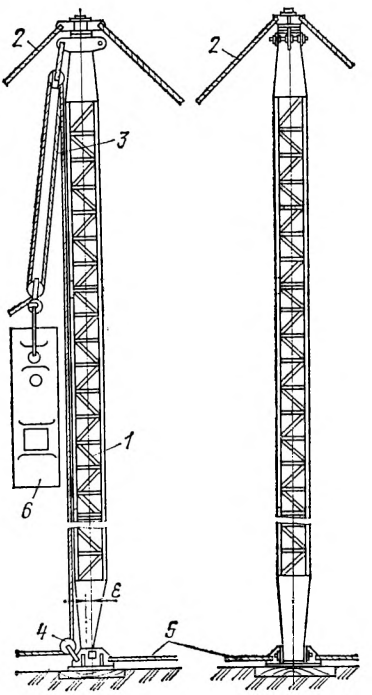


Рис. 118. Монтажная мачта:
1 — ствол мачты; *2* — расчалки; *3* — грузовой полиспаст; *4* — отводной блок; *5* — тяги; *6* — груз

трубы, усиленной по образующей продольными ребрами жесткости — (трубчатая).

Трубчатые мачты более технологичны в изготовлении, но область их применения ограничивают недостаточные грузоподъемность и высота подъема груза. Кроме того,

стоимость стальных труб значительно превышает стоимость сортового профильного проката, например уголков той же массы. Поэтому мачты с большими грузовысотными характеристиками выполняют решетчатой конструкции.

Устойчивость мачты в рабочем положении обеспечивают гибкие тяги (канатные расчалки), закрепленные одним концом к оголовку мачты, а другим — за якорь или другую надежную конструкцию. Расчалок должно быть не менее трех, образующих в плане угол не более $^2/_3\,\pi$ рад. Обычно устанавливают четыре расчалки, угол заложения к горизонту которых не должен превышать $\pi/4$ рад. Расчалки крепят к оголовку мачты наглухо или через «паук», обеспечивающий поворот мачты относительно вертикальной оси. Мачту опирают через шарнир на опорную площадку, что облегчает установку мачты, ее передвижение и обеспечивает возможность наклона и поворота мачты при работе.

Для обеспечения требуемого диапазона перемещаемых грузов при минимальном числе типоразмеров монтажных мачт. Гипронефтеспецмонтаж разработал типоразмерный ряд мачт грузоподъемностью 25...630 т и высотой 30...72 м.

Конструктивно мачта выполнена из трех основных сборочных единиц — ствола, оголовка и основания. Для удобства транспортировки ствол мачты изготовляют из отдельных типовых секций длиной 6...9 м, определяемой условиями транспортного габарита и массы. Отдельные секции взаимозаменяемы, что позволяет просто комплектовать мачты различной грузоподъемности и высоты. Каждая секция имеет маркировку и соединяется с соседними при помощи болтов. Верхняя секция мачты имеет оголовок для крепления расчалок и неподвижного блока грузового полиспаста (рис. 119, *а*), а нижняя — шаровой шарнир (рис. 119, *б*). Чтобы груз в процессе подъема не касался мачты, блок грузового полиспаста крепят к оголовку эксцентрично.

Следует помнить, что увеличение эксцентриситета ведет к увеличению изгибающего момента, воздействующего на элементы мачты при подъеме груза и снижающего ее грузоподъемность, поэтому величина эксцентриситета должна быть оптимальной. В современных конструкциях мачт величину указанного изгибающего момента уменьшают смещением опорного шарнира в сторону грузового полиспаста — ε. В мачтах грузоподъемностью 500 т (мачтовый подъемник АКГ-1000) грузовой полиспаст крепят к короткому плечу поперечного рычага, шарнирно закрепленного на оголовке. Длинный конец рычага связан канатной тягой с основанием мачты. При нагружении системы в канатной

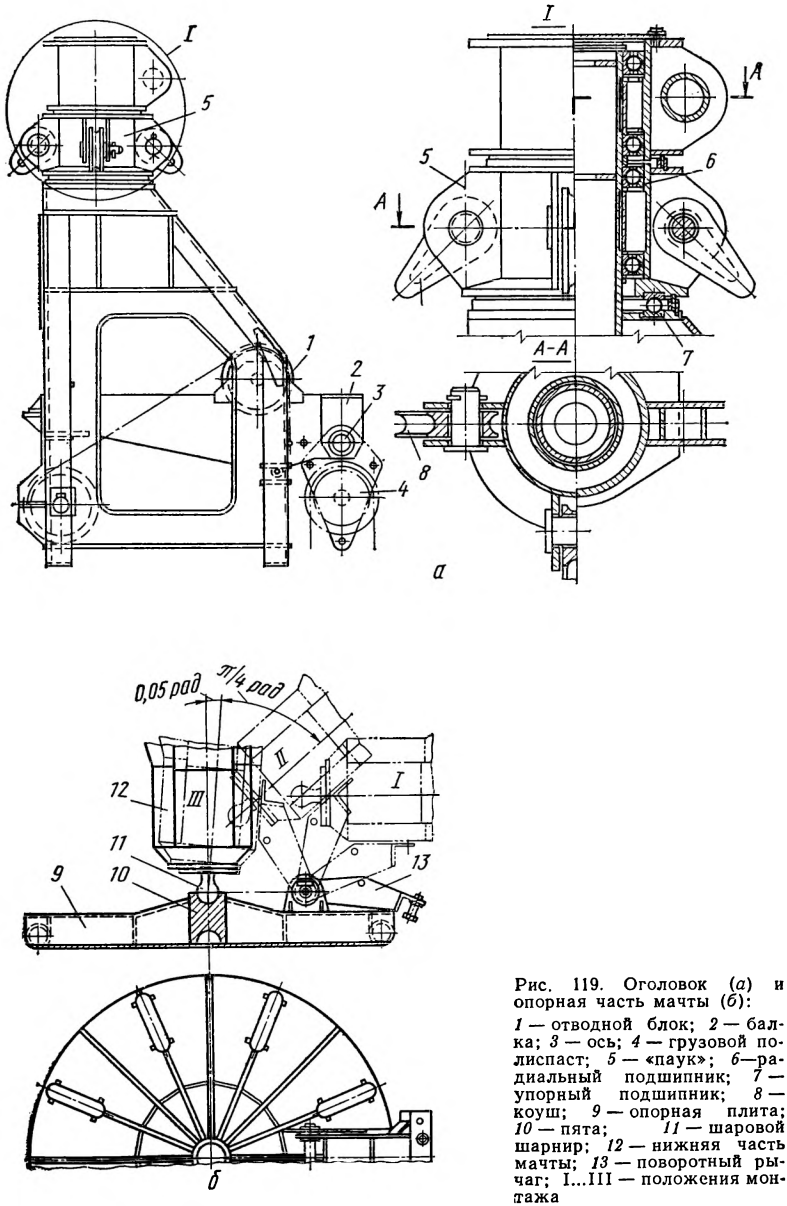


Рис. 119. Оголовок (*а*) и опорная часть мачты (*б*):

1 — отводной блок; *2* — балка; *3* — ось; *4* — грузовой полиспаст; *5* — «паук»; *6*—радиальный подшипник; *7* — упорный подшипник; *8* — коуш; *9* — опорная плита; *10* — пята; *11* — шаровой шарнир; *12* — нижняя часть мачты; *13* — поворотный рычаг; I...III — положения монтажа

тяге возникает усилие, компенсирующее эксцентричность приложения рабочей нагрузки и обеспечивающее центральное сжатие мачты.

В верхней части оголовка мачты на подшипниках установлен «паук» для крепления расчалок, а в нижней части — блоки для направления сбегающей ветви каната монтажного полиспаста вниз вдоль ствола мачты. На оголовке имеется кронштейн для крепления вспомогательного средства при подъеме мачты в рабочее положение. Основание мачты представляет собой стальную плиту с ребрами жесткости, по центру которой вварена опорная пята, взаимодействующая с шаровым шарниром (опорой) мачты. К плите приварены кронштейны из трубных отводов для крепления канатами отводных блоков, направляющих сбегающую ветвь каната полиспаста к лебедке. Иногда отводной блок жестко крепят в нижней части мачты. При такой схеме сбегающая ветвь каната проходит внутри мачты (по ее оси) и не закручивается при повороте мачты в процессе эксплуатации.

Таблица 33. **Основные технические характеристики решетчатых монтажных мачтовых подъемников**

Параметры	ТМЗ-100	ТМЗ-160	АК-400	АКГ-1000
Грузоподъемность, т	200	320	400	1000
Высота, м	42...60	41...62	42...72	42...60
Масса, т (при высоте, м)	30,5 (60)	28 (41)	32 (62)	52,7 (60)
Удельная металлоемкость, т/т	5,3	3,55	2,62	1,76
Разработчик	ТМЗ	ТМЗ	ТПИ-ГНСМ	ТПИ-ГНСМ

Примечание: ТМЗ — Таллинский машиностроительный завод; ТПИ — Таллинский политехнический институт; ГНСМ — Гипронефтеспецмонтаж

С целью предотвращения возможного сдвигания мачты при воздействии горизонтальных усилий, возникающих в сбегающей ветви каната полиспаста, навиваемого на барабан лебедки, и от горизонтальной составляющей при наклоне мачты основание крепят тягами.

В практике производства СМР монтажные мачты применяют в различных схемах монтажа: вертикальное и наклонное (до 0,2 рад) положение мачт; с оттяжкой груза или без нее; с одним или двумя грузоподъемными полиспастами, расположенными симметрично, и др. В настоящее время применяют монтажные мачтовые подъемники, пред-

ставляющие собой две совместно работающие монтажные мачты, что не только увеличивает вдвое грузоподъемность, но и упрощает схему монтажа, строповку оборудования, повышает устойчивость системы и пр. Основные технические характеристики монтажных мачтовых подъемников приведены в табл. 33.

§ 4. Портальные подъемники и шевры

Для монтажа КТО на открытых площадках широко применяют монтажные портальные подъемники. Портальный подъемник состоит из двух сборно-разборных стоек (мачт), связанных вверху тягой или жестким ригелем. Грузоподъемные полиспасты закрепляют на стойках или на ригеле (возле стоек), чтобы уменьшить изгибающий момент, воспринимаемый ригелем. К оголовкам стоек крепят расчалки, обеспечивающие устойчивость системы и возможность наклона портального подъемника (рис. 120). Организации Минмонтажспецстроя СССР применяют портальные подъемники грузоподъемностью до 330 т, высотой до 64 м и с пролетом до 31 м. В зависимости от грузоподъемности и высоты портала его стойки (как и мачты) выполняют из равнобоких уголков размеров от 70×70×8 до 160×160×12 мм с размерами стороны стойки в плане от 1000 до 1800 мм.

Расчалки мачтовых монтажных подъемников требуют наличия свободных площадей на монтажной площадке, дополнительных затрат на изготовление расчалок и устройство якорей. Кроме того, в условиях действующего предприятия не всегда удается расположить их правильно, поэтому там, где возможно, мачты заменяют шеврами. Шевр представляет собой А-образную рамную сварную конструкцию, шарнирно закрепленную нижним концом в основании и удерживаемую в наклонном положении канатной тягой или полиспастом. К оголовку шевра прикреплен грузоподъемный полиспаст (рис. 121). По конструкции шевры бывают трубчатые или решетчатые. Передвижные шевры имеют горизонтальную раму, на которой устанавливают лебедки и контргруз, обеспечивающий устойчивость устройства. Стационарные шевры рам не имеют, а их основание, лебедки и отводные блоки крепят к якорям. В практике производства СМР применяют шевры грузоподъемностью до 250 т, высотой до 35 м. При необходимости шевр можно передвинуть (аналогично монтажной мачте) на санях или катках.

В сравнении с мачтами шевр не имеет расчалок, требует меньшего числа якорей и удобен в эксплуатации, что яв-

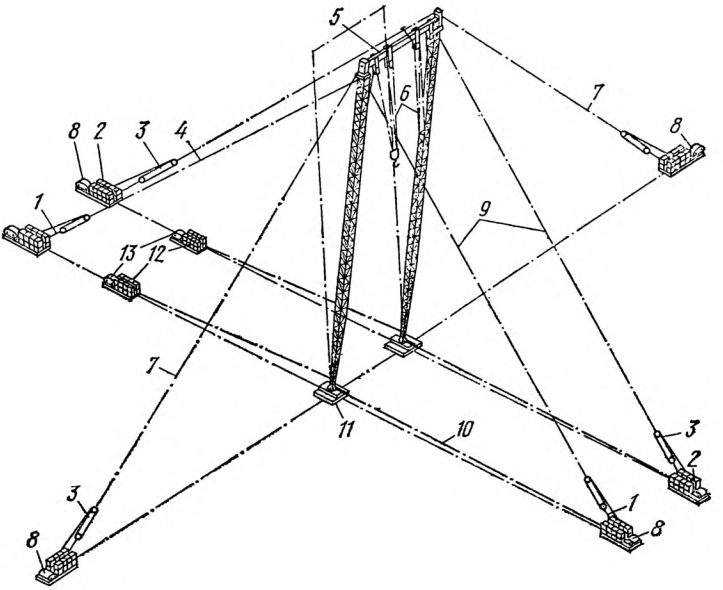


Рис. 120. Портальный подъемник:

1 — строп; *2*, *12* — инвентарные якоря; *3* — полиспаст расчалки; *4* — задняя расчалка; *5* — тяга (ригель); *6* — грузовой полиспаст; *7* — боковая расчалка; *8* — лебедка расчалки; *9* — передняя расчалка; *10* — тяга; *11* — опорная плита; *13* — грузовая лебедка

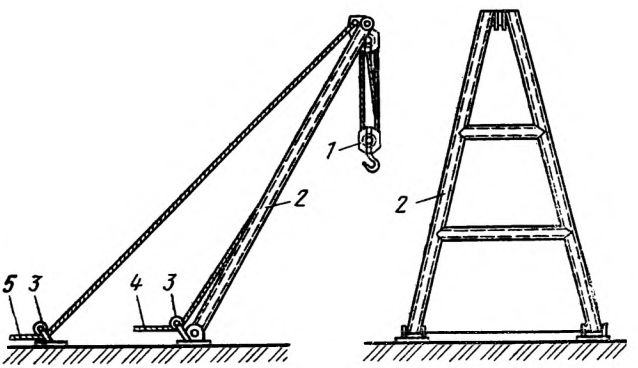


Рис. 121. Шевр:

1 — грузовой полиспаст; *2* — шевр; *3* — отводной блок; *4* — сбегающая ветвь грузового каната; *5* — сбегающая ветвь каната изменения вылета шевра

ляется его преимуществом. К недостаткам следует отнести громоздкость конструкции. Как самостоятельное грузоподъемное средство шевр всегда работает в наклонном положении.

§ 5. Якоря

Для крепления элементов такелажных средств (лебедок, монтажных блоков, расчалок мачтовых подъемников, порталов и шевров, вант деррик-кранов, оттяжек и др.) применяют различные по конструкции анкерные устройства (от немецкого слова «анкер» — якорь; в свою очередь, «якорь» — устройство для удержания судна на месте стоянки), способные воспринимать горизонтальные и вертикальные расчетные усилия. В зависимости от конструкции и условий работы в практике производства СМР получили распространение несколько типов якорей: наземные (гравитационные), воспринимающие нагрузку за счет сил тяжести и трения (сцепления) о грунт; полузаглубленные, использующие, кроме того, дополнительные силы тяжести заглубленного массива и отпора грунта; заглубленные, использующие в основном силу отпора грунта. Известны еще два типа якорей — винтовые и свайные, не получившие широкого распространения.

С увеличением грузоподъемности такелажных средств возрастают нагрузки на якоря, что требует значительных дополнительных затрат труда и материалов на их устройство. Поэтому вопросам совершенствования монтажных якорей в настоящее время уделяют большое внимание. По назначению якоря могут быть постоянными, являющимися частью сооружения, например для крепления оттяжек опор ЛЭП, радиомачт и пр. (в учебнике не рассматриваются, так как не входит в программу предмета), и временные, используемые кратковременно. По несущей способности якоря разделяют на три группы: легкие — 30...150 кН; средние — 150...500 кН и тяжелые — свыше 500 кН. По материалу якоря делят на деревянные, деревоземляные, бетонные и стальные.

В ряде случаев функцию временного якоря могут выполнять существующие инженерные сооружения, а также стальные или железобетонные конструкции, КТО соответствующей массы, ожидающие монтажа; самоходные краны, тракторы и другие строительные машины, несущая способность и надежность применения которых должны быть проверены специальными расчетами.

Деревянные якоря (заглубленные) делят на свайные (вертикальные) и горизонтальные. Очевидно, что свайный якорь наиболее прост по конструкции, представляет собой консольную балку и его несущая способность определяется диаметром сваи d_c и вылетом консоли a (рис. 122, a). Не-

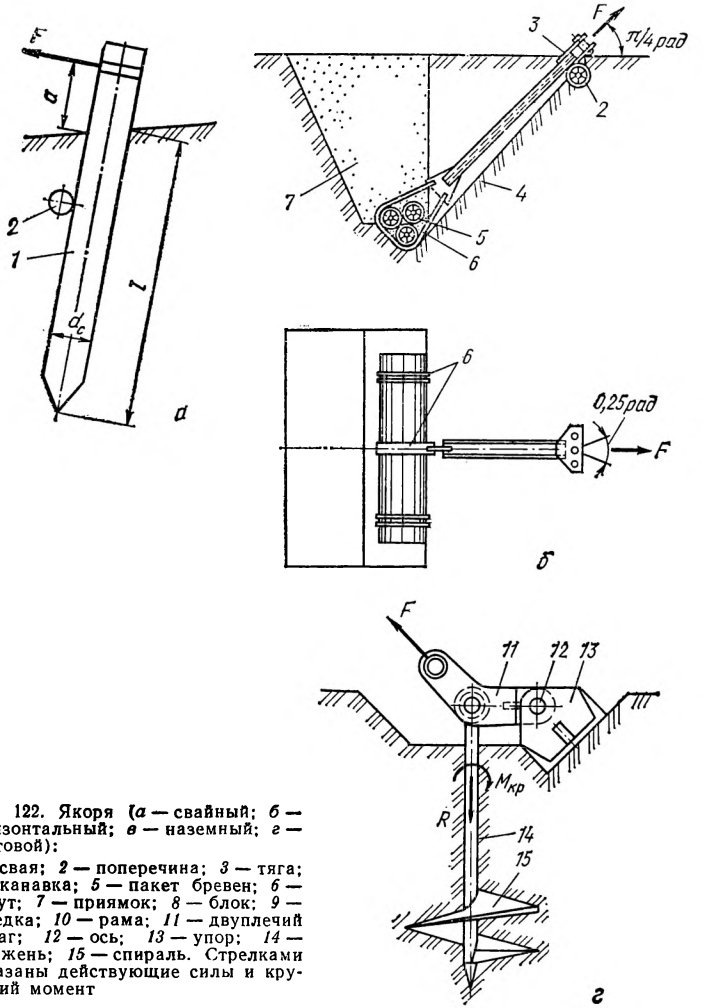
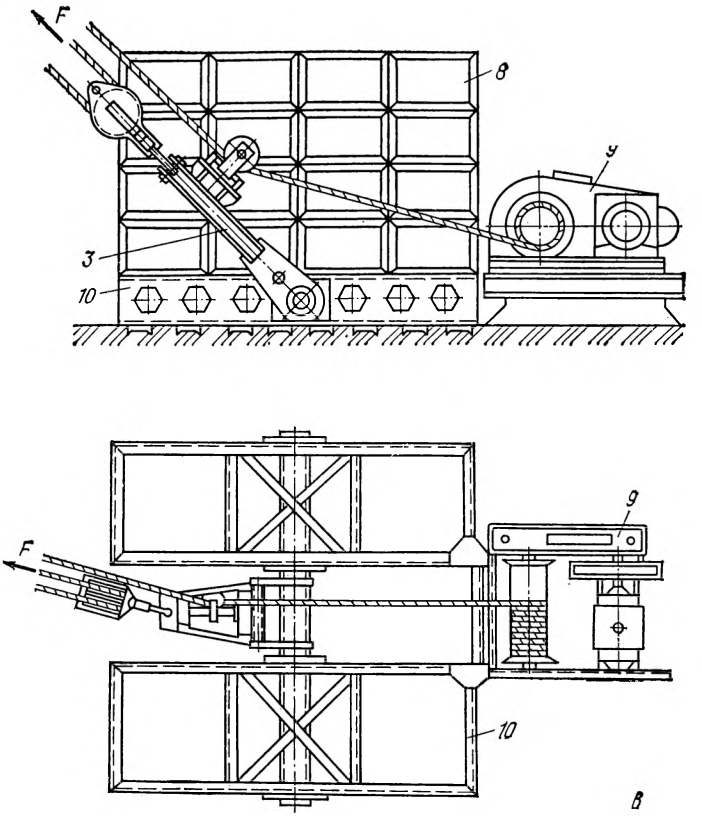


Рис. 122. Якоря (*а* — свайный; *б* — горизонтальный; *в* — наземный; *г* — винтовой):

1 — свая; *2* — поперечина; *3* — тяга; *4* — канавка; *5* — пакет бревен; *6* — хомут; *7* — приямок; *8* — блок; *9* — лебедка; *10* — рама; *11* — двуплечий рычаг; *12* — ось; *13* — упор; *14* — стержень; *15* — спираль. Стрелками показаны действующие силы и крутящий момент

сущая способность такого якоря $d_c = 200$ мм, заглубленного на $l = 1{,}5$ м, не превышает 30 кН. Для повышения несущей способности сваи перед ней (по направлению действия силы) укладывают поперечное бревно. Кроме одиночных свай в качестве якоря могут служить 2...3 сваи диаметром 300 мм, забитые рядом и соединенные в один куст стальным канатом (за околовки). Предельная нагрузка на такой якорь — 100 кН. В зависимости от направления действую-



щей на якорь силы сваи забивают вертикально или под углом.

Иногда применяют металлические сваи из трубы, швеллера либо двутавра, имеющих большую несущую способность. Сваи забивают молотами или вибропогружателями. Указанные средства предназначены и для извлечения свай из грунта. Однако малая несущая способность и отсутствие сваебойных средств на монтажной площадке ограничивают практическое применение свайных якорей.

Горизонтальный якорь имеет заглубленную в грунт закладную часть из пакета бревен. Горизонтальную и вертикальную составляющие рабочей нагрузки воспринимают силы тяжести и сопротивления смещению грунта (рис. 122, б). По существу это — дерево-земляной якорь. При нагрузке на якорь до 50 кН закладную часть выполняют из

бревен диаметром 240 мм, длиной 2 м, заглубленных на 2,5 м, либо из заполненной бетоном стальной трубы размером 426×10 мм, длиной 2,5 м. Нагрузку на якорь передают посредством петли каната или специальными тягами, сваренными из сортового проката. Очевидно, что сооружение горизонтального заглубленного якоря связано с выполнением больших объемов земляных работ. С увеличением рабочей нагрузки на якорь бревно заменяют на сталь или бетон и возрастает глубина заложения. Например, при сооружении якоря на 300 кН необходимо вырыть котлован глубиной 3,5 м, изготовить и уложить в него сварную металлоконструкцию из труб и швеллеров и залить ее слоем бетона толщиной 2,5 м. Общий объем земляных работ — 45 м^3, объем бетона — 20 м^3.

Если учесть, что для обеспечения работы современных такелажных средств большой грузоподъемности необходимо 4...6 таких якорей, то станет ясно, что закладные якоря — трудоемкое, материалоемкое и дорогое сооружение. Кроме того, такой якорь, как правило, является неинвентарным и имеет однократное применение, что ведет к безвозвратному расходу материалов и тяжелого ручного труда особенно в зимнее время и значительно увеличивает себестоимость СМР. Поэтому в 50-е годы в тресте Нефтезаводмонтаж начали применять инвентарные наземные якоря, собранные на стальной раме из железобетонных кубов. Для увеличения несущей способности якоря перед ним устраивали земляной уступ, т. е. получался полузаглубленный якорь. Инвентарный наземный якорь представляет собой стальную раму сварной конструкции, на которой уложены инвентарные бетонные блоки, закреплена монтажная лебедка, шарнирно установлена тяга для крепления блока полиспаста и отводные блоки для ходовой ветви каната (рис. 122, *в*).

Наземные якоря — инвентарны по конструкции и их устройство не требует производства земляных работ.

С учетом коэффициента сцепления якоря с грунтом 0,38...0,47 инвентарный наземный якорь имеет большие габариты и массу. Так, якорь на усилие 500 кН имеет размеры в плане 6,5×5,2 м при высоте 3,95 м и собственную массу 109 т. Кроме того, несущая способность таких якорей существенным образом зависит от свойств грунта, состояния его поверхности и атмосферных условий. Наземные якоря не предназначены для работы на свеженасыпных, иловых, торфяных и скальных грунтах, асфальтобетонных покрытиях и на поверхности, покрытой снегом и льдом.

С целью повышения несущей способности якоря к нижней плоскости рамы приваривают шипы из отрезков труб, уголков или листа длиной 200...500 мм, увеличивающие коэффициент сцепления якоря с грунтом в 2...3 раза. Для тех же целей применяют полузаглубленные якоря, представляющие собой один (несколько) бетонных блоков, заглубленных до уровня поверхности грунта и пригруженных расчетным числом блоков в зависимости от несущей способности якоря, что обеспечивает среднее значение коэффициента сцепления якоря с грунтом 0,73 (несущая способность до 800 кН).

Винтовой якорь состоит из заостренного стального стержня, на конце которого приварена спираль, а в верхней части имеется проушина для ввинчивания его в грунт (рис. 122, *г*). Для предотвращения изгиба стержня под нагрузкой на проушину надевают двуплечий рычаг, один конец которого упирается в грунт. Недостатками такого якоря следует считать конструктивную сложность, малую несущую способность и значительный крутящий момент $M_{кр}$, необходимый для установки якоря.

При необходимости устройства якоря на усилие от 800 до 2000 кН целесообразно применять технологическое оборудование типа вертикальных аппаратов или емкостей, полузаглубленных в грунт и заполненных водой.

§ 6. Захватные устройства

Простые захватные устройства (петли, скобы, проушины, крюки и пр.) грузоподъемностью 0,5...32 т изготовляют из стали по ГОСТ 380—71 и крепят к монтируемому оборудованию при помощи электросварки в соответствии с требованиями ГОСТ 13716—73. Для строповки оборудования применяют инвентарные ГУ (см. § 3, гл. III).

Строповку технологического оборудования большей массы осуществляют за специальные монтажные (не технологические) штуцера. Штуцер (от одноименного немецкого слова — соединительный патрубок, часть трубы) представляет собой цилиндрическую обечайку из трубы, усиленную ребрами жесткости и приваренную консольно к корпусу монтируемого оборудования.

Монтажные штуцера по ГОСТ 14114—78...14116—78 предназначены для крепления к аппаратам диаметром 0,8...5 м и рассчитаны на восприятие усилия 320...2500 кН. При установке штуцеров стенку аппарата проверяют на прочность при воздействии монтажных нагрузок и при не-

обходимости усиливают подкладным листом. Для крепления канатных стропов на трубу штуцера надевают стальную обечайку, свальцованную из тонкого стального листа и свободно охватывающую трубу. В зазор между трубой и обечайкой закладывают консистентную смазку. С целью фиксации обечайки от осевого смещения и исключения схода стропа со штуцера при отклонении грузового полиспаста от вертикали на свободном конце трубы крепят ограничительный фланец. При наличии на монтируемом оборудовании технологических штуцеров, расположенных в требуемых местах, их после поверочного расчета и необходимого усилия разрешено использовать в качестве монтажных.

При условии применения бестросовых захватов монтажный штуцер имеет меньшие размеры и массу, так как он конструктивно короче, и вместо пустотелой трубы применяют стальную ось *2* сплошного сечения, усиленную ребрами жесткости *6* и консольно закрепленную во фланце *7* (рис. 124, *б*).

§ 7. Многоветвевые канатные стропы

Очевидно, что инвентарные ГУ, имеющие ограниченную грузоподъемность, не пригодны для строповки КТО, специальных строительных конструкций и других монтажных грузов. Поэтому в последнее время была разработана отдельная группа специальных ГУ (строповочных устройств). Как и инвентарные ГУ общего назначения специальные ГУ также делят на гибкие и жесткие. Первые — многоветвевые канатные стропы, выполнены на основе стальных канатов, а вторые — бестросовые захваты — из шарнирно сочлененных стальных деталей. Стальные цепи для изготовления специальных ГУ не применяют.

В соответствии с ОСТ 24.090.48—79 строп наибольшего типоразмера УСК2-32,0 из жесткого каната диаметра 42...45 мм предназначен для работы с грузом массой 32 т, что явно не достаточно для производства СМР. Увеличение диаметра каната явно не рационально, так как канат большого диаметра обладает большой жесткостью при изгибе и массой, что не позволяет правильно уложить его при строповке груза, увеличивает неравномерность нагружения отдельных ветвей каната в стропе и затрудняет работы с таким стропом. Кроме того, концевые крепления канатов большого диаметра конструктивно сложны, технологически трудоемки и дороги, имеют большие габариты и массу, что также является существенным недостатком.

Применение нескольких совместно работающих под нагрузкой одинаковых инвентарных канатных стропов сложно в конструктивном отношении и нецелесообразно, так как вследствие различия длин отдельных стропов они не будут воспринимать приложенную рабочую нагрузку равномерно и их суммарная несущая способность не намного превысит грузоподъемность одного стропа.

С учетом вышесказанного в практике производства СМР распространены многоветвевые канатные стропы, представляющие собой несколько витков одного куска целого каната, концы которого соединены. В зависимости от грузоподъемности и назначения строп содержит различное число витков каната разного диаметра при различном взаимном расположении витков (полотенчатые — не плетеные или плетеные).

Полотенчатый строп представляет собой несколько замкнутых витков каната *1*, уложенных параллельно на захватные устройства (органы) *2*. Концы каната полотенчатого стропа закрепляют между собой винтовыми зажимами. Для обеспечения большей равномерности нагружения отдельных витков каната в стропе их размещают на захватных устройствах в один слой. Очевидно, что качественно выполненный полотенчатый строп внешне похож на ленту (полотенце), от которого и получил свое название (рис. 123, *а*). Число ветвей и диаметр каната в стропе определяют расчетным путем в зависимости от грузоподъемности стропа и конфигурации захватных органов на подъемной машине и перемещаемом грузе. Однако такому стропу присущи серьезные недостатки. Во-первых, неинвентарность конструкции, требующая изготовлять его на монтажной площадке непосредственно перед подъемом груза. Во-вторых, на криволинейной поверхности крюков кранов невозможно правильно разместить несколько витков каната, что увеличивает неравномерность их нагружения в стропе и снижает его несущую способность. В третьих, в большинстве схем монтажа оборудования угол наклона грузовых полиспастов (стропов) к вертикали изменяется в процессе подъема, что также ведет к перегрузке отдельных витков каната. Кроме того, вследствие значительной изгибной жесткости каната большого диаметра при изготовлении полотенчатого стропа не удается обеспечить одинаковые длины витков каната.

Очевидно, что такая конструкция многоветвевого канатного стропа не является рациональной, поэтому в практике производства СМР получили распространение более совершенные конструкции — плетеные.

В отличие от полотенчатых плетеные многоветвевые канатные стропы являются инвентарными (неразъемными) конструкциями специальных строповочных устройств и предназначены для многократного применения. Их изготовляют заблаговременно на базах механизации или в ма-

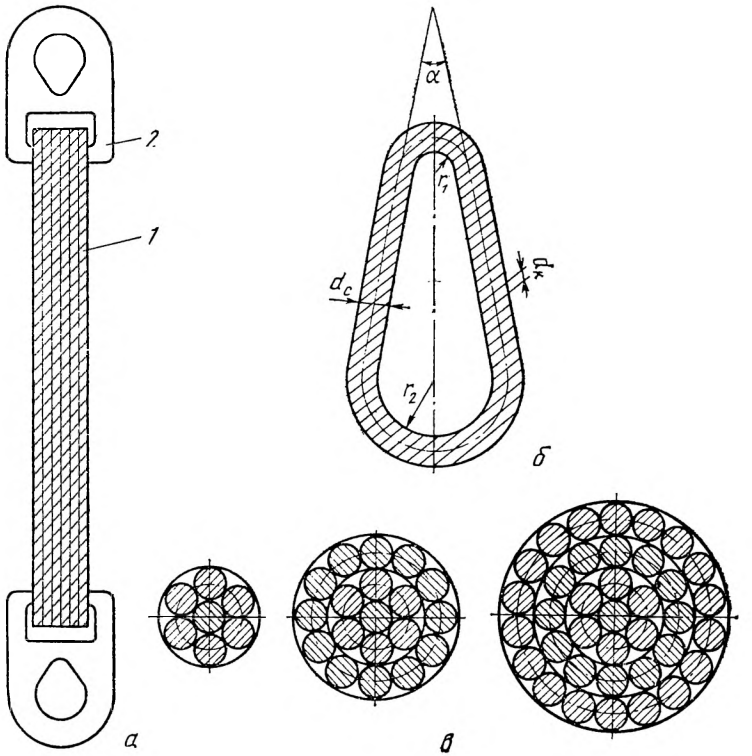


Рис. 123. Многоветвевые канатные стропы (*а* — полотенчатый; *б* — плетеный; *в* — поперечные сечения плетеного стропа; α — угол между ветвями стропа)

стерских и применяют совместно с постоянными такелажными средствами. Соответственно параметры стропа и захватных устройств должны быть взаимосвязаны. Идея плетения ветвей каната в стропе обусловлена недостатками конструкции полотенчатого стропа. Очевидно, чтобы уменьшить ширину последнего, необходимо его ветви переплести между собой. Однако простое плетение не дает требуемого эффекта. Произвольное число ветвей каната в стропе при свивке не обеспечивает его круглое поперечное сечение,

в результате чего отдельные ветви каната оказываются нагруженными по разному. Кроме того, в зоне изгиба стропа его поперечное сечение плющится, ветви каната смещаются по поверхности захватного устройства, давят друг на друга и защемляются. Указанные факторы увеличивают неравномерность распределения нагрузки между отдельными ветвями каната в стропе и, следовательно, не обеспечивают его надежную эксплуатацию.

Автором во ВНИИмонтажспецстрое были проведены всесторонние экспериментально-теоретические исследования многоветвевых канатных стропов различных конструкций, позволившие определить их оптимальные параметры.

В зависимости от грузоподъемности и имеющегося в наличии стального каната плетеный замкнутый строп должен состоять из 14, 38 или 74 ветвей каната (7, 19 и 37 витков каната соответственно — рис. 123, *б*). Такие конструкции обеспечивают равномерное заполнение поперечного сечения стропа канатом, его круглую форму и достаточно стабильное равенство длин отдельных ветвей каната. Длина стропа обусловлена условиями эксплуатации и определена проектом производства работ (ППР) или технологической картой. С целью уменьшения влияния изгиба стропа на его несущую способность участки стропа, взаимодействующие с захватными устройствами, должны иметь соответствующую кривизну r_1 и r_2. Другими словами, многоветвевой плетеный канатный строп представляет собой петли переплетенных между собой и плотно уложенных друг к другу витков каната. Так, в стропе из 7 витков каната вокруг центрального витка равномерно уложены в один слой шесть остальных витков каната. В стропе из 19 витков каната на первый слой дополнительно укладывают слой из 12 витков каната. Строп из 37 витков каната имеет третий слой из дополнительных 18 витков каната. По аналогии со стальными канатами конструкции указанных стропов имеют обозначение: 1+6; 1+6+12; 1+6+12+18. Соответственно диаметр поперечного сечения стропа из 7 витков каната d_c примерно равен $3\,d_к$, стропа из 19 витков равен $5\,d_к$ и стропа из 37 витков соответственно равен $7\,d_к$ (рис. 123, *в*).

Угол свивки витков каната в стропе (шаг свивки) оказывает существенное влияние на его несущую способность и работоспособность. По результатам экспериментальных исследований шаг свивки стропа в зависимости от его конструкции и диаметра каната должен быть равен 600...850 мм. Ориентировочное значение — $30\,d_к$. При этом величина шага свивки должна быть кратна длине дуги огибания стро-

пом поверхности захватного устройства и длине стропа по периметру.

Плетеные многоветвевые канатные стропы в сравнении с полотенчатыми обладают следующими преимуществами:

инвентарность конструкции и многократность ее применения;

большая компактность конструкции и малая собственная масса;

за счет высокой равномерности распределения прилагаемой нагрузки между ветвями каната в стропе (до 60 %) большая на 12...15 % действительная несущая способность;

меньшая трудоемкость изготовления стропа;

сохранение действительной несущей способности при изменении углов наклона грузовых полиспастов к вертикали.

Плетеные стропы также обладают высокой гибкостью, так как выполнены из тонкого каната, что существенно упрощает работу с ними. Кроме того, отсутствие концевых креплений канатов снижает трудозатраты и себестоимость изделия. От расплетания под действием растягивающей нагрузки строп удерживают внутренние силы трения между ветвями каната. Свободные концы каната крепят к стропу мягкой отожженной проволокой.

§ 8. Бестросовые захваты

Рассмотренные конструкции канатных стропов обеспечивают подвешенному грузу пять степеней свободы, кроме шестой — перемещения вдоль вертикальной оси. Однако для монтажа технологического оборудования и конструкций в общем случае оказывается достаточно двух степеней свободы: поворота относительно оси захватного устройства и отклонения от вертикальной оси. При этом оказывается возможным применение жестких строповочных устройств — бестросовых захватов, представляющих собой несколько шарнирно сочлененных звеньев. Очевидно, что свое название такие устройства получили от голландского слова «трос» — канатно-веревочное изделие. Следует отметить, что в отечественной инженерной практике указанный термин употребляли в значении стальной проволочный канат двойной (тросовой) свивки до 1969 г., когда выполнение строповки груза без каната было невозможно. В настоящее время этот термин отменен и применения не имеет, тогда как название бестросового захвата сохранилось.

Как правило бестросовые захваты применяют для строповки КТО колонного типа (вертикальных аппаратов). Ос-

новные конструктивные решения бестросовых грузозахватных устройств, закрепляемых на цилиндрической части корпусов аппаратов, разработаны во ВНИИмонтажспецстрое. Захват состоит из инвентарного монтажного штуцера *2*, закрепленного на монтируемом оборудовании *5*, траверсы *3* и двух тяг *4*, соединяющих траверсу с обоймой грузового

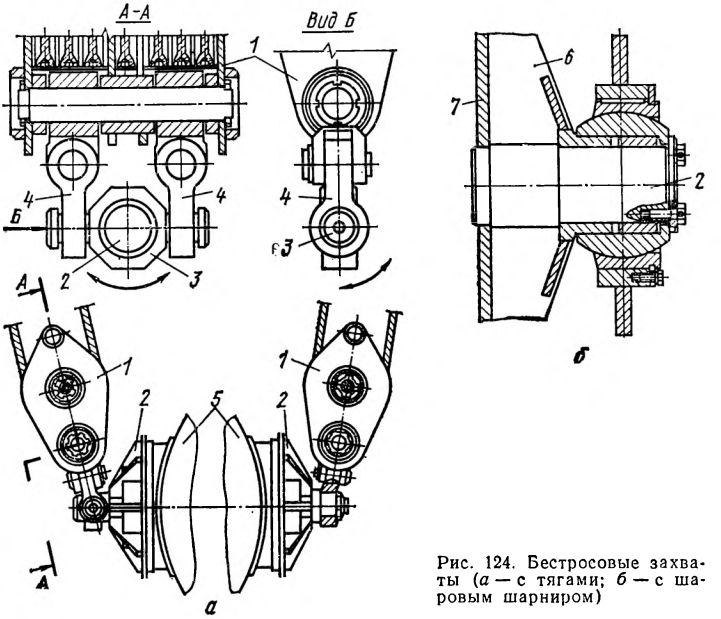


Рис. 124. Бестросовые захваты (*а* — с тягами; *б* — с шаровым шарниром)

полиспаста *1* (рис. 124, *а*). Очевидно, что такой бестросовый захват обеспечивает две необходимые степени свободы.

Инвентарные конструкции плетеных многоветвевых канатных стропов и бестросовых захватов разработаны для всех серийно выпускаемых монтажных полиспастных обойм (ОБМ) грузоподъемностью 100, 130, 160, 280 и 630 т.

Применяют и другую принципиально отличную конструкцию бестросового захвата с одним шаровым шарниром, обеспечивающим обе степени свободы, что позволяет упростить конструкцию, уменьшить ее габариты и массу (рис. 124, *б*). Бестросовые захваты имеют следующие преимущества: меньшая длина строповочного устройства, позволяющая при тех же такелажных средствах монтировать аппараты большей высоты; меньшая длина и диаметр штуцера, позволяющие снизить его металлоемкость; возможность

обойтись без применения стальных канатов, позволяющая экономить дефицитное изделие.

К недостаткам бестросовых захватов следует отнести большую массу в сравнении с канатными стропами, так как механическая прочность металла в 5...7 раз ниже маркировочной группы проволок стального каната. Для выполнения расстроповки груза необходима работа такелажника на высотной отметке, что само по себе является опасным и требует проведения специальных мероприятий.

§ 9. Шарниры

Основным элементом в цепи такелажных средств при монтаже вертикальных аппаратов колонного типа, дымовых и вентиляционных труб, а также высотных металлоконструкций способом поворота является шарнир, от степени рациональности конструкции и качества выполнения которого зависит эффективность и безопасность монтажа. По конструкции шарниры делят на две группы: устанавливаемые на разрезанной и усиленной опорной части оборудования и устанавливаемые на фундаменте или на грунт около него. Устройство шарниров I группы сопряжено со значительными безвозвратными затратами на усиление ослабленной разрезом по плоскости А—А опорной части оборудования (рис. 125, *а*). Преимуществом данного решения является простота установки, выверки и крепления анкерными болтами к фундаменту легкой отрезанной нижней части оборудования, а также простота совмещения монтажного стыка аппарата. Шарнир представляет собой ребра с отверстиями, привариваемые к обеим частям оборудования, соединенные общей осью, установленной с зазором 10...20 мм.

Очевидно, что рассмотренная конструкция шарнира не инвентарна. Кроме того, многие виды оборудования не позволяют отрезать опорную часть или имеют высокие фундаменты, что делает невозможным применение шарниров этой группы. В этом случае применяют шарниры II группы. Так как они предназначены для монтажа различного оборудования большой массы, то должны быть более универсальны, воспринимать большие нагрузки и равномерно передавать их на фундаменты.

Например, инвентарный шарнир с одной осью в виде многоопорной неразрезной балки предназначен для монтажа аппаратов массой до 400 т и диаметром 5...7 м. Он состоит из девяти опор и семи косынок, шарнирно закрепленных на оси (трубе) и привариваемых к монтируемому аппарату

(рис. 125, *б*). В зависимости от диаметра аппарата длину и конфигурацию косынок изменяют. Конструкция шарнира обеспечивает высокую точность его установки. К недостаткам конструкции следует отнести большие габариты, массу и металлоемкость.

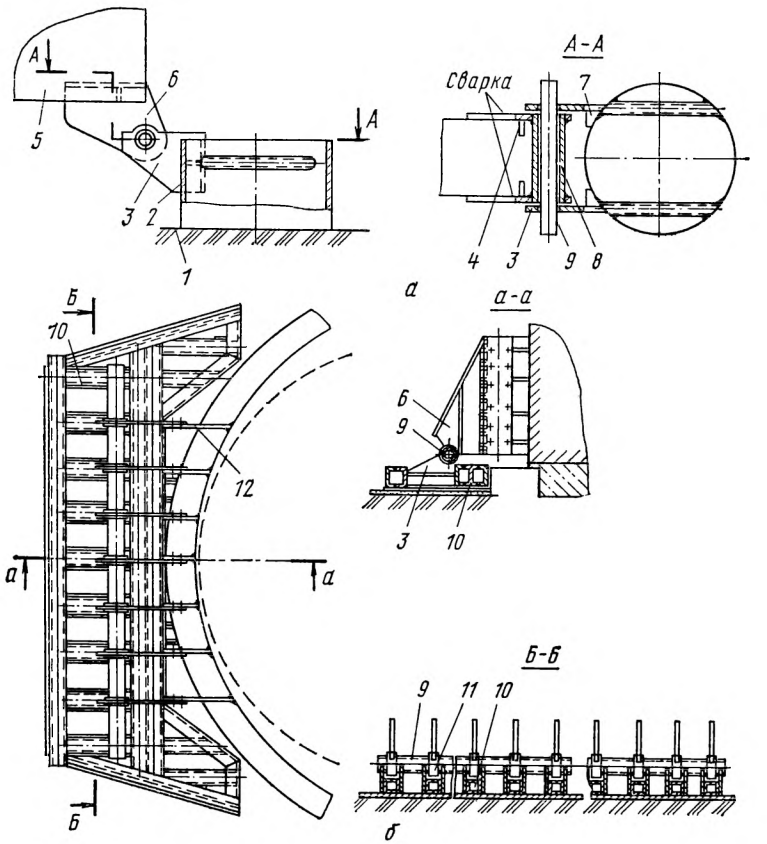
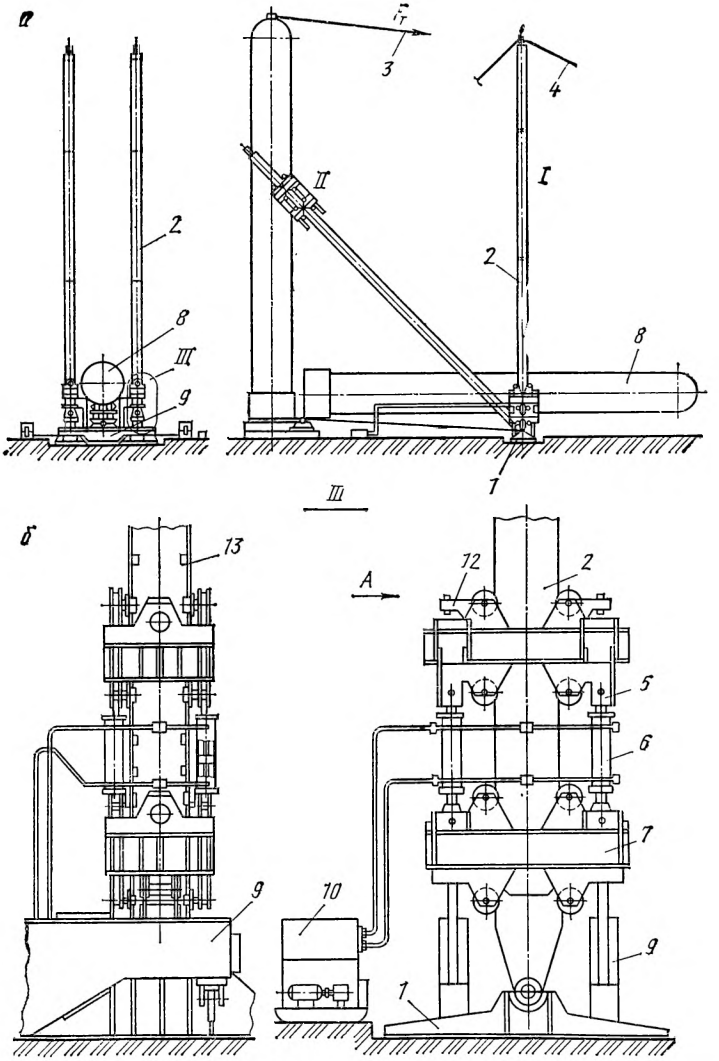


Рис. 125. Шарниры (*а* — устанавливаемые на разрезной опорной части оборудования; *б* — с многоопорной осью):

1 — фундамент; *2* — опорная часть оборудования; *3*, *6* — петли шарнира; *4*, *7* — ребра жесткости; *5* — монтируемое оборудование; *8* — труба; *9* — ось; *10* — опора; *11* — опорная втулка; *12* — косынка

§ 10. Гидравлические подъемники

В основе способа монтажа вертикальных аппаратов выжиманием через промежуточную опорную стойку с поворотом вокруг шарнира лежит выталкивающая сила, действующая



на аппарат снизу, в отличие от тянущей силы, действующей сверху (тянущей) при установке аппаратов при помощи грузовых полиспастов. Для реализации указанного способа монтажа СКБ ВНИИМССа разработало несколько модификаций гидравлического подъемника (гидроподъемника) грузоподъемностью 400 и 700 т. В основе конструкции за-

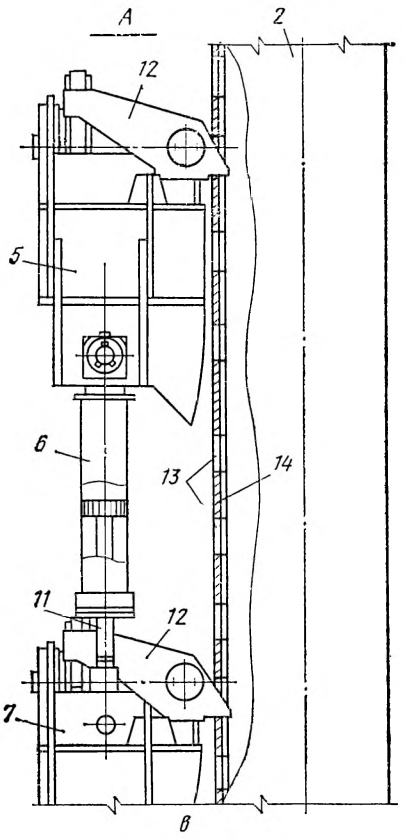


Рис. 126. Гидравлический подъемник (*а* — применение для монтажа вертикального аппарата; *б*, *в* — механизм подъема груза)

ложен принцип шагающих гидродомкратов, широко применяемых для перемещения подвижной опалубки при строительстве градирен, башен и других высотных сооружений из монолитного железобетона.

Гидродомкраты *6* названы шагающими потому, что при их работе связанные с ними каретки *5*, *7* последовательно перемещаются вдоль стойки *2* на один шаг. Гидроподъемник имеет две стойки, устанавливаемые вертикально на шарнирные опоры *1* по обе стороны от монтируемого аппарата *8* и закрепляемые расчалками *4* (рис. 126, *а*). Для надежности опоры *1* связывают с фундаментом аппарата канатными тягами. Стойки, как и монтажные мачты, устанавливают при помощи стрелового крана. Нижнюю часть монтируемого аппарата укладывают в шарнир, а среднюю — через балансир на поперечную балку *9*, связанную с нижними каретками *7* гидроподъемника.

Механизм подъема гидроподъемника состоит из двух пар верхних и нижних кареток, надетых на стойки и связанных каждая четырьмя гидроцилиндрами (рис. 126, *б*). При подъеме аппарата стойки наклоняются из положения I в положение II. При этом расчалки ослабляют и образовавшийся шарнирный треугольник (аппарат — стойки — канатные тяги) удерживает стойки от падения. Для подъема аппарата рабочую жидкость подают в надпоршневые пространства гидроцилиндров, цилиндры двигаются вверх и поднимают верхние каретки *5* (рис. 126, *в*). Кулаки *12* шарнирно закрепленные на каретке, упираются в перемычки *14*

вышерасположенных окон *13* и поворачиваются на осях по часовой стрелке. При совпадении окон с кулаками последние под действием пружин и сил тяжести поворачиваются в обратном направлении и опираются на опорные площадки окон стоек. Затем рабочую жидкость подают в подпоршневые пространства гидроцилиндров, штоки *11* втягиваются в цилиндры и тянут вверх нижние каретки *7* совместно с поперечной балкой *9* и аппаратом *8*. В процессе подъема аппарата все нагрузки воспринимают кулаки верхних кареток и передают их на стойки. При заходе кулаков *12* нижних кареток в соответствующие окна они являются опорой и цикл повторяют на подъем верхних кареток. Аппарат поднимают до положения безразличного равновесия (центр тяжести аппарата находится на вертикали, проходящей через ось шарнира), а затем опускают на фундамент при помощи тормозной тяги *3*. Для этого поперечную балку *9* отсоединяют от аппарата, а стойки гидроподъемника удерживают расчалками *4*.

Для равномерной нагрузки всех элементов системы рабочую жидкость в цилиндры каждой стойки подъемника подают от отдельной насосной станции *10*. Гидроподъемник обладает всеми преимуществами объемного гидропривода в сравнении с грузовыми полиспастами, однако ему присущи и отдельные недостатки: конструктивная сложность установки и отсутствие обратного хода кареток.

Основные технические характеристики гидроподъемников приведены в табл. 34.

Таблица 34. **Основные технические характеристики гидравлических подъемников конструкции СКБ ВНИИМССа**

Параметры	Гидроподъемник грузоподъемностью, т	
	400	700
Масса монтируемого аппарата, т	280...560	500...1000
Длина апарата, м	40...80	40...80
Диаметр аппарата, м	до 5	до 5
Количество гидроцилиндров, шт	8	8
Усилие одного гидроцилиндра, кН	500	1000
Шаг подъема (ход штока гидроцилиндра), м	0,4	0,5
Давление рабочей жидкости, МПа	20	21
Производительность насосной станции, $м^3/с$	1,2	1,16
Мощность привода насосной станции, кВт	50	55
Высота стойки, м	43	50
Масса одной стойки, т	21	28
Масса гидроподъемника, т	80	100

§ 11. Катки, тележки, сани

В пределах монтажной площадки (зоны) оборудование перемещают при помощи различных простых устройств, изготовляемых монтажными организациями непосредственно на месте. К ним относят подтаскивание волоком на подкладных листах или санях, перемещение на катках или рычагах, на специальных тележках по временным рельсовым путям и перекатывание вращением перемещаемого груза относительно собственной оси. Указанные работы составляют до 5 % от общего объема строительно-монтажных работ и требуют тщательной подготовки и осуществления.

Выбор способа перемещения груза зависит от свойств и состояния покрытия монтажной площадки. Если площадка грунтовая (I или II категории), то удельное давление на грунт не должно превышать 0,12 МПа и для перемещения грузов следует применять сани (подкладные листы). В случае бетонного покрытия площадки применяют катки или рычаги.

Сани обычно изготовляют сваркой из низкоуглеродистой листовой стали толщиной 4...5 мм или из труб соответствующего диаметра. Края листов (концы труб) загибают, чтобы при перемещении они не врезались в грунт и не препятствовали движению. Размеры саней определяются размерами груза, а прочность и сечения его элементов — его массой. Площадь контакта саней с поверхностью площадки определяют в зависимости от грузоподъемности саней по уравнению

$$A = G_{гр}/p,$$

где p — допускаемое удельное давление на грунт, МПа.

Следует отметить, что подкладные листы наиболее удобны для перемещения цилиндрических грузов (емкостей, фильтров, аппаратов), закрепляемых на них при помощи деревянных клиньев.

Для перемещения грузов на санях применяют гусеничные тракторы, а при небольших расстояниях (до 50 м) — тяговые лебедки. Необходимое тяговое усилие зависит от массы груза, способа перемещения и свойств поверхности площадки. При этом коэффициент трения оказывает существенное влияние. Так, например при перемещении груза на санях по грунту тяговое усилие в 4 раза превышает усилие при перемещении его по снегу.

Для перемещения груза на санях по горизонтальной поверхности необходимо преодолеть действие силы трения

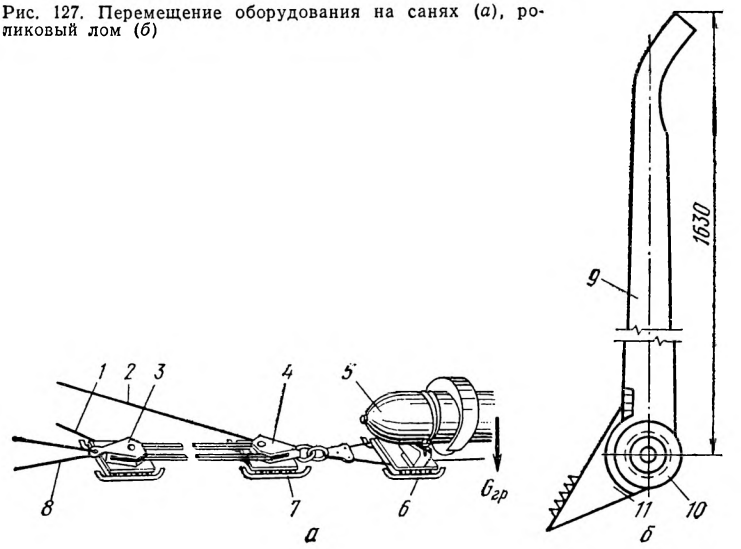
скольжения

$$F_{тр} = G_{гр} f,$$

где f — коэффициент трения скольжения.

На рис. 127, *а* приведена схема горизонтального перемещения аппарата колонного типа с помощью тягового полиспаста. Перемещаемый аппарат *5* при помощи гидродомкратов или вспомогательной ГПМ укладывают на несколько саней *6*, первые из которых соединены с подвижным бло-

Рис. 127. Перемещение оборудования на санях (*а*), роликовый лом (*б*)



ком *4* тягового полиспаста. Неподвижный блок *3* полиспаста посредством канатов *8* крепят к якорю. С целью предохранения блоков полиспаста от попадания земли и облегчения перемещения подвижного блока оба блока устанавливают на сани *1*, *7*. Сбегающую ветвь каната *2* тягового полиспаста закрепляют на барабане лебедки, с помощью которой перемещают аппарат.

При необходимости перемещения груза на небольшое расстояние целесообразно применять специальные роликовые ломы *9* (рис. 127, *б*), снабженные упорным роликом *10* и подхватом в виде лапы *11*, что делает приспособление более удобным и безопасным в работе. Ломы подводят под груз впереди и сзади. Груз приподнимают нажатием на рукоятки, устанавливают на ролики и перемещают в необходимом направлении. Для удобства маневрирования спереди

(по направлению движения) под груз по середине подводят только один лом.

Промышленность выпускает инвентарные катковые устройства КГ-50 грузоподъемностью 50 т, представляющие собой корпус с размещенным в нем на подшипниках роликом с ребордой. Катковые устройства предназначены для перемещения по инвентарным накаточным путям и их применяют для изготовления транспортных тележек. Установка четырех КГ-50 обеспечивает грузоподъемность тележки 200 т. Также выпускают катковые устройства КГ-100 грузоподъемностью 100 т, представляющие собой два ролика, установленные на балансире в корпусе.

§ 12. Основные правила эксплуатации

При эксплуатации такелажных средств необходимо соблюдать меры безопасности. При установке монтажных мачт, порталов, шевров и пр. следует строго соблюдать требования ППР, обращая внимание на подготовку площадки под основание мачты, расположение расчалок, их натяжение и крепление. Следует строго следить за отклонением грузовых полиспастов (строповочных устройств) от вертикали и поворотом последних относительно шарниров.

Захватные устройства должны соответствовать требованиям ГОСТ по материалу, форме, размерам и качеству сварных швов. При необходимости их трущиеся поверхности следует смазать консистентной смазкой. Плетеные канатные стропы должны соответствовать требованиям ОСТ 36-73—82 в отношении длины стропа по периметру, диаметра поперечного сечения стропа, шага свивки каната в стропе, радиусов криволинейных участков и др. Строп не должен иметь выступающих (отстающих) от поперечного сечения или запавших ветвей каната, а также дефектов самого каната.

С целью обеспечения требуемой степени надежности бестросовых захватов и безопасного производства СМР необходимы: качественная сборка, техническое обслуживание и освидетельствование захватов. Имеется в виду в основном ревизия, чистка, смазывание и регулирование шарниров перед применением. Пренебрежение указанными требованиями ведет к попаданию в шарниры пыли и грязи, их заеданию, ограничению подвижности, перераспределению нагрузок и возникновению аварийной ситуации.

Расположение осей инвентарных шарниров должно соответствовать проектным требованиям, а детали свободно

поворачиваться без заедания. Перед монтажом оборудования все элементы такелажа (в сборе) должны быть испытаны приложением контрольной нагрузки.

В случае перемещения груза при помощи тяговых полиспастов необходимо строго применять только указанные в ППР лебедки, полиспастные обоймы и канаты, а также способы крепления такелажных средств. Использовать для крепления лебедок и направляющих блоков конструкции здания, не предусмотренные ППР или не проверенные расчетом, категорически запрещено.

При транспортировании грузов на катках следует помнить, что операцию выполняют несколько одновременно работающих человек, один из которых подкладывает (убирает) катки под груз, а остальные передвигают его по каткам, поэтому очень важно обеспечить полную согласованность действий всех работающих, выделив с этой целью лицо, ответственное за перемещение груза. Для подведения катков под груз обычно применяют ломы или ваги (рычаг второго рода). При этом необходимо следить, чтобы конец рычага надежно входил под груз и последний во время подъема не мог соскочить. Подкладывать катки следует только сбоку, что исключает возможное травмирование рук. Перемещение груза в этот момент запрещено. С целью облегчения производства работ, сохранения устойчивого положения груза и обеспечения безопасности его перемещения все катки должны иметь одинаковый диаметр, гладкую без вмятин и прочих дефектов поверхность; площадка должна быть ровной, а лишние предметы следует удалить. Чтобы исключить возможность травмирования ног рабочих, концы катков не должны выступать более чем на 300...400 мм с каждой стороны перемещаемого груза.

Контрольные вопросы

1. Что понимают под такелажными средствами? Как их классифицируют?
2. Что такое переносная монтажная стрела, как она устроена и в каких случаях ее применяют?
3. Что такое монтажный мачтовый подъемник и как он устроен?
4. В чем состоит отличие портального подъемника от мачтового?
5. Какие преимущества обеспечивает шевр?
6. С какой целью применяют якоря и какие конструкции якорей применяют в настоящее время?
7. Каковы преимущества инвентарного якоря?
8. В каких случаях применяют винтовые якоря?
9. Для чего предназначены захватные устройства и как их классифицируют?
10. Как устроен монтажный штуцер?
11. В чем состоит отличие многоветвевых канатных стропов от инвентарных? Для каких целей их применяют?
12. Что такое полотенчатый строп?
13. В чем состоит преимущество плетеного стропа перед полотенчатым?
14. Для чего предназначены бестросовые захваты и как они устроены? Объясните происхождение термина.
15. Как устроен и работает шарнир?

16. В каких случаях применяют гидроподъемники, как они устроены и работают?

17. Для каких целей и как применяют катки, тележки, сани?

18. Как устроен и работает роликовый лом?

19. Какие требования безопасности необходимо соблюдать при эксплуатации такелажных средств?

Глава XIII
ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ

§ 1. Классификация транспортных машин

Эффективность производства СМР в значительной мере зависит от четкой, хорошо организованной и своевременной доставки грузов (монтируемого оборудования) к месту монтажа. На практике оборудование проходит долгий путь от завода-изготовителя до монтажной площадки с применением различных способов транспортировки, машин и средств. Очевидно, что все виды транспорта должны действовать согласованно. Так, например сезонное несовпадение наземных и водного видов транспорта в условиях районов Севера и Сибири ведет к «омертвлению» грузовых масс на многочисленных транспортно-складских базах и затягивает сроки доставки грузов до 2 лет.

Следует отметить, что поставка на монтаж полностью собранного КТО значительно экономичнее, чем поставка отдельными элементами («россыпью») с последующей сборкой, выверкой и сваркой элементов на монтажной площадке.

Транспортные машины (от латинского «транспорто» — перемещаю, перевожу) в соответствии с видом выполняемых работ разделяют на машины внешнего транспорта, доставляющие грузы от завода-изготовителя до монтажного объекта, и внутриплощадочного (внутризаводского) транспорта — для перемещения в пределах монтажной площадки. По способу транспортирования грузов их делят на наземные (по суше), водные (по рекам и морям) и воздушные. Свыше 90 % строительно-монтажных грузов на объекты монтажа доставляют наземным транспортом: безрельсовым (автомобили, тягачи, прицепы и полуприцепы), специальные транспортные устройства и рельсовым (железная дорога).

Применительно к производству СМР воздушный транспорт относят к специальному виду, а трубопроводный (транспортирование по трубам), как не получивший при-

менения в настоящем учебнике не рассматривается (рис. 128).

В соответствии с принятой классификацией автомобильный транспорт разделяют на грузовой, пассажирский и специальный. Очевидно, что в данном учебнике пассажирский

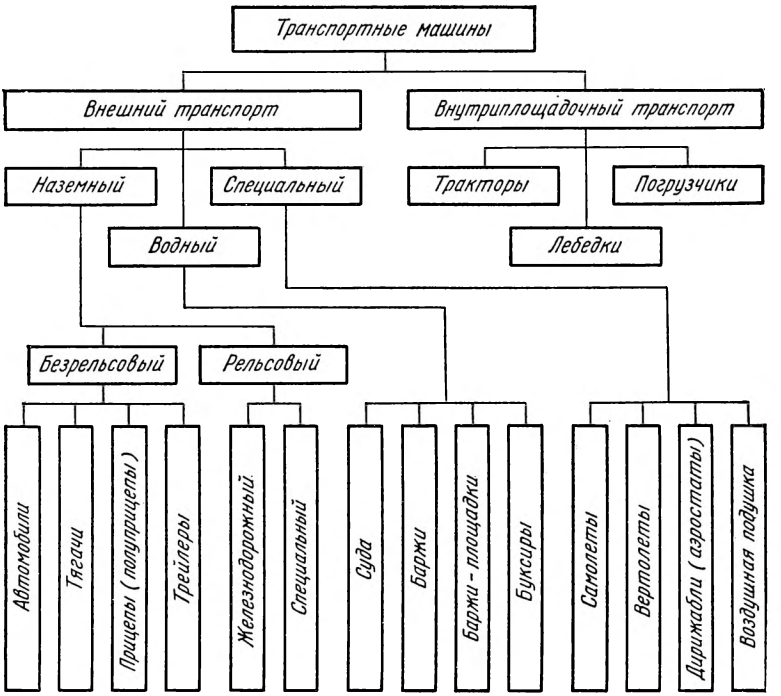


Рис. 128. Классификация транспортных машин

транспорт не рассматривается. Автомобильный подвижной состав (ПС) классифицируют по типу кузова, двигателя, проходимости, грузоподъемности и другим параметрам. В зависимости от конструктивных особенностей современный грузовой ПС разделяют на общего значения, специализированный и специальный.

К грузовому ПС общего назначения относят автомобили с открытой платформой и откидными бортами (бортовые) для любых видов грузов, с опрокидывающимся кузовом (самосвалы), прицепы (полуприцепы) и тягачи. К специализированному ПС относят автомобили, предназначенные для перевозки определенного вида груза (фермо- и бал-

ковозы, автоцистерны, трубо- и металловозы и пр.), а к специальному — автомобили, оборудованные специальными кузовами (пожарные, ремонтные мастерские и пр.).

Автомобили-тягачи выполняют на базе двух-, трех- и четырехосных шасси грузового автомобиля и оборудуют буксирными устройствами для работы с прицепами. Седельные тягачи работают совместно с полуприцепами, передающими часть нагрузки на шасси тягача, для чего на раме последнего устанавливают опорно-сцепное устройство, а также системы для подключения тормозного привода и электропитания полуприцепа.

Для перевозки строительно-монтажных грузов применяют прицепы и полуприцепы общетранспортные и специальные. Последние подразделяют на прицепы, буксируемые при помощи дышла, и прицепы-роспуски для длинномерных грузов, прицепы-тяжеловозы (трейлеры) и полуприцепы, буксируемые седельными тягачами. Автомобиль-тягач в сцепе с прицепом (полуприцепом) называют автопоездом. Автомобили, прицепы и полуприцепы общего назначения применяют для перевозки всех видов грузов, кроме жидких без тары.

По типу двигателя и роду потребляемого топлива автомобили разделяют на карбюраторные, работающие на бензине и получившие наибольшее распространение на автомобилях малой и средней грузоподъемности, и дизельные, работающие на тяжелом топливе и применяемые на автомобилях большой грузоподъемности. Газотурбинные двигатели применяют на автомобилях очень большой грузоподъемности и специальных тягачах. В настоящее время ведутся работы по переводу существующего парка карбюраторных автомобилей на газовое топливо (сжиженный или сжатый природный газ) — газобаллонные, что дает ощутимый экономический эффект и снижает токсичность выхлопа. Кроме того, ведутся работы по внедрению на автомобиле электропривода с питанием от аккумуляторов. Опытные образцы автомобилей грузоподъемностью до 1 т проходят испытания в условиях больших городов. Пробег с одной заправкой достигает 60...80 км. На СМР применяют автомобили с карбюраторными и дизельными двигателями, причем рост автопарка идет за счет автомобилей с дизельными двигателями.

По проходимости ПС делят на дорожный, предназначенный для движения по благоустроенным дорогам общей дорожной сети СССР, повышенной и высокой проходимости, работающий в сложных дорожных условиях (по всем

видам дорог различного состояния), и внедорожный, систематически эксплуатируемый в условиях бездорожья, например в карьерах. В свою очередь автомобили повышенной и высокой проходимости в зависимости от конструкции движителя разделяют на колесные, колесно-гусеничные, на воздушной подушке и автомобили-амфибии.

В зависимости от грузоподъемности ПС разделяют на следующие классы:

особо малой грузоподъемности	— до 1 т,
малой »	— 1...2 т,
средней »	— 2...5 т,
большой »	— свыше 5 т до предела, установленного дорожными ограничениями,
особо большой	— свыше предела, установленного дорожными ограничениями (внедорожные автомобили)

В зависимости от осевой нагрузки ПС разделяют на автотранспортные средства с нагрузкой на одну ось до 100 кН, рассчитанные на эксплуатацию по дорогам I и II категорий, средства с нагрузкой на ось до 60 кН для дорог I...V категорий, т. е. для общей дорожной сети страны.

По общему числу колес и числу ведущих колес все автомобили условно обозначают формулой, в которой первая цифра — общее число колес, а вторая — число ведущих колес. При этом каждое из сдвоенных ведущих колес считают за одно колесо. Например, 4×2 — двухосный автомобиль с одной ведущей осью (ГАЗ-53А, ЗИЛ-130), 6×6 — трехосный автомобиль со всеми ведущими осями (ЗИЛ-131) и 6×4 — трехосный автомобиль с двумя ведущими осями (КамАЗ-5320). Очевидно, что на каждой оси расположены 2 колеса.

§ 2. Автомобили

Среди различных типов машин наземного безрельсового транспорта наибольшее распространение получили автомобили. Основным отличием автомобиля являются большая грузоподъемность в сочетании с высокими скоростями движения, маневренностью и проходимостью, что особенно важно для работы в сложных дорожных условиях и на строительно-монтажных площадках. Автомобильный транспорт — наиболее мобильный из всех видов транспорта. Он значительно быстрее, чем железнодорожный и водный, обеспечивает доставку грузов на большие расстояния без до-

полнительных перегрузок, что дает большую экономическую эффективность.

Автомобиль состоит из шасси (рамы), двигателя, трансмиссии, кузова, кабины и систем управления (рис. 129). На шасси *3* размещено все основное оборудование автомобиля. Трансмиссия (латинское происхождение «трансмиссио» — переход, передача) — устройство (система устройств) для передачи крутящего момента от вала двигателя к рабочему органу машины (на автомобиле — к колесному движителю). Другими словами — это силовая передача.

Крутящий момент от вала двигателя *5* передается через муфту сцепления *9* на коробку перемены передач (КПП) *10*. Сцепление необходимо для кратковременного отключения двигателя от трансмиссии в момент переключения передач и согласования угловых скоростей вращающихся под нагрузкой валов трансмиссии. От ступенчатой КПП крутящий момент через карданный вал *11* передается на главную (коническую) передачу *12* и далее на дифференциал *14* заднего ведущего моста автомобиля. Дифференциал (латинское происхождение — разность, различие) — устройство, обеспечивающее вращение ведущих колес машины (левого и правого) с различными угловыми скоростями при прохождении криволинейных участков пути.

Передний *6* и задний *13* мосты автомобиля связаны с шасси упруго посредством подвесок с полуэллиптическими рессорами *1* и *8*. Рулевой механизм *4* для управления колесами *7* переднего моста на автомобилях большой грузоподъемности оснащен гидроусилителем, уменьшающим усилие на рулевом колесе.

Все автомобили оборудованы ручным (стояночным) тормозом, воздействующим на трансмиссионный вал, и ножным (рабочим) тормозом, воздействующим на каждое колесо. Как правило, система управления рабочим тормозом имеет объемный гидропривод, реже — пневмопривод. Трансмиссии автомобилей повышенной проходимости имеют два (передний и задний) или три (дополнительный задний) ведущих моста, позволяющих повысить тяговое усилие за счет реализации полного сцепного веса автомобиля.

Крутящий момент на дополнительные ведущие мосты передается от КПП через раздаточную коробку *15*, позволяющую включать передний ведущий мост во время движения по труднопроходимым участкам дороги или в условиях бездорожья и отключать его при движении по дорогам с покрытием, чтобы уменьшить потери на преодоление сил трения в дополнительных элементах трансмиссии и износ

покрышек. С целью недопущения пробуксования ведущих колес на специальных автомобилях предусмотрена блокировка дифференциала, обеспечивающая жесткую кинематическую связь левого и правого колес и исключающая возможность вращения одного из них при неподвижном другом. При эксплуатации автомобиля в нормальных условиях блокировку дифференциала отключают.

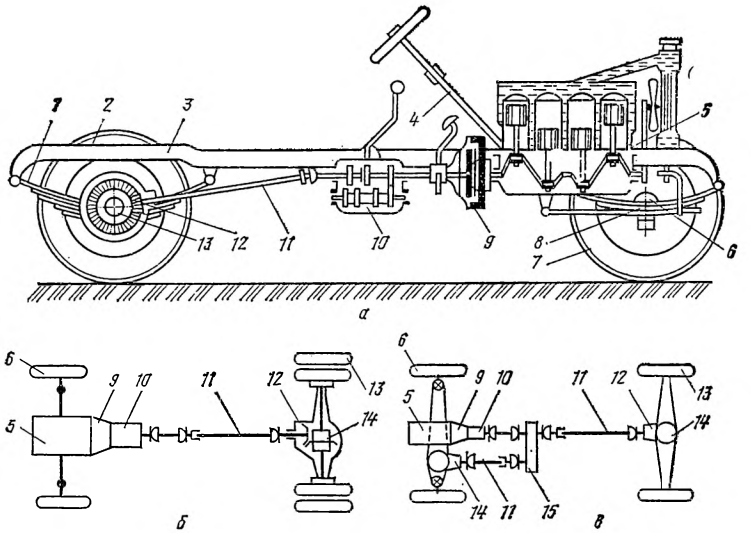


Рис. 129. Схема грузового автомобиля (*а*) и кинематические схемы грузовых автомобилей (*б* — общего назначения; *в* — повышенной проходимости):

1, 8 — рессоры; *2* — задние колеса; *3* — шасси; *4* — рулевой механизм; *5* — двигатель; *6* — передний мост; *7* — передние колеса; *9* — муфта сцепления; *10* — КПП; *11* — карданный вал; *12* — главная передача; *13* — задний мост; *14* — дифференциал; *15* — раздаточная коробка

В XII пятилетке народное хозяйство получит новые современные автомобили марок ЗИЛ и ГАЗ с дизельными двигателями, созданные на основе последних конструкторских, технологических и эргономических требований. Основные технические характеристики современных грузовых автомобилей приведены в табл. 35.

На базе всех марок отечественных грузовых автомобилей, кроме ГАЗ-4509 (самосвал), промышленность выпускает аналогичные седельные тягачи, предназначенные для буксировки полуприцепов. На базе ГАЗ-4509 выпускают автопоезд ГАЗ-САЗ-6008 грузоподъемностью 8,6 т. Автомобильные перевозки целесообразны на расстоянии до 500 км.

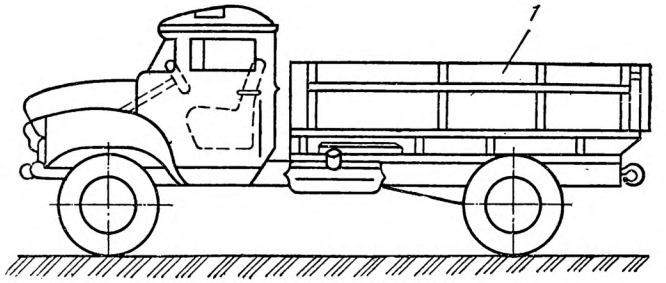
Для транспортировки КТО по дорогам различных категорий, в том числе и грунтовым, отечественная промышленность на протяжении ряда лет выпускает внедорожные автомобили (повышенной проходимости), отличающиеся конструкцией и требующие более высокой квалификации в управлении и обслуживании (рис. 130), основные технические характеристики которых приведены в табл. 36.

Таблица 35. **Основные технические характеристики современных грузовых автомобилей**

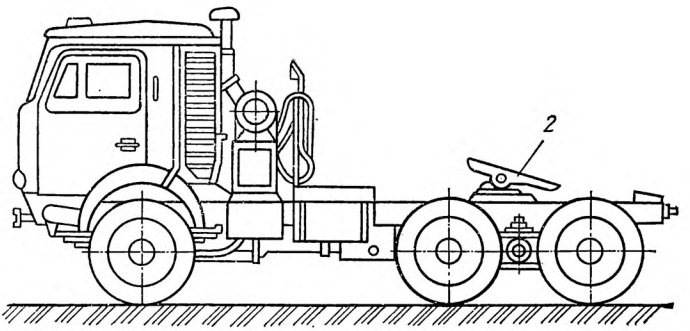
Параметры	Отечественные					
	ГАЗ-53А	ЗИЛ-130	Урал-377	КамАЗ-5320	МАЗ-5335	КрАЗ-257
Грузоподъемность, т	4	6	7,5	8	8	12
Нагрузка на седельно-сцепное устройство, кН	28,7	64	75	81	77	95
Полная масса, т	7,4	10,52	14,95	15,3	14,95	22,5
Предельная масса буксируемого прицепа (полуприцепа), т	4	8	10	11,5	12	20
Максимальная скорость, км/ч	80	90	75	100	85	68
Колесная формула	4×2	4×2	6×4	6×4	4×2	6×4
Двигатель:						
марка	ЗМЗ-53	ЗИЛ-130	ЗИЛ-375	КамАЗ-740	ЯМЗ-236	ЯМЗ-238
мощность, кВт	84,6	110,3	132,4	154,4	132,4	176,5
максимальный крутящий момент, Н·м	284	402	465,8	637,4	666,8	882,6
тип	Карбюраторный			Дизельный		

Продолжение

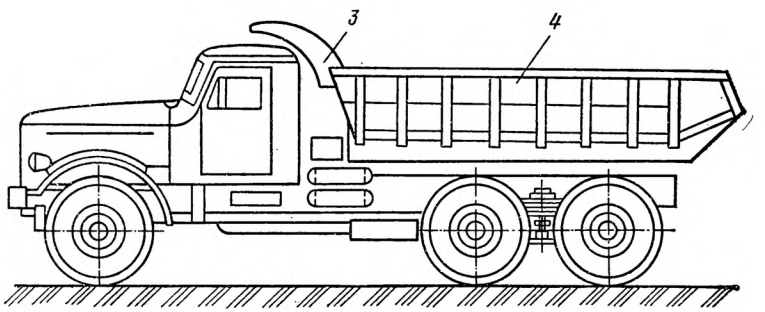
Параметры	Отечественные		Зарубежные			
	ЗИЛ-4331	ГАЗ-4509	Магирус-232Д, ФРГ	Татра-138SI, ЧССР	Мерседес-Бенц-2232S, ФРГ	Вольво-F89-32 Швеция
Грузоподъемность, т	6	4	10	12,7	—	—
Нагрузка на седельно-сцепное устройство, кН	62	—	—	—	140	138,5
Полная масса, т	11,585	8,72	19	22,54	22	22
Предельная масса буксируемого прицепа (полуприцепа), т	11,5	7	19	—	29	29,85
Максимальная скорость, км/ч	95	85	77	70	98	108
Колесная формула	4×2	4×2	4×2	6×6	6×4	6×4
Двигатель:						
марка	ЗИЛ-645	ГАЗ-542	F8L413	T928	OM4031	ТД120А
мощность, кВт	136	92	183,3	123	236,5	243,9
максимальный крутящий момент, Н·м	475	370	656,6	705,6	1029	1234,6
тип	Дизельный					



а



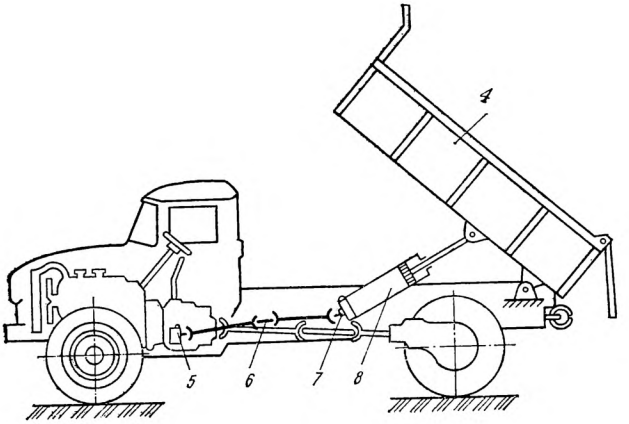
б



в

Рис. 130. Грузовые автомобили (*а* — бортовой; *б* — тягач с седельно-сцепным устройством; *в* — самосвал с кузовом ковшовой формы; *г* — самосвал с откидным задним бортом):

1 — бортовой кузов; *2* — седельно-сцепное устройство; *3* — защитный козырек; *4* — кузов самосвала; *5* — коробка отбора мощности; *6* — карданный вал; *7* — шестеренный насос; *8* — гидроцилиндр



На дорогах с покрытием МАЗ-537А способен развивать тяговое усилие до 200 кН и буксировать груз массой до 100 т, что достигается за счет применения мощного дизельного двигателя объемом 38800 см³ и шин размером 18 — 24 дюйма (диаметром около 1,7 м). Следует отметить, что двигатель Д12А ведет происхождение от танкового двигателя В-2 периода Великой Отечественной войны. Все тягачи имеют комфортабельную четырехместную кабину, кроме МАЗ-7310 (две двухместные кабины) и оснащены тяговой лебедкой для самовытаскивания.

Таблица 36. **Основные технические характеристики внедорожных автомобилей**

Параметры	МАЗ-7310	МАЗ-535А	МАЗ-537	МАЗ-537А
Грузоподъемность, т	20	7	50	15
Полная масса, т	44,15	25,97	71,6	37,5
Предельная масса буксируемого прицепа (полуприцепа), т	25	15	65	75
Максимальная скорость, км/ч	60	60	55	60
Колесная формула	8×8			
Дорожный просвет, мм	400	475	500	500
Наибольший угол подъема, рад	—	0,52	0,26	0,4
Глубина преодолеваемого брода, м	—	1,3	1	1
Двигатель:				
марка	Д12А (модификации)			
мощность, кВт	386	276	386	386
максимальный крутящий момент, Н·м	2206	н/св	2206	2206

Наибольшее распространение получили автомобили грузоподъемностью 3, 5, 8, 10, 12, 16, 27, 40, 60, 75 и 120 т. Кроме того, на базе грузового автомобиля может быть смонтирован стреловой кран, экскаватор, буровая машина и т. п. В этих случаях шасси автомобиля усиливают, в трансмиссию вводят ходоуменьшители и оснащают его дополнительными устройствами.

§ 3. Тракторы и тягачи

При производстве СМР в случаях, когда тягового усилия автомобиля оказывается недостаточно, широко применяют тракторы и пневмоколесные тягачи. Трактор (от одноименного латинского слова, означающего «тащу») — самоходная машина для транспортировки (буксирования) прицепов и приведения в действие установленных на ней навесных или прицепных машин-орудий (например, тракторная лебедка с приводом от трансмиссии, тракторные краны и краны-трубоукладчики с приводом рабочего оборудования).

По типу движителя различают пневмоколесные и гусеничные тракторы, которые в зависимости от максимального тягового усилия на крюке (при номинальной мощности двигателя) делят на классы. Пневмоколесные тракторы более маневренны, мобильны и имеют более высокие транспортные скорости (до 40 км/ч) в сравнении с гусеничными машинами. Кинематическая схема колесного трактора идентична схеме грузового автомобиля общего назначения (см. рис. 129). Пневмоколесные тракторы оснащают ДВС, механическими или гидромеханическими трансмиссиями. По типу системы поворота различают машины с передними управляемыми колесами и с шарнирно-сочлененной («ломающейся» в плане) рамой (дис. 131). Последние обладают высокой маневренностью, малым радиусом поворота и предназначены для работы в стесненных условиях. Основным недостатком колесного движителя следует признать высокое удельное давление на поверхность дороги (0,2...0,4 МПа), значительно снижающее проходимость машины.

Гусеничный трактор отличает от колесного конструкция движителя, в котором колеса заменены на гусеничную цепь, представляющую собой шарнирно связанные звенья в форме фигурной стальной пластины с выступающими гребнями для сцепления с поверхностью покрытия дороги — траки (от одноименного английского слова). Гусеничные

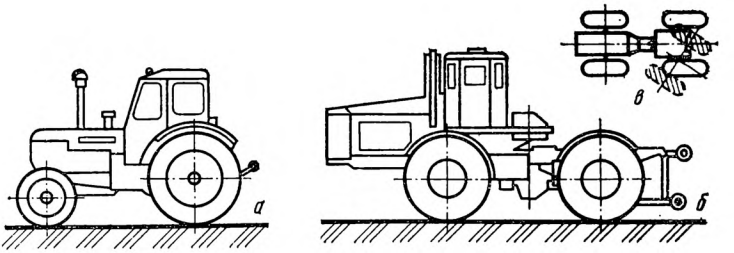


Рис. 131. Пневмоколесные тракторы (*а* — с передними управляемыми колесам *б* — с шарнирно-сочлененной рамой; *в* — схема поворота полурам)

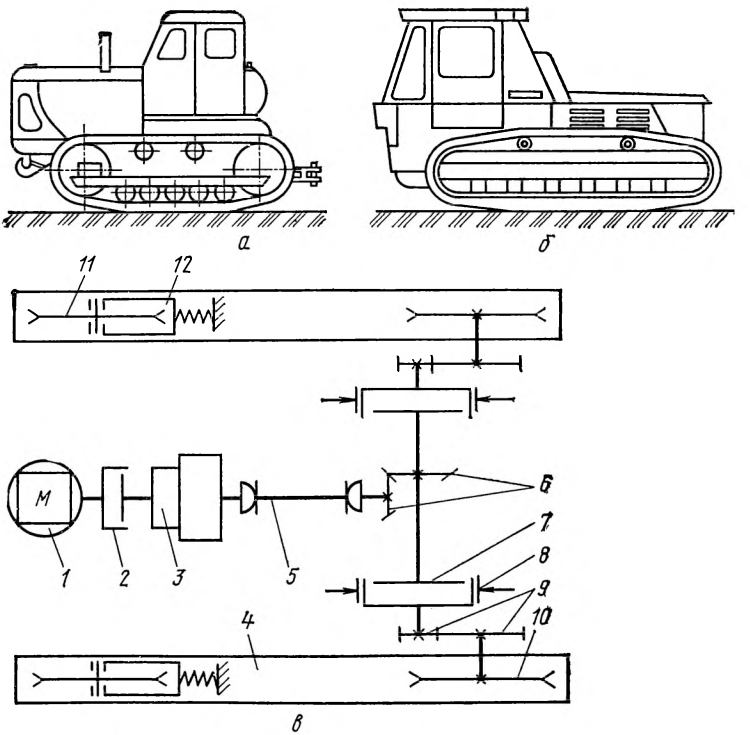


Рис. 132. Гусеничные тракторы с разным расположением двигателя (*а* — спереди; *б* — сзади; *в* — кинематическая схема гусеничного трактора):

1 — двигатель; *2* — муфта сцепления; *3* — КПП; *4* — гусеницы; *5* — карданный вал; *6* — главная передача; *7* — бортовые многодисковые фрикционы; *8* — ленточные тормоза; *9* — бортовые передачи; *10* — ведущие звездочки; *11* — ведомые звездочки; *12* — винтовое натяжное устройство

тракторы получили более широкое распространение благодаря значительному тяговому усилию на крюке (не менее 30 кН), надежному сцеплению гусеничного движителя с грунтом, малому удельному давлению на грунт (0,03... 0,06 МПа) и высокой проходимости. Расположение двигателя может быть передним и задним (рис. 132). Наибольшее распространение получили тракторы с передним расположением дизельного ДВС.

В отличие от кинематической схемы автомобиля крутящий момент с главной передачи *6* трактора передается через бортовые многодисковые фрикционы *7* и бортовые передачи *9* на ведущие звездочки каждой гусеницы *10*. На наружные (ведомые) барабаны фрикционов действуют ленточные тормоза *8*. Для натяжения гусениц в процессе монтажа и для компенсации вытяжки (в результате износа шарниров) предназначено винтовое натяжное устройство *12*. При обоих включенных фрикционах ведущие звездочки гусениц вращаются синхронно, обеспечивая прямолинейное движение машины. Затормаживание отключенных от трансмиссии звездочек обеспечивает замедление движения гусениц при движении трактора под уклон и затормаживание его на месте. Частичное или полное выключение одного из фрикционов в сочетании с затормаживанием его барабана снижает скорость движения соответствующей гусеницы и обеспечивает поворот машины в сторону этой гусеницы. При полном торможении одной гусеницы трактор разворачивается практически на месте. Основные технические характеристики тракторов приведены в табл. 37.

Пневмоколесные тягачи, как и тракторы, предназначены для работы со сменным прицепным или навесным оборудованием. В сравнении с гусеничными тракторами они более просты по конструкции, имеют меньшую массу, дешевые в изготовлении и эксплуатации, более долговечны. Высокие скорости (до 55 км/ч) и хорошая маневренность способствуют повышению производительности и эффективности агрегатируемых с ними машин. По существу они являются базовыми машинами для большой номенклатуры разнообразных колесных машин-орудий. Одноосный тягач состоит из рамы, двигателя, механической или гидромеханической трансмиссии, двух ведущих колес, шарнирно-сцепного устройства и агрегатов, необходимых для безопасной эксплуатации полуприцепа, унифицированных по конструкции с узлами большегрузных автомобилей (рис. 133). Очевидно, что стоять и самостоятельно передвигаться на двух колесах без полуприцепного рабочего оборудования одноосный тя-

Таблица 37. **Основные технические характеристики тракторов**

Параметры	Пневмоколесные			Гусеничные						
	МТЗ-80	Т-158	К-702	ТП-4	Т-100М	Т-130	Т-180	ДЭТ-250	Т-330	Т-500
Тяговый класс, кН	14	30	100	40	60	100	150	250	250	350
Марка двигателя	Д-240	СМД-60	ЯМЗ-238НБ	А-41	Д-108	Д-130	Д-180	В-30	8ДВТ-330	12ДВТ-500
Мощность, кВт	59	110	147	66	80	103	132	220	243	370
Трансмиссия	Механическая		Гидромеханическая	Механическ				Электромеханическая	Гидромеханическая	
Число передач, шт. (вперед/назад)	18/4	6/2	4/4	8/4	5/4	8/4	5/2	2/2	3/3	3/3
Скорость, км/ч	0,56...33,4	6...44,7	0...40,8	3,3...9,2	2,4...10,1	3,2...10,4	2,7...12,5	0...20	0...16,4	0...16,2
Подвеска	Жесткая	(рессорная)	Жесткая	Полужесткая			Балансирная	Эластичная	Эластичная с балансирным брусом	
Управление поворотом	Передними колесами	Шарнирно-сочлененная		Фрикционы и тормоза				Раздельный привод гусениц		
Давление в шинах, МПа	0,08...0,25	0,35	0,2...0,5	—	—	—	—	—	—	—
Удельное давление, МПа	н/св	н/св	н/св	0,04	0,047	0,042	0,03	0,056	0,057	0,057
Дорожный просвет, мм	470	420	550	362	331	393	428	430	570	570
Расположение кабины	Заднее	Среднее		Заднее				Среднее	Переднее	
Масса, т	3,41	7,2	12,2	8,4	12	12,7	15,57	25,2	25	35

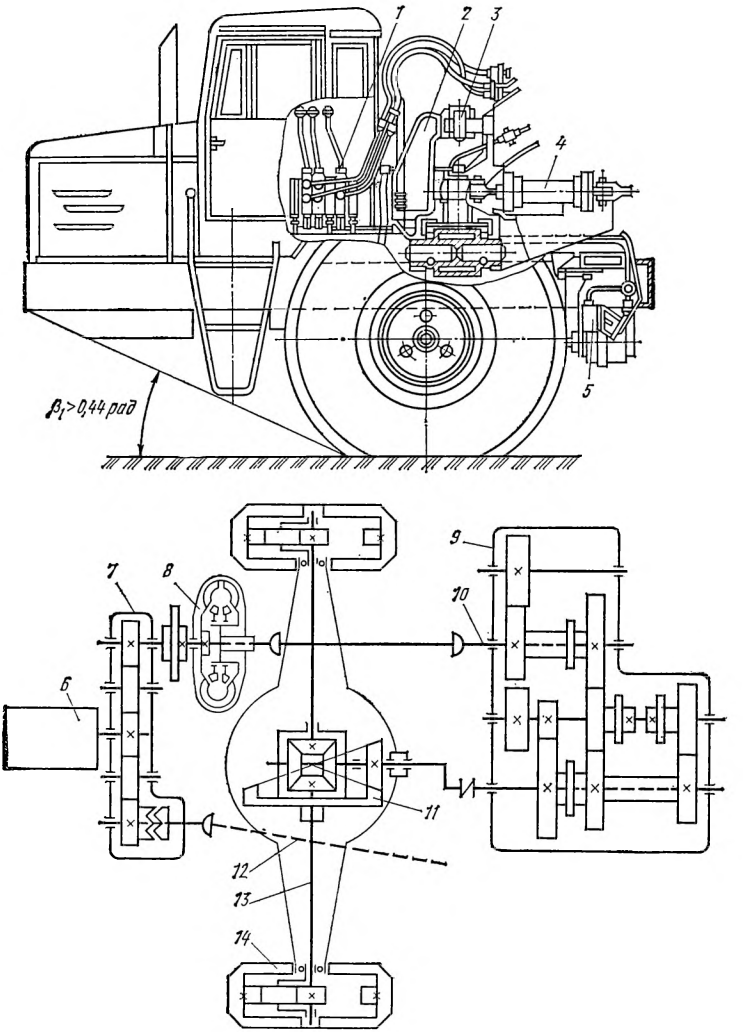


Рис. 133 Одноосный тягач (*а* — общий вид; *б* — кинематическая схема):
1 — гидрораспределитель; *2* — кронштейн; *3* — шарнирно-сцепное устройство; *4* — гидроцилиндры; *5* — гидронасос; *6* — двигатель; *7* — коробка отбора мощности; *8* — гидротрансформатор; *9* — КПП; *10*, *12* — карданные валы; *11* — главная передача с дифференциалом; *13* — полуось; *14* — бортовая планетарная передача

гач не может. В сочетании с полуприцепами он составляет самоходную машину с ведущей передней осью.

Двухосный тягач в отличие от одноосного имеет шарнирно-сочлененную раму и два моста (иногда оба ведущие), что обеспечивает его устойчивость и возможность самостоятельного (без прицепа) перемещения. Узлы тягача унифицированы со строительно-дорожными машинами. Для соединения тягача с прицепом применяют сцепные устройства в виде крюка или вертикального шкворня.

§ 4. Прицепы и полуприцепы

Для увеличения грузоподъемности и габаритов перевозимого груза к автомобилю присоединяют прицепы или полуприцепы. Бортовой прицеп общего назначения представляет собой бортовой кузов грузоподъемностью 4...8,5 т, снабженный двухосным колесным шасси, дышлом для соединения с тягачом и устройствами безопасности. В отличие от прицепа полуприцеп не представляет собой самостоятельную машину и предназначен для совместной работы с автомобилем, трактором и тягачом, воспринимающим часть рабочей нагрузки, образуя с ним единое транспортное устройство (рис. 134, *а*). Для этого полуприцеп снабжен седельно-сцепным *1* и опорным *2* устройствами. Последнее обеспечивает устойчивость полуприцепа без тягача и представляет собой подъемную (откидную) стойку или две стойки с катками, устанавливаемую в рабочее положение вручную или механическим (гидравлическим) путем от соответствующей системы базового тягача. Грузоподъемность полуприцепов 7,5...26,2 т.

Длинномерные грузы (длиной 6...30 м) — трубы, сортовой прокат (металл), лесоматериалы — перевозят на прицепах-роспусках с жестким или телескопическим дышлом. Для транспортировки стальных и железобетонных конструкций массой до 36 т применяют специальные полуприцепы — фермо- и балковозы (рис. 134, *б*, *в*).

Транспортировку КТО и конструкций, а также строительно-дорожных машин и других тяжелых грузов осуществляют на специальных прицепах тяжеловозах — трейлерах (от английского «трэйл» — тащить). Отечественная промышленность выпускает трейлеры грузоподъемностью 25, 40, 60, 120 и 300 т с количеством осей 2...12 и, соответственно, колес — 12...36 шт. в зависимости от дорожных условий. В передней части трейлера расположена поворотная тележка *3* с дышлом *6*, задняя часть платформы опирает-

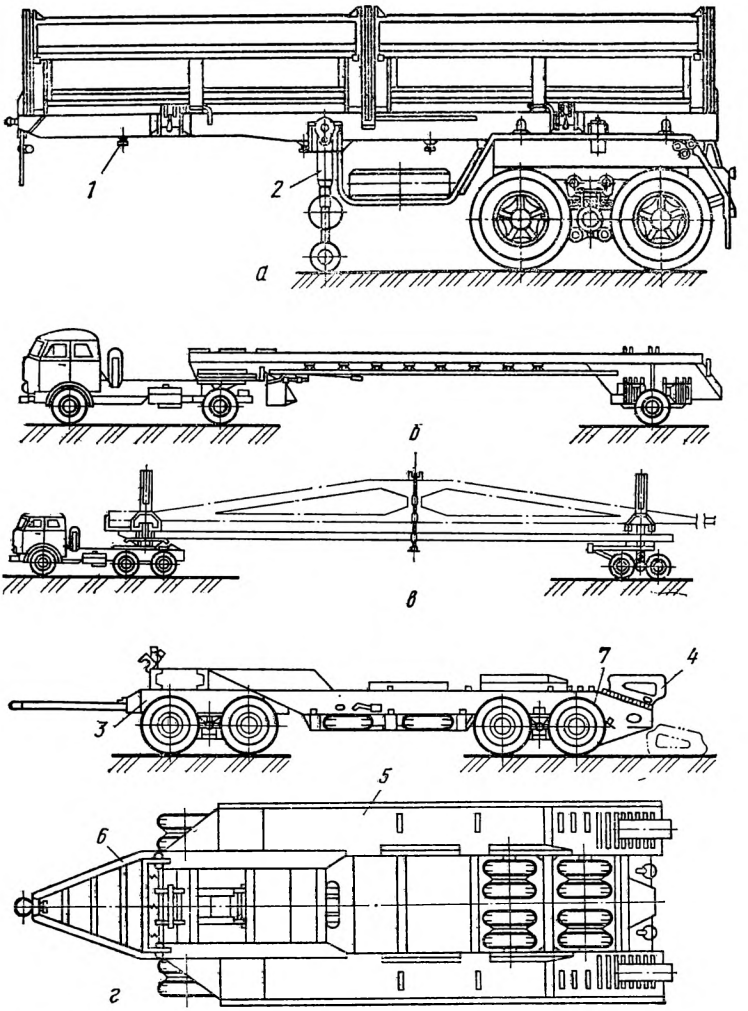


Рис. 134. Полуприцепы (*а* — ПС-1411А; *б* — фермовоз; *в* — балковоз; *г* — прицеп-тяжеловоз)

ся на неповоротную тележку *7*. Рама трейлера *5* в задней части имеет минимальную высоту и снабжена откидными трапами (пандусами) *4* для погрузки машин самоходом или при помощи вспомогательной лебедки (рис. 134, *г*). Все трейлеры оборудуют системами управления тормозами, электроприборами и пр. в соответствии с требованиями

ПДД. Очевидно, что транспортируемый груз необходимо надежно закрепить.

Необходимо отметить, что транспортировка КТО на транспортных средствах общего назначения без дополнительного переоборудования затруднена, так как оказывается трудным обеспечить устойчивость груза, синхронное управление прицепами и безопасность движения, поэтому для перевозки конкретных грузов их оборудуют поворотными седловинами, опорными стойками и пр.

§ 5. Специальные транспортные устройства

Для транспортировки КТО большой массы применяют специализированные транспортные устройства конструкции ВНИИМССа грузоподъемностью 80, 150, 250 и 600 т, со-

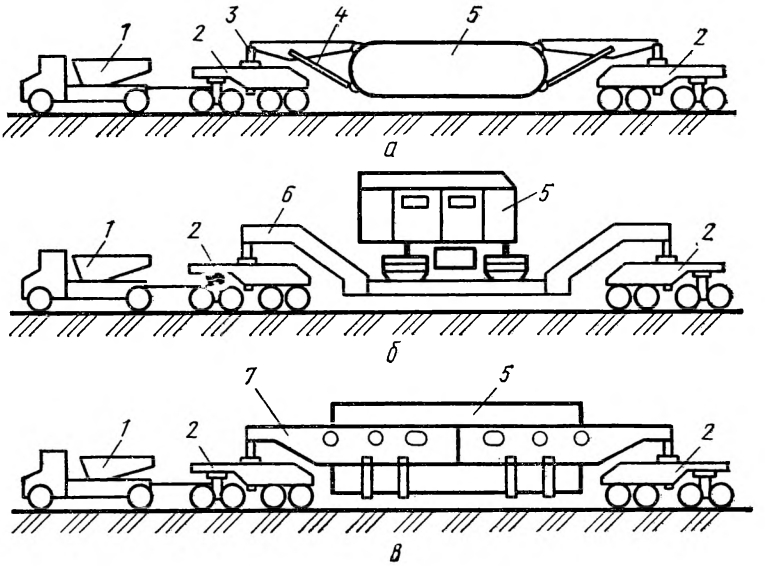


Рис. 135. Транспортные устройства ВНИИМССа (*а* — с консолями для крепления оборудования; *б* — с платформой-площадкой; *в* — с платформой колодцеобразного типа):

1 — тягач; *2* — базовые тележки; *3* — гидродомкраты; *4* — консоли; *5* — груз; *6* — платформа-площадка; *7* — платформа колодцеобразного типа

стоящие из двух базовых тележек, снабженных системой гидродомкратов, обеспечивающих самостоятельную погрузку (разгрузку) и изменение высоты груза при преодолении препятствий, ограничивающих габарит. Как правило, груз

соединяет базовые тележки в единую транспортную систему, поэтому должен обладать достаточной собственной жесткостью, что позволяет применять транспортные устройства без несущей платформы (рис. 135, *а*). При этом транспортируемое оборудование должно иметь проушины для крепления (по торцам) консольных ферм (балок) транспортного устройства. Данные проушины предусматривают на стадии проектирования технологического оборудования и приваривают на заводе-изготовителе.

При погрузке оборудования на транспортное устройство консольные фермы крепят к проушинам (при помощи автокрана), тягачом подводят базовые тележки под опорные шарниры ферм и соединяют их с плунжерами гидродомкратов. Соединяют коммуникации тележек, включением гидропривода отрывают аппарат от земли, поднимают его в транспортное положение и фиксируют на заданной высоте. После чего соединяют тягач с передней тележкой посредством дышла и автопоезд готов к передвижению. Разгрузку аппарата производят в обратной последовательности. Для создания необходимого тягового усилия применяют 2...3 внедорожных тягача, работающих в сцепе. При движении под уклон один из тягачей перецепляют в хвост автопоезда.

Система управления автопоездом — электрическая с питанием от передвижной электростанции, установленной на тягаче. По обе стороны задней тележки установлены две кабины для операторов, управляющих этой тележкой. Автопоезд в пути сопровождает производитель работ — лицо, ответственное за перемещение груза, осуществляющий непрерывную двухстороннюю связь с водителями тягача и операторами.

Для транспортировки другого технологического оборудования, например энергетического для ГЭС, ТЭС и АЭС, тяжелых машин и других грузов используют те же тележки с опиранием на штоки гидроцилиндров консолей низкой платформы-площадки *5* (рис. 135, *б*) или высокой платформы колодцеобразного типа *6*, в которой груз расположен ниже верхнего уровня платформы и опирается на гибкие элементы (рис. 135, *в*). Основные технические характеристики транспортных устройств ВНИИМССа приведены в табл. 38.

Необходимо отметить, что автомобильные перевозки КТО являются более сложными в организации и осуществлении за счет большого разнообразия весовых и габаритных ограничений на дорогах различных категорий, радиусов закруглений, подъемов и уклонов, а также низких транспортных скоростей. Поэтому в отечественной и зарубежной прак-

Таблица 38. **Основные технические характеристики транспортных устройств ВНИИМССа**

Параметры	Грузоподъемность, т		
	150	250	600
Диаметр перевозимых аппаратов, м	3...6	3...7	до 4,5
Длина перевозимых аппаратов, м	до 50	до 50	до 35
Количество осей (двух тележек), шт.	8*	6	8
Количество колес, шт.	32	24	32
Размеры колес, мм	320...508	1450...450	1450. .450
Давление воздуха в шинах, МПа	0,8	1	1,2
Клиренс (максимальный/ /минимальный), мм**	750/400	880/400	800/400
Минимальный радиус поворота, м	25	25	60
Колея, м	3,2...4,2	3,8	4,5
Максимальная нагрузка на ось, кН	280	500	800
Нагрузка на 1 колесо, кН	70	125	200
Собственная масса, т	75	46,65	116
Максимальная скорость движения с грузом, км/ч	8	5	4
Силовая установка	Дизель-генератор		
	АД-20-Т/230	АД-20-Т/230	АД-30-Т/230
Привод гидродомкратов:	Объемный — автономная гидростанция		
марка насоса	Н-401	Н-401	—
мощность электродвигателя, кВт	10	4	11
рабочее давление жидкости, МПа	18	10	18
Количество гидростанций, шт.	2	2	2
Количество гидродомкратов, шт.	4	4	4
Ход плунжеров гидродомкратов, мм	1500	1000	1000

* — в подвеске осей применены специальные гидравлические балансиры;
** — клиренс — расстояние (просвет) между поверхностью дороги и нижней частью аппарата или базовой тележки.

тике производства СМР указанные перевозки разрабатывают и осуществляют по индивидуальному проекту для каждого объекта и вида оборудования. Маршрут и трассу перевозки выбирают предварительно с учетом габаритов и массы оборудования и применяемых транспортных средств.

Для централизованного решения транспортных задач в 1978 г. при Минавтотрансе РСФСР было создано специализированное объединение по перевозке крупногабаритных тяжеловесных грузов «Спецтяжавтотранс», выполняющее работы по разработке проектов смешанных перевозок, их организации и осуществляющее автотранспортные перевозки в масштабе народного хозяйства страны.

§ 6. Универсальные погрузчики

Погрузчики относят к универсальным ПТМ, предназначенным для механизации погрузочно-разгрузочных и транспортных работ. На СМР их применяют для транспортировки грузов в пределах монтажной площадки. Рабочее оборудование погрузчика состоит из грузоподъемника (рис. 136, *б*) и комплекта сменных ГУ, среди которых наибольшее распространение получили вилы и вилочные подхваты. В комплект ГУ также входят удлинители вил, грейфер, балочная безблочная стрела с крюком и другие захваты. Рабочее оборудование устанавливают на самоходное шасси автомобильного типа с массивными литыми резиновыми (без воздуха) шинами или пневмошинами, основные сборочные единицы которых унифицированы с современными автомобилями. ГОСТ 16215—80 «Погрузчики вилочные общего назначения. Общие технические условия» предусматривает выпуск машин типа ЭП — электропогрузчики с питанием от аккумуляторных батарей и АП — автопогрузчики с приводом от ДВС. Как правило, первые применяют для работы в закрытых помещениях, вторые — на открытых площадках с твердым ровным покрытием. Основными преимуществами этих машин являются универсальность, высокая мобильность, произвольная траектория движения, отсутствие рельсовых путей, токоподвода и пр.

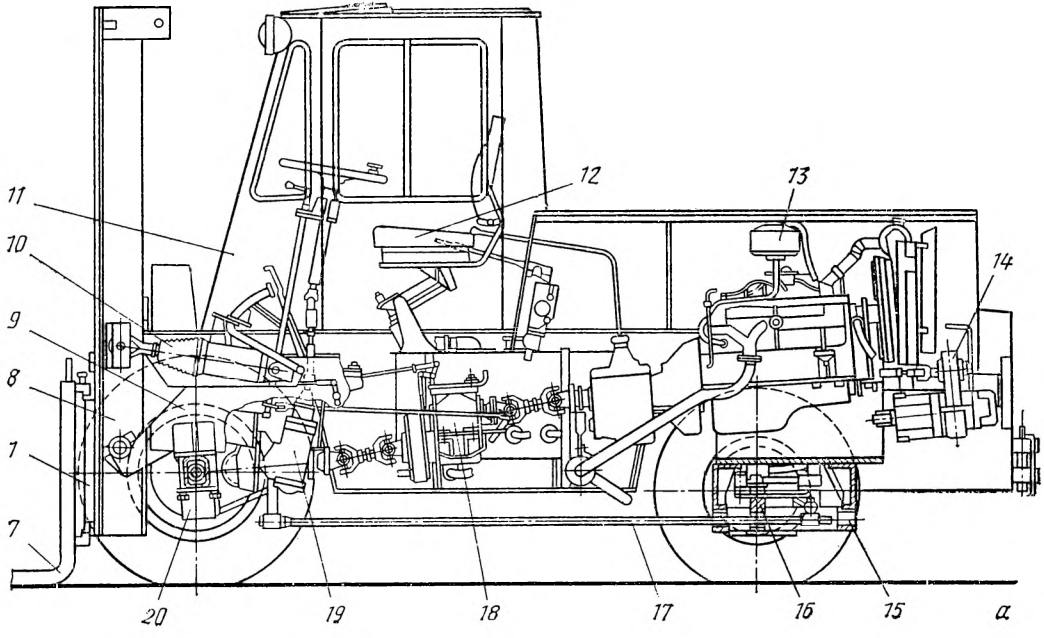
По расположению рабочего оборудования относительно самоходного шасси погрузчики бывают фронтальные (рис. 136, *а*) и боковые. Погрузчики выполняют по трех- или четырехопорной схеме. В народном хозяйстве применяют отечественные погрузчики и производства фирмы «Балканкар» НРБ, основные технические характеристики которых приведены в табл. 39. Проверку устойчивости рассматриваемого класса машин производят аналогично стреловым передвижным кранам (см. § 4, гл. XIV).

Самостоятельно существует класс одноковшовых по-

Таблица 39. **Основные технические параметры погрузчиков**

Параметры	Электропогрузчики								Автопогрузчики СССР			
	СССР				НРБ							
	4004А	ЭП-1008	ЭП-205	ЭП-501	ЕВ-684	ЕВ-701	ЕВ-738	ЕВ-761	4017	4045М	4046М	4008М
Грузоподъемность на вилах, т	0,75	1	2	5	1	2	3	5	1,5	3,2	5	10
Грузоподъемность на крюке (максимальная), т	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	4	5
Высота подъема груза на вилах, мм	1600	4500	4500	4500	2500	3200	3200	3200	7300*	5150*	7200*	7500*
Угол наклона рамы грузоподъемника, рад	0,052	—	—	0,052	0,052	0,052	0,052	0,052	—	0,053	0,053	0,053
Напряжение, В	32,5	48	48	40	—	—	—	—	—	—	—	—
Установочная мощность двигателей, кВт	5,5	8,7	8,7	17	—	—	—	—	—	—	—	—
Марка двигателя	—	—	—	—	—	—	—	—	ГАЗ-52-04	ГАЗ-63	ГАЗ-63	ЗИЛ-157
Масса погрузчика с вилами, т	1,8	4,5	3,7	8,4	2,4	3,8	4,75	8	—	4,78	7,7	13,2
Оптовая цена, руб.	2880	6270	3500	11900	—	—	—	—	—	2300	3300	8400

* — высота подъема груза на крюке.


11
10
9
8
1
7
12
13
14
20
19
18
17
16
15
а

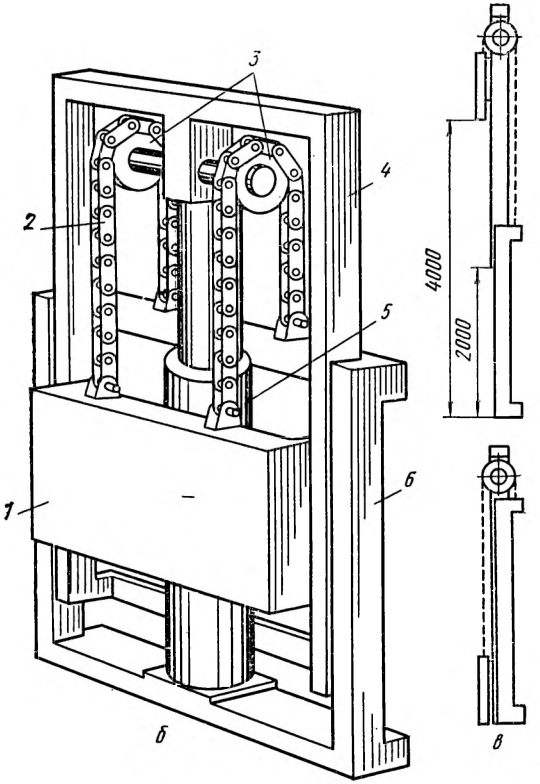


Рис. 136. Автопогрузчик с фронтальным расположением грузоподъемника (*а* — общий вид; *б* — грузоподъемник; *в* — схема подъема каретки):

1 — каретка; *2* — пластинчатые цепи; *3* — опорные звездочки; *4* — подвижная рама; *5* — силовой гидроцилиндр; *6* — неподвижная рама; *7* — вилочный подхват; *8* — грузоподъемник; *9* — шасси погрузчика; *10* — гидроцилиндр наклона грузоподъемника; *11* — кабина управления; *12* — сиденье; *13* — двигатель; *14* — коробка отбора мощности; *15* — подвеска моста; *16* — задний управляемый мост; *17* — продольная рулевая тяга; *18* — промежуточная передача; *19* — рулевой механизм; *20* — передний ведущий мост

грузчиков на пневмоколесном и гусеничном шасси, предназначенных для перемещения сыпучих материалов и на СМР не применяемых.

§ 7. Рельсовый транспорт

Современные промышленные предприятия связаны общей сетью железных дорог с нормальной колеей 1524 мм, поэтому транспортировка оборудования железнодорожным транспортом получила широкое распространение. Желез-

нодорожные перевозки наиболее экономичны (особенно на значительные расстояния) и сопряжены с меньшими объемами погрузочных и вспомогательных работ. Для доставки грузов применяют различный подвижной состав (рис. 137): четырех- и шестиосные платформы грузоподъемностью 20, 50, 60 и 120 т, а также открытые полувагоны —

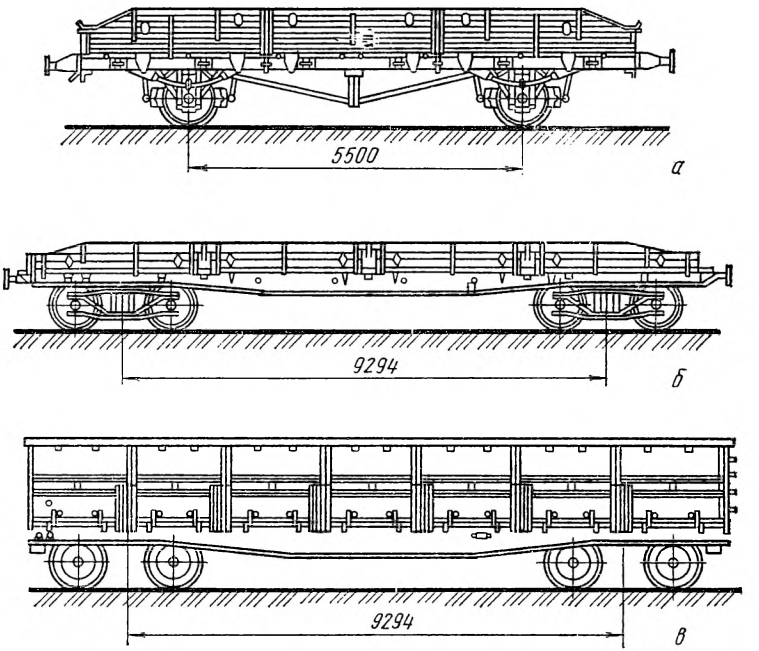


Рис. 137. Подвижной железнодорожный состав (*а* — двухосная платформа; *б* — четырехосная платформа; *в* — полувагон)

65, 95 и 125 т, длиной по осям автосцепок 14,7...15,2 м и максимальной шириной 3200 мм, перемещаемые локомотивами-тепловозами, электровозами и мотовозами. Также применяют специальные вагоны для перевозки штучных грузов, цистерны для жидкостей, саморазгружающиеся цистерны с аэроднищами и выдувные цистерны с пневморазгрузкой цемента, муки и пр., саморазгружающиеся вагоны-думпкары и хопперы для руды, шлаков, специальные транспортеры и пр.

Узкоколейный железнодорожный транспорт (ширина колеи — 600, 750 и 1000 мм) применяют в основном для перевозок в пределах территории предприятия. В качестве тягача применяют мотовозы, представ-

ляющие собой двухосную железнодорожную платформу, приводимую в движение автомобильным ДВС марки ГАЗ или ЗИЛ, с применением трансмиссии того же автомобиля и кабины управления.

Поперечные очертания грузов, перевозимых по железным дорогам СССР, не должны выходить за габарит I—В по ГОСТ 9238—83, утвержденный МПС СССР. ГОСТ предусматривает 5 степеней негабаритности грузов, перевозку которых необходимо согласовывать с управлением дороги. Массу перевозимых грузов ограничивает допустимая нагрузка на ось — 200 кН для дорог с нормальной колеей системы МПС СССР. Для ПС, передвигающегося по путям предприятий, указанная нагрузка может быть увеличена. Погонная нагрузка на метр пути не должна превышать 108 кН/м.

Для транспортировки КТО применяют специальные железнодорожные транспортеры: сцепные, сочлененные и транспортеры-колодцы, которых существует более 50 типов.

Сцепные транспортеры грузоподъемностью 120, 240 и 480 т предназначены для транспортировки вертикальных аппаратов и горизонтальных емкостей диаметром (с учетом выступающих деталей) до 4 м, длиной до 45 м. Транспортер состоит из сцепа двух — четырех платформ, первая и последняя из которых оборудованы седельными устройствами с болтами для затяжки хомутов и крепления груза, а также гидродомкратами с разгрузочными балками, позволяющими производить разгрузку без применения вспомогательных ГПМ. Промежуточная платформа является «прикрытием» при прохождении криволинейных участков дороги. В зависимости от длины КТО расстояние между вертикальными осями седельных устройств транспортера равно: 23,5 м при одной промежуточной платформе, 34,6 м — при двух и 12,36 м — без промежуточной платформы.

В настоящее время около 95 % КТО перевозят в сборе или отдельными блоками железнодорожным транспортом. Жесткие габаритные ограничения железных дорог, лимитированные осевые нагрузки, ограниченная пропускная способность дорог и отсутствие их в осваиваемых регионах являются недостатками данного вида транспорта.

§ 8. Водный транспорт

Из всех видов транспорта водный — наиболее древний и дешевый. В настоящее время по воде транспортируют грузы, превышающие по своим параметрам ограничения железнодорожного и автомобильного транспорта. Для этого необходимо наличие удобного водного сообщения между заводом-изготовителем и потребителем, соответствующих судов, барж и ГПМ в портах погрузки и назначения. Основные трудности такой транспортировки связаны с вы-

полнением погрузочно-разгрузочных операций. Большинство действующих и строящихся промышленных предприятий расположены на берегах судоходных рек, что позволяет транспортировать оборудование на большие расстояния без дополнительных перегрузок. Транспортировка КТО водным путем не требует реконструкции и усиления дорог, мостов, переходов, сооружения временных объездных путей, длительного отключения и демонтажа участков ЛЭП и связи, а следовательно, дополнительных непроизводительных трудовых затрат и финансовых расходов.

По основным водным магистралям СССР можно транспортировать КТО диаметром до 6 м и длиной до 40 м на самоходных судах класса «река — море» трюмного типа, диаметром до 8 м и длиной до 50 м — на несамоходных баржах площадочного типа (баржах-площадках) и оборудование типа емкостей диаметром до 10 м и длиной до 100 м — наплаву. В двух последних случаях применяют буксир — самоходное судно для вождения (буксировки) несамоходных судов, барж и других плавающих сооружений.

Для перевозки КТО водным транспортом применяют суда и баржи общего назначения соответствующей грузоподъемности (речные или морские), оборудованные разгрузочным настилом на конкретный груз и приспособлениями для его крепления. На практике часто встречается ситуация, когда глубина фарватера реки не позволяет применять суда общего назначения. В этих случаях применяют специальные баржи-площадки грузоподъемностью 400, 600, 800 и 1000 т, буксируемые судами с водометными двигателями. Так баржи-площадки грузоподъемностью 600 и 1000 т при ширине 14 м и длине 64 и 68 м, соответственно, имеют осадку до 1,2 м с номинальным грузом (0,4...0,5 м — без груза). Такую же осадку имеют водометные буксиры, создающие тяговое усилие за счет реактивной силы выбрасываемой струи воды, а не за счет вращающихся гребных винтов, что обеспечивает проходимость по мелким водоемам.

На палубе баржи-площадки *1* укладывают поперечные стальные балки *3*, на которые грузят перевозимое КТО *2*. Для погрузки (разгрузки) баржи ее швартуют к берегу. Далее для выравнивания уровней палубы баржи и берега на него отсыпают (или срезают) слой грунта, трамбуют его и укладывают бетонные плиты, шпалы *5* и дополнительные стальные балки *4*, стыкуемые с основными на барже (рис. 138, *а*). После чего при помощи полиспастов *6* или горизонтально установленного гидроподъемника перемещают груз с баржи на берег. С целью облегчения выпол-

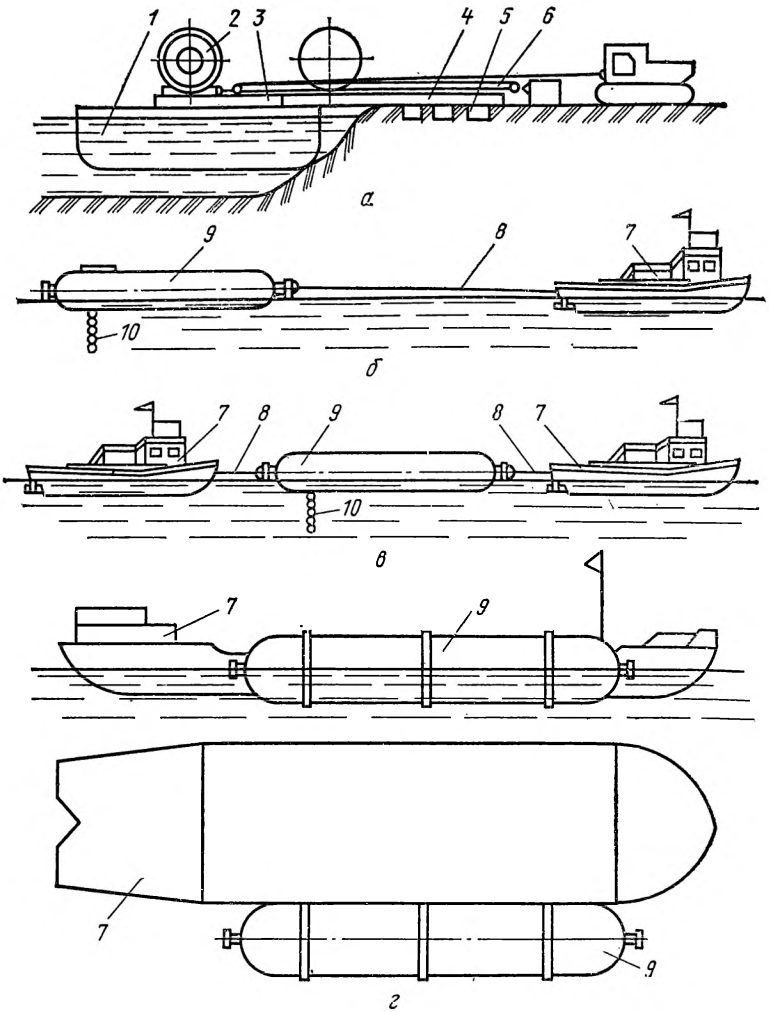


Рис. 138. Схема разгрузки аппарата с баржи на берег (*а*) и транспортировка оборудования наплаву (*б* — одним буксиром; *в* — двумя буксирами; *г* — пришвартованного к барже)

нения данной операции баржи оборудуют тележками на катках. После погрузки на баржу катки снимают, а оборудование с тележками закрепляют на палубе. Для разгрузки оборудования тележки поддомкрачивают, под них устанавливают катки и выкатывают тележки на берег (причал).

С целью использования наибольшей глубины фарватера транспортировку осуществляют в период половодья, увеличивающего глубину на 5...8 м, так как баржа-площадка представляет собой бескилевое судно, она не может противостоять волне, поэтому предназначена для эксплуатации по рекам без выхода на открытые водные пространства: большие озера, водохранилища, моря. К недостаткам способа следует отнести габаритные ограничения судов общего назначения, требующих глубоких фарватеров, и малую транспортную скорость.

Поэтому наиболее эффективным следует признать способ транспортировки оборудования наплаву, использующий плавучесть груза (закон Архимеда) и не требующий применения водных транспортных средств, кроме буксиров. При этом способе существенно упрощается погрузка (выгрузка) оборудования, осуществляемая посредством тяговых полиспастов и наклонных балок. Нормативные документы в этом случае регламентируют только диаметр оборудования 10 м и его длину — 100 м без ограничения массы при условии обеспечения полной герметичности и надежности крепления буксирных канатов. Однако указанный диаметр аппарата требует глубокого фарватера, поэтому способ получил распространение для транспортировки по открытой воде.

Очевидно, что стальные конструкции, машины и другие грузы не приспособлены для такого вида транспортировки и, наоборот, вертикальные аппараты колонного типа, емкости, трубные заготовки и другое аналогичное оборудование после герметизации свободно держится наплаву и может быть отбуксировано в заданное место. Как правило, указанное оборудование имеет надежное антикоррозийное покрытие и не требует дополнительных консервационных работ. Транспортировку КТО на плаву осуществляют в соответствии с требованиями Речного и Морского регистров судоходной инспекции и службы безопасности движения на воде, основным из которых является исключение вращения оборудования. С целью придания аппарату устойчивости в воде к нему крепят киль или противовес *10*, роль которого обычно выполняет корабельная цепь. В зависимости от глубины фарватера реки цепь подвешивают в 2...3 ветви, чтобы она не волочилась по дну, а на море распускают во всю длину. Иногда с двух сторон аппарата укрепляют понтоны или загружают внутрь его балласт — мешки с песком. Выступающие штуцеры и люки, расположенные в нижней части аппарата, защищают от возможных повреждений особенно на водоемах с ограниченной глубиной фарватера.

При большой ширине фарватера (морские и озерные перевозки) длина буксирного каната должна быть 150...200 м (рис. 138, *б*). Середину буксирного каната следует пригрузить для создания стрелы прогиба, ликвидирующей рывки и динамические нагрузки при буксировании или отдавать предпочтение канатам из искусственных волокон, имеющим большие упругие деформации при нагружении. Средняя скорость буксировки по рекам 10 км/ч, а по морю — около 20 км/ч.

Допускается одновременная транспортировка одним буксиром *7* в едином караване нескольких разноразмерных аппаратов *9*, связанных буксирными канатами *8*. По рекам с интенсивным движением судов аппараты диаметром до 5 м перевозят на плаву рядом, связанными между собой,

чтобы не занимать фарватер длинной кильватерной колонной. В случае малой ширины фарватера и наличии встречного движения применяют два буксира (рис. 138, *в*). При этом задний буксир направляет движение аппарата по фарватеру. Либо буксируемый аппарат пришвартовывают к борту попутной баржи, что обеспечивает минимальные затраты на транспортировку (рис. 138, *г*). Транспортируемое оборудование должно иметь габаритные огни и световую сигнализацию.

§ 9. Специальный транспорт

Для транспортировки различных строительно-монтажных грузов, включая укрупненные блоки оборудования и конструкции, в условиях бездорожья применяют самолеты, вертолеты, средства на воздушной подушке и дирижабли.

Самолеты применяют для срочной доставки необходимых грузов. Так, самолет-гигант АН-22 «Антей» грузоподъемностью 80 т предназначен для взлета (посадки) с временных взлетно-посадочных полос.

Идея применения летательных аппаратов (ЛА) при производстве СМР зародилась давно, однако ее практическая реализация началась в 1959 г. с применения вертолетов. Вертолет как ГПМ независим от наземных условий монтажной площадки, обладает высокой мобильностью, поднимает грузы на сооружения любой высоты и совмещает производство монтажных работ с транспортировкой грузов на большие расстояния. Дополнительные преимущества вертолетов обеспечивает их способность взлетать и садиться вертикально, двигаться с любой малой скоростью и зависать неподвижно в заданной точке пространства. Следует отметить, что последняя операция требует большого напряжения и высокого мастерства пилота, зависит от погодных условий и по времени не должна превышать 5...6 мин. К недостаткам вертолетного монтажа необходимо отнести ограниченную грузоподъемность, наличие отбрасываемого несущим винтом потока воздуха, воздействующего на груз и затрудняющего работу людей в монтажной зоне, и влияние метеоусловий (температура воздуха, давление, направление и скорость ветра, его стабильность), а также высоты на грузоподъемность и высокую стоимость эксплуатации.

Современный вертолет состоит из фюзеляжа (корпуса), в котором размещены экипаж, груз и оборудование; несущей системы (винтов, колонки), обеспечивающей создание подъемной силы и перемещений вертолета; силовой установки с трансмиссией, приводящей во вращение несущий

и рулевой винты; системы управления и посадочных орнанов (шасси). В зависимости от числа и расположения несущих винтов существует несколько схем вертолетов: одновинтовая, соосная, поперечная и продольная. В отечественном вертолетостроении получили распространение две первые схемы. Вертолеты одновинтовой схемы имеют один несущий и один рулевой винт. Последний, установленный на длинной хвостовой балке машины, воспринимает реактивный (разворачивающий) крутящий момент, создаваемый основным несущим винтом, и выполняет роль руля поворота. Такая конструкция снижает маневренность вертолета. Вертолеты с двумя соосными несущими винтами имеют короткую хвостовую часть и наиболее компактны. Реактивный крутящий момент при такой схеме не возникает, так как винты имеют противоположные направления вращения. Рулевой винт также отсутствует, а его роль выполняют обычные аэродинамические рули безопасности.

В отечественной практике монтажных работ в основном применяют средние вертолеты МИ-8 и тяжелые МИ-6 и МИ-10К. Последний представляет собой первый советский вертолет-кран с установленной под носовой частью фюзеляжа нижней кабиной для пилота-оператора, обеспечивающей необходимую видимость, включая висящий на

Рис. 139. Монтажный вертолет-кран МИ-10К

внешней подвеске груз и всю монтажную зону. Для производства СМР вертолет оснащают специальной канатной внешней подвеской (рис. 139). Основные летно-технические характеристики вертолетов приведены в табл. 40.

В ближайшее время на смену указанным вертолетам придут более мощные машины Ка-32, МИ-12, МИ-17 и МИ-26, имеющие грузоподъемность от 5 до 40 т и лучшие другие характеристики. Однако основной неустранимый недостаток, присущий всем конструкциям вертолетов (аэродинамическая подъемная сила, создаваемая винтом), обуславливает поиск новых типов ЛА, потенциально обладающих значительной грузоподъемностью и предназначенных для выполнения СМР.

Способностью висеть над монтажной зоной, сохраняя при этом все преимущества вертолета, обладают летальные аппараты легче воздуха (ЛАВЛ), например дирижабли и комбинированные системы типа вертостатов (дирижабль, снабженный винтами). Несущую способность дирижабля обеспечивает аэростатическая подъемная сила газа легче воздуха, например, гелия, чем достигается большая грузоподъемность (более 500 т). Вертикальные перемещения обеспечиваются системой управления аэростатической силой, а горизонтальные — двигателями, мощность которых в 10 раз меньше мощности двигателей вертолетов. К другим преимуществам следует отнести отсутствие мощных ветровых потоков в монтажной зоне и устойчивое висение в воздухе при внезапном отказе двигателя. Основными недостатками являются значительные габариты, высокая стоимость газа, малая устойчивость в режиме висения вследствие большой парусности конструкции, сложная система управления аэростатической подъемной силой (компенсация воздействия массы груза после его расстроповки) и сложные наземные службы.

Таблица 40. **Основные летно-технические характеристики вертолетов**

Параметры	МИ-8	МИ-6	МИ-10К	S-64 «Скойкрейн», США
Максимальная масса груза (т), перевозимого:				
на внешней подвеске	3	8	11	9,1
в грузовом отсеке	4	12	3	—
Максимальная грузоподъемность на монтажных работах, т	3	6	9	7,5
Взлетная масса, т	12	42,5	43,45	21
Диаметр несущего винта, м	21,3	35	35	22
Наибольшая транспортная скорость, км/ч	230	300	235	200
Потолок динамический, км	4,5	4,5	3	3,9
Наибольшая продолжительность полета, ч	2,1	5	3,5	—
Максимальная дальность полета, км	680	1160	750	—
Двигатели:				
мощность, кВт	1110	4070	4070	3300
количество, шт.	2	2	2	2
Год начала эксплуатации	1968	1962	1976	1970

В условиях нашей страны применение самолетов-гигантов типа «Антей», вертолетов и дирижаблей большой грузоподъемности имеет большую перспективу, однако в настоящее время на СМР широкое применение получили только вертолеты.

В последнее время начали применять перемещение грузов с использованием «воздушной подушки» (слоя воздуха). Устройство представляет собой металлическую платформу (поддон), снизу по периметру которой закреплено гибкое ограждение, так называемая юбка, выполненная из упругой ткани. Под платформу через выходные отверстия (сопла) подают сжатый воздух, который, истекая через зазор между краем юбки и дорогой (2...5 мм), создает воздушную подушку и приподнимает транспортное средство вместе с грузом.

Современные транспортные средства на воздушной подушке делят на три основные группы: суда на воздушной подушке (СВП), наземные транспортные средства (НТСВП) и транспортно-технологические (ТТСВП), а также по давлению воздушной подушки: низкое — 0,002...0,007 МПа и высокое — 0,01...0,05 МПа.

Воздушная подушка, выполняя опорную функцию, воспринимает значительную часть сосредоточенной рабочей нагрузки и превращает ее в распределенную. Существенным преимуществом рассматриваемых НТСВП является равномерное, в отличие от катков и колес, распределение нагрузки на основание. Так, давление НТСВП почти в 10 раз меньше, чем у гусеничных машин, и в 100 раз меньше, чем у колесных. Поэтому НТСВП применяют в условиях отсутствия дорог с требуемой несущей способностью, мелководья, порожистых рек, заболоченной и песчаной местности, снежной поверхности (подушка низкого давления) и на дорогах с твердым покрытием, ледяной поверхности и пр. (подушка высокого давления). Кроме того, благодаря крайне малому давлению на грунт (0,002...0,0025 МПа) воздушная подушка оказывает незначительное воздействие на растительный и моховый покров тундры, не нанося ей экологического ущерба. Т. е., другими словами, НТСВП является единственным средством, разрешенным к эксплуатации в развивающихся районах крайнего Севера.

Следует отметить, что изменяя угол наклона выходных сопел по отношению к вертикальной оси, т. е. воздушных струй, можно за счет создания горизонтальной составляющей реактивной силы истекающего воздуха обеспечить самостоятельное передвижение платформы. Проходимость

платформы определяется проходимостью тягача. Она способна преодолевать одиночные препятствия высотой до 0,4 м, канавы шириной до 2,5 м и глубиной до 0,5 м, насыпи (с плогими склонами) высотой до 1,2 м и пр.

К недостаткам, сдерживающим широкое внедрение НТСВП в практику СМР, следует отнести большую мощность привода, отсутствие компактных автономных компрессоров, надежных материалов для юбки, качественных дорог и пр.

§ 10. Основные правила эксплуатации

При транспортировке оборудования особое внимание необходимо обращать на соблюдение требований ППР и правил безопасности.

При определении общей массы автопоезда (ПС) следует суммировать массы груза, тягача и трейлера. В результате переменной скорости движения (трогание с места, разгон и особенно торможение) возникают силы инерции, стремящиеся сдвинуть оборудование с транспортного средства. При движении по кривой, кроме продольных возникают и поперечные силы инерции. Наибольшие силы инерции возникают в процессе торможения. Для надежного фиксирования оборудования необходимо, чтобы силы трения между ним и транспортным средством превосходили по величине указанные силы инерции.

В случае, когда веса оборудования оказывается недостаточно для создания надежных сил трения, под оборудование подкладывают клинья, крепят болтами, надевают стальные хомуты, затягиваемые винтовыми стяжками, или привязывают стальными канатами. Затяжка должна обеспечивать дополнительные силы трения, при которых оборудование будет надежно фиксировано. При движении по искусственным сооружениям (мосты, путепроводы, тоннели и пр.) и на криволинейных участках трассы (поворотах) с узкой полосой движения (особенно на дорогах местного значения) необходимо следить за габаритом груза, не допуская выхода его за пределы транспортного коридора и потери устойчивости тягача или транспортного средства. Скорость движения при этом не должна превышать 10 км/ч. Транспортировку можно производить только по специальному разрешению, выдаваемому органами ГАИ заблаговременно после соответствующего согласования маршрута движения. При этом на автопоезде должны быть установлены необходимые предупреждающие знаки

и внешние световые сигнальные приборы в соответствии с требованиями ПДД.

Транспортировка грузов по железной дороге имеет свои особенности. Схема погрузки, размещение и способ крепления груза на платформе должны соответствовать техническим условиям и подлежат согласованию с органами МПС СССР. Погрузочная площадка должна быть спланирована и укатана, а уровень ее и прилегающего участка железнодорожного пути должны быть горизонтальны. Размеры груза должны вписываться в транспортный габарит по ГОСТ 9238—83.

Не менее сложной операцией является погрузка (выгрузка) оборудования на транспортное средство. Для этого применяют инвентарные ГПМ или вспомогательные механизмы: домкраты, ломы (рычаги) и пр.

Контрольные вопросы

1. Для чего предназначены транспортные машины и как их классифицируют?
2. Какие грузовые автомобили применяют для транспортирования грузов? Что такое внедорожный автомобиль?
3. Как устроен и работает автомобиль? Что такое трансмиссия? Объясните термин.
4. Для чего нужен дифференциал?
5. Какие новые автомобили появятся в XII пятилетке? Изложите их преимущества.
6. В чем состоит принципиальное отличие трактора от автомобиля?
7. Как устроен и работает гусеничный трактор?
8. Для каких целей предназначены тягачи?
9. В чем состоит отличие полуприцепа от прицепа и какие они бывают?
10. Что такое погрузчик и какие они бывают? Как работает грузоподъемник?
11. Какие транспортные машины применяют для транспортирования грузов по железной дороге?
12. Какие преимущества обеспечивает водный транспорт перед другими видами транспорта?
13. Что такое баржа-площадка и водометный буксир? Какие преимущества они обеспечивают?
14. Как осуществляют транспортировку оборудования наплаву?
15. Какие транспортные машины относят к специальному транспорту и как его классифицируют?
16. Как устроен и работает монтажный вертолет-кран? Назовите его марку?
17. В чем состоят преимущества дирижаблей и вертостатов перед вертолетами?
18. На чем основан принцип «воздушной подушки»? Как она работает и где ее применяют?
19. Какие мероприятия по технике безопасности необходимо соблюдать при проведении транспортных операций?
20. Для чего предназначены и как устроены специализированные транспортные устройства? Кем они разработаны?

Раздел IV ЭКСПЛУАТАЦИЯ МАШИН

Глава XIV
ОРГАНИЗАЦИЯ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАШИН

§ 1. Общие требования безопасности

Эксплуатацию грузоподъемных, транспортных машин и такелажных средств осуществляют в соответствии с требованиями основных нормативных документов (см. § 5 во введении), а их надежность и работоспособность (исправное состояние) обеспечивают правильной организацией технического надзора и систематического технического освидетельствования. Соблюдение указанных документов при проектировании, расчете, изготовлении и эксплуатации машин является обязательным для всех отраслей народного хозяйства страны.

При расчете, проектировании и изготовлении машин необходимо строго соблюдать нижеследующие основные технические требования (изложенные в соответствующих разделах учебника):

— конструкция, компоновка и размещение механизмов (узлов) должны обеспечивать удобные условия работы, свободный доступ для проведения технического освидетельствования, безопасную эксплуатацию, монтаж, обслуживание и ремонт машины;

— должна быть обеспечена требуемая устойчивость машины на всех режимах эксплуатации;

— приводы механизмов должны быть защищены кожухами;

— электрические, гидравлические и пневматические аппараты должны быть доступны для обслуживания;

— машины должны быть оснащены тормозами, приборами и устройствами безопасности, средствами контроля, сигнализации и электробезопасности, рабочими площадками и др.;

— все ГПМ и такелажные средства, кроме гусеничных стреловых самоходных кранов, должны быть заземлены.

Рабочие зоны кранов отнесены к зонам с постоянно действующими опасными производственными факторами (опасная зона), которые в соответствии с требованиями

ГОСТ 23407—78 должны быть ограждены во избежание доступа посторонних лиц. Опасная зона вблизи движущихся деталей (рабочих органов) кранов составляет 5 м, если в паспорте машины или инструкции завода-изготовителя отсутствуют другие повышенные требования. Границы опасных зон (от горизонтальной проекции траектории наибольшего габарита груза), связанные с возможным падением перемещаемого груза, приведены ниже.

Высота возможного падения груза, м	Граница опасной зоны, м	Высота возможного падения груза, м	Граница опасной зоны, м
До 20	7	120...200	20
20...70	10	200...300	25
70...120	15	300...450	30

Особую опасность представляет работа самоходных стреловых кранов вблизи выемок (котлованов, траншей и пр.) с неукрепленными откосами. Устанавливать кран в такой ситуации разрешено за пределами призмы обрушения грунта на расстоянии по горизонтали от основания откоса выемки до ближайшей опоры машины в соответствии с требованиями ППР или согласно данным табл. 41.

Таблица 41. **Допустимые расстояния от основания откоса выемки до ближайшей опоры машины, м**

Глубина выемки, м	Грунт			
	песчаный	супесчаный	суглинистый	глинистый
1	1,5	1,25	1	1
2	3	2,4	2	1,5
3	4	3,6	3,25	1,75
4	5	4,4	4	3
5	6	5,3	4,75	3,5

Работу ГМП и такелажных средств следует осуществлять в соответствии с технологическими картами, ППР, инструкциями, правилами, нормами и другими нормативными документами, регламентирующими требования безопасности при производстве данного вида СМР.

Согласно требованиям СНиП III-4—80 и ГОСТ 12.1.013—78 установка (работа) самоходного стрелового крана на расстоянии ближе 30 м от крайнего провода воздушной линии электропередачи (ЛЭП) напряжением более 36 В разрешена только при наличии письменного разрешения организации-владельца ЛЭП; наряда-допуска на

производство СМР в охранной зоне ЛЭП, подписанного главным инженером предприятия, производящего работы, и лицом, ответственным за безопасную эксплуатацию электрохозяйства, а также штампа в путевом листе крана, запрещающего его самовольную установку в зоне ЛЭП. Работы ведут под непосредственным руководством лица, ответственного за безопасное производство работ по перемещению грузов кранами, после соответствующего инструктажа машиниста, имеющего квалификационную группу по электробезопасности не ниже II, и стропальщика. Перед началом работ напряжение в ЛЭП отключают. При невозможности отключения ЛЭП переменного тока работа кранов разрешена при условии, что расстояние от вертикальной плоскости, проходящей через ближайший провод ЛЭП, до любой детали крана не менее указанного ниже:

Напряжение ЛЭП, кВ	до 1	1...20	35...110	150...220
Наименьшее расстояние, м	1,5	2,0	4,0	5,0

Продолжение

Напряжение ЛЭП, кВ	330	500...750	800 (постоянный ток)
Наименьшее расстояние, м	6,0	9,0	9,0

Работа стреловых кранов под контактными проводами городского электротранспорта, находящимися под напряжением, разрешена при установке на кране автоматического сигнализатора любого типа, обеспечивающего расстояние между проводами и стрелой крана не менее 1 м.

При установке стрелового крана для работы необходимо обеспечивать свободный коридор шириной не менее 1 м между любой точкой поворотной платформы крана (при любом его положении) и строениями, конструкциями, штабелями грузов и другими предметами. Устанавливать кран на неподготовленное основание (свеженасыпанный, неутрамбованный грунт, снег, лед и пр.), а также на площадке с уклоном, превышающим указанный в паспорте машины, запрещено.

Так как современные ГМП и особенно перемещаемые грузы (монтируемое оборудование) имеют большие подветренные поверхности, то воздействие ветра оказывает большое влияние на их эксплуатацию. Поэтому при производстве СМР обязательно учитывать скорость ветра. Нормативные документы запрещают монтировать технологическое оборудование и конструкции с применением любых

ГПМ и такелажных средств при силе ветра 6 баллов и более (10 м/с). С учетом реальных условий производства СМР и типа перемещаемого груза, а также при условии принятия соответствующих мер в отдельных случаях производство работ может быть разрешено и при более сильном ветре. Стреловые краны общего назначения рассчитаны на восприятие ветровых нагрузок при силе ветра до 8 баллов (15 м/с). Для визуальной оценки силы ветра (в случае отсутствия обоснованных метеорологических сведений) следует пользоваться критериями, приведенными в приложении V.

§ 2. Техническая документация по эксплуатации кранов

Объем и содержание эксплуатационной документации регламентирует ГОСТ 2.601—68 (СТ СЭВ 1798—79). Каждый кран, поступивший на предприятие с завода-изготовителя, должен иметь паспорт (ПС), в котором приведены основные параметры и характеристики крана, гарантированные заводом-изготовителем.

Техническое описание (ТО) предназначено для изучения крана и содержит описание его устройства и принципа действия, технические характеристики и другие сведения, необходимые для полной реализации технических возможностей машины.

Типовая инструкция по эксплуатации (ИЭ) содержит сведения, необходимые для правильной эксплуатации (транспортирования, хранения, работы и технического обслуживания) крана и поддержания его в постоянной готовности к действию. На основании инструкции завода-изготовителя эксплуатирующее предприятие разрабатывает свою инструкцию по эксплуатации, которая отражает данную специфику работы. Обычно в нее входят права, обязанности и ответственность обслуживающего персонала; порядок приемки и сдачи смены; последовательность пуска и остановки машины; последовательность выполнения технологических операций; порядок технического обслуживания и устранения неисправностей; правила техники безопасности.

Инструкция по техническому обслуживанию (ИО) содержит порядок и правила выполнения технического обслуживания крана в различных условиях эксплуатации.

Указанная инструкция может входить составной частью в ИЭ.

Ведомость запасных частей, инструмента и принадлежностей (ЗИП) устанавливает номенклатуру, назначение, количество и места укладки ЗИП и материалов, необходимых для эксплуатации и ремонта крана на начальной стадии применения.

На предприятии, эксплуатирующем краны, необходимо вести журнал периодических осмотров крана и крановых путей — крановый журнал. Записи в этом журнале производят слесари и электромонтеры, которым поручают осмотр кранов в сроки, установленные графиком планово-предупредительного ремонта ППР. В журнале должны быть указаны лица, ответственные за исправное техническое состояние крана и его эксплуатацию, а также места их нахождения. При отсутствии специального журнала в данный записывают сведения о состоянии съемных инвентарных грузозахватных устройств и тары. Настоящий журнал является юридическим документом при решении вопросов, связанных с эксплуатацией, техническим состоянием и ремонтом крана, а также инвентарных грузозахватных устройств. Форму журнала и характер записей в нем устанавливает администрация предприятия. Запись об устранении неисправностей производят лица, их устранившие.

Каждый кран должен иметь пронумерованный журнал приемки и сдачи смен машинистами (вахтенный журнал), в который заносят замечания по техническому состоянию крана. Ведение журнала ежедневно проверяет механик и электрик цеха (участка).

Кроме указанных журналов администрация выдает машинисту производственную инструкцию, содержащую основные положения безопасного производства работ и техники безопасности при эксплуатации и обслуживании крана.

Крановый и вахтенный журналы вместе с инструкциями хранят в кабине управления краном, а при проведении капитального ремонта журналы и инструкцию по эксплуатации передают на ремонтное предприятие.

Экземпляр производственной инструкции вывешивают в кабине управления вместе с краткой инструкцией по технике безопасности и противопожарной инструкцией, перечнем наиболее часто перемещаемых грузов, с указанием их массы, расположения центра тяжести и рекомендуемых схем строповки.

§ 3. Регистрация и техническое освидетельствование машин

Все ГПМ, кроме кранов мостового типа, управляемых с пола, и легких строительных кранов грузоподъемностью до 1 т, подлежат регистрации в органах Госгортехнадзора СССР, а транспортные машины — в органах ГАИ МВД СССР. Такелажные средства не подлежат регистрации, так как они не поднадзорны Госгортехнадзору СССР, однако основные правила их эксплуатации аналогичны Правилам по кранам. Регистрацию производят на основании письменного заявления администрации предприятия, паспорта машины и актов технического освидетельствования (только для ГПМ).

Перед регистрацией ГПМ администрация предприятия должна назначить (из числа инженерно-технических работников) лицо, ответственное по надзору, в обязанности которого входит проведение технического освидетельствования машин и контроль за выполнением нормативных документов. Указанное ответственное лицо непосредственно подчинено главному инженеру предприятия или его заместителю по технике безопасности. Кроме этого, необходимо назначить лица, ответственные за содержание ГПМ в исправном состоянии и за безопасное производство работ по перемещению грузов ГПМ. Все ответственные лица должны быть оформлены приказом по предприятию (по форме, рекомендованной Госгортехнадзором СССР) после проверки комиссией предприятия знания ими нормативных документов и выдачи на руки соответствующих документов. Копию приказа также необходимо представить для регистрации ГПМ совместно с указанием Ф. И. О. машиниста и стропальщика, закрепленных за машиной. Периодичность проверки знаний ответственных лиц — не реже одного раза в три года. В приказе о назначении ответственных должностных лиц указывают фамилии, имя и отчество, должности, номера и даты выдачи удостоверений, а также порядок замещения на время их отсутствия по причине отпуска, болезни и пр.

При регистрации передвижных ГПМ к паспорту прилагают акт, подтверждающий качество выполнения монтажных работ в соответствии с инструкцией завода-изготовителя по монтажу крана, подписанный ответственным представителем организации, монтировавшей кран, чертеж его установки с указанием расположения токоподвода и посадочной площадки, безопасных расстояний и проходов, а так-

же справку о том, что крановый путь рассчитан на работу данной ГПМ.

В соответствии с требованиями Правил по кранам все ГПМ и ГУ перед пуском в работу и в процессе эксплуатации подлежат техническому освидетельствованию, которые разделяют на полные, проводимые не реже одного раза в 3 года, и частичные, проводимые через каждые 12 месяцев эксплуатации. Целью технического освидетельствования является проверка исправного состояния ГПМ, обеспечения ее безопасной работы и соответствия условий работы требованиям Правил по кранам, поэтому отдел технического контроля (ОТК) завода-изготовителя проводит полное техническое освидетельствование (первичное) всех выпускаемых ГПМ перед отправкой их потребителю. Полное техническое освидетельствование редко используемых машин проводят через каждые 5 лет. Полное техническое освидетельствование ГПМ производят также после капитального ремонта, включающего замену (ремонт) металлоконструкций или механизма подъема груза.

При полном техническом освидетельствовании производят осмотр, статическое и динамическое испытания крана. При частичном освидетельствовании производят только осмотр крана (испытания грузом не производят). Визуальным осмотром — без опробывания в работе и разборки устанавливают надежность механизмов и узлов машины. При этом проверяют все механизмы и оборудование, приборы и устройства безопасности, тормоза и аппаратуру управления. Особенно тщательно осматривают металлоконструкции крана и состояние сварных соединений на отсутствие трещин и деформаций, крепление кабины управления, лестниц, площадок и ограждений. Также проверяют степень износа зева грузового крюка, легкость его вращения в траверсе, надежность стопорного устройства и других деталей крюковой подвески; состояние канатов и надежность концевых креплений; работоспособность блоков; наличие заземления и нулевой блокировки; состояние крановых путей и пр. После устранения выявленных неисправностей кран подвергают испытанию грузом.

Для проверки прочности и работоспособности ГПМ в целом, а также устойчивости стреловых кранов проводят статические испытания, при которых машина поднимает контрольный груз, превышающий на 25 % грузоподъемность, на высоту 200 ... 300 мм и удерживает его в таком положении в течение 10 мин. Первичное статическое испытание стреловых кранов производят при наименьшем и наиболь-

шем вылетах стрелы с учетом соответствующей грузоподъемности при установке поворотной платформы крана в положение, соответствующее его наименьшей устойчивости. Периодические испытания кранов проводят только в положении, соответствующем его наибольшей грузоподъемности. Краны, грузоподъемность которых не зависит от вылета стрелы, испытывают при наибольшем вылете (например, консольные и башенные краны со стрелой балочного типа). Краны мостового типа испытывают при положении тележки посередине пролета моста, соответствующем его наибольшему прогибу. Одновременно испытывают съемные ГУ.

ГПМ считают выдержавшей статические испытания, если в течение 10 мин не произошло самопроизвольное опускание груза, не обнаружены остаточные деформации металлоконструкций, не наблюдалась потеря устойчивости стреловых передвижных кранов и отсутствовали какие-либо отказы машины. Только после этого кран подвергают динамическому испытанию для проверки его надежности. Суть указанных испытаний состоит в выполнении всех рабочих движений ГПМ (проверке работы механизмов) с контрольным грузом, превышающем на 10 % ее грузоподъемность с учетом вылета стрелы. При этом проверяют работу приборов и устройств безопасности. Если на одном механизме ГПМ установлены два и более тормоза, то работу каждого из них контролируют отдельно.

Техническое освидетельствование ГПМ на предприятии проводит лицо, ответственное по надзору, в присутствии лица, ответственного за содержание ГПМ в исправном состоянии. Результаты освидетельствования записывают в паспорт крана и журнал. При условии получения удовлетворительных результатов осмотра и испытаний лицо, ответственное по надзору, дает письменное разрешение на эксплуатацию ГПМ с указанием сроков следующего освидетельствования. При наличии опасных дефектов работа ГПМ запрещена.

Транспортные машины регистрируют в органах ГАИ, МВД СССР, где они ежегодно проходят технический осмотр. Проведение специальных испытаний таких машин нормативные документы не предусматривают.

§ 4. Расчет устойчивости стреловых кранов

Во избежание опрокидывания все передвижные поворотные (свободностоящие) краны должны обладать достаточным запасом устойчивости. Устойчивостью крана против опро-

кидывания называют его способность противодействовать опрокидывающим моментам от веса перемещаемого груза, динамических, ветровых нагрузок и уклона основания. Условием сохранения устойчивости крана является равенство (превышение) удерживающего момента от веса самого крана сумме опрокидывающих моментов, действующих относительно ребра опрокидывания крана, т. е. линии опорного контура, относительно которой возможно опрокидывание машины. Для кранов на рельсовом ходу ребром опрокидывания является линия, проходящая через центры ходовых тележек.

Расчет устойчивости стреловых кранов производят согласно п. 34 Правил по кранам, а башенных — в соответствии с требованиями ГОСТ 13994—81. При этом различают грузовую устойчивость — при работе крана с грузом и собственную устойчивость — при отсутствии груза на крюке (соответственно для рабочего и нерабочего состояния крана) в условиях, когда действующие нагрузки имеют наиболее неблагоприятное сочетание в отношении опрокидывания крана. Кроме того, ГОСТ 13994—81 требуеет проверки устойчивости башенных кранов при внезапном снятии нагрузки (обрыв каната) и в процессе проведения монтажа (демонтажа) крана. Для удобства практических расчетов применяют коэффициент грузовой устойчивости крана — отношение суммарного момента, создаваемого весами всех частей крана относительно ребра опрокидывания, с учетом дополнительных нагрузок (ветровой; от действия инерционных сил, возникающих при пуске /торможении/ механизмов крана, и составляющих сил тяжести частей крана от уклона основания) к моменту от веса груза. Коэффициентом собственной устойчивости крана называют отношение суммарного момента, создаваемого весами всех частей крана с учетом уклона основания в сторону опрокидывания относительно ребра опрокидывания, к моменту, создаваемому ветровой нагрузкой относительно того же ребра опрокидывания.

Согласно требованиям Правил по кранам значения коэффициентов грузовой и собственной устойчивости кранов должны быть не менее 1,15. При этом для кранов на рельсовом ходу, удерживаемых в нерабочем состоянии противоугонными устройствами за головки рельсов, расчет устойчивости производят без учета действия этих устройств, дополнительный удерживающий момент от действия которых идет в запас устойчивости.

Необходимо помнить, что устойчивость крана должна

быть обеспечена при продольном и поперечном расположении стрелы относительно продольной оси машины. Как правило, колея крана обычно меньше его базы, поэтому более опасным, а следовательно, и расчетным случаем является поперечное расположение стрелы относительно крана. Помимо этого, Правила по кранам требуют проверки грузовой устойчивости крана при направлении стрелы под углом $\pi/4$ рад к продольной оси машины с учетом дополнительных касательных сил инерции. При проверки грузовой устойчивости рассматривают положение крана с номинальным грузом, находящимся на максимальной высоте, а уклон основания и направление действия ветровой нагрузки принимают способствующими опрокидыванию крана в сторону груза (рис. 140, *а*).

Коэффициент грузовой устойчивости определяют по формуле

$$K_1 = (M_ч - \Sigma M_{ин} - M_в)/M_{гр} \geqslant 1{,}15,$$

где $M_ч$ — суммарный момент от веса частей крана и противовеса с учетом уклона основания, Н·м; $\Sigma M_{ин}$ — суммарный момент от сил инерции частей крана и груза, действующий в период неустановившегося движения механизмов с учетом центробежной силы при вращении кранов, Н·м; $M_в$ — момент от ветровой нагрузки рабочего состояния, действующий перпендикулярно ребру опрокидывания и параллельно основанию на наветренную площадь крана и груза, Н·м; $M_{гр}$ — момент, создаваемый весом груза относительно ребра опрокидывания (точки A), Н·м. Знаки моментов зависят от направления их приложения относительно ребра опрокидывания.

При определении $\Sigma M_{ин}$ следует учитывать возможное совмещение операции подъема (опускания) груза с поворотом крана. В случае передвижения крана с грузом на крюке проверку грузовой устойчивости производят в направлении движения.

Правила по кранам также требуют определять значение коэффициента грузовой устойчивости крана без учета дополнительных нагрузок и уклона основания. При этом

$$K_1' = M_ч'/M_{гр} \geqslant 1{,}4$$

где $M_ч'$ — суммарный момент от веса частей крана и противовеса без учета уклона основания, Н·м.

При проверке собственной устойчивости крана его рассматривают без груза, при минимальном вылете стрелы, наличии уклона и ветровой нагрузки нерабочего состояния,

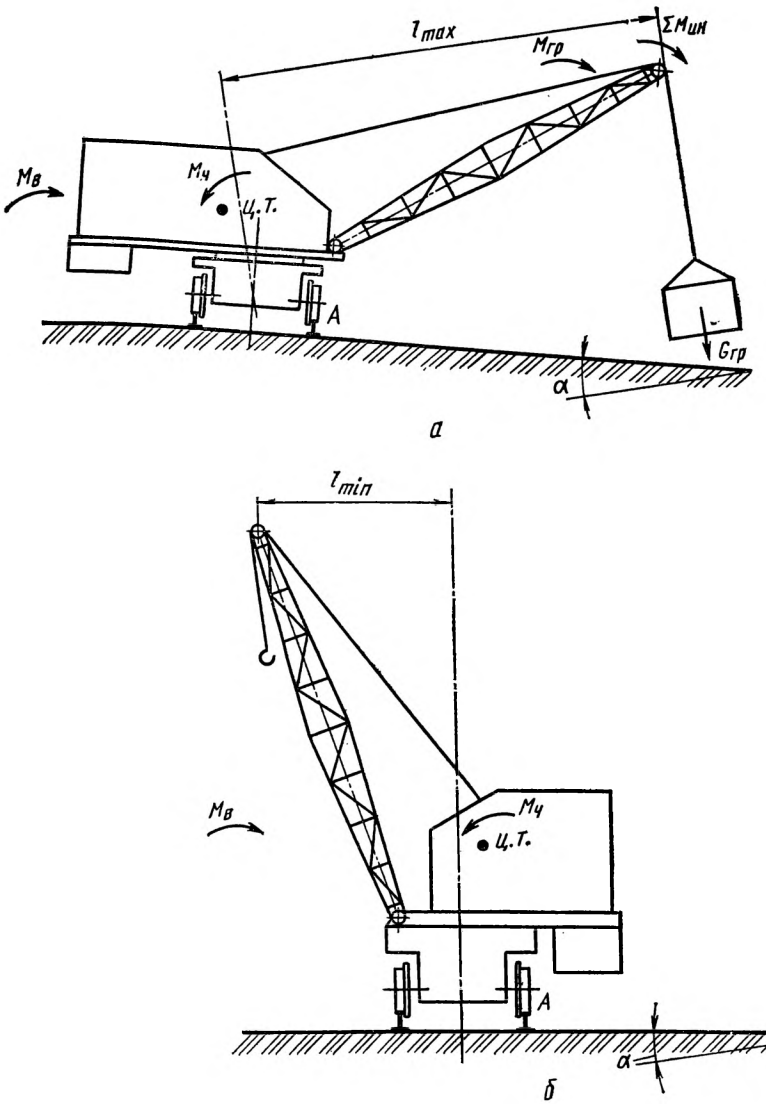


Рис. 140. Схема к расчету устойчивости стрелового крана (*а* — грузовой; *б* — собственной)

направленных в сторону опрокидывания (противовеса) — рис. 140, *б*.

Коэффициент собственной устойчивости определяют по формуле

$$K_2 = M_ч / M'_в \geqslant 1{,}15,$$

где $M'_в$ — момент от ветровой нагрузки нерабочего состояния, действующий на наветренную площадь крана перпендикулярно его ребру опрокидывания и параллельно основанию, Н·м.

При проверке собственной устойчивости крана влияние дополнительных опор и стабилизаторов не учитывают. В соответствии с требованиями Правил по кранам грузовую устойчивость кранов проверяют не только расчетом, но и испытаниями на заводе-изготовителе и на строительно-монтажной площадке при проведении технических освидетельствований. Остальные виды устойчивости проверяют только расчетом.

§ 5. Автомобильные подъемники и монтажные вышки

В отличие от рассмотренных выше ГПМ автомобильные подъемники и монтажные вышки предназначены для подъема рабочих, инструмента и небольших грузов на высоту при производстве СМР и ремонте оборудования. Рабочим органом подъемника (вышки) является люлька (площадка), обеспечивающая безопасные условия работы людей.

По назначению автомобильные подъемники и вышки разделяют на общего и специального применения, а по конструкции рабочего оборудования — на коленчатые рычажные подъемники, телескопические, представляющие собой модификацию телескопической стрелы крана, и шарнирно-рычажные вышки. Автогидроподъемник ВРТ-35 оборудован двухколенчатой рычажной стрелой, нижнее колено которой в свою очередь состоит из трех телескопических секций. Такую конструкцию стрелы называют коленчатой рычажной телескопической. К вышкам также относят и подмости монтажные выдвижные самоходные, например ПВС-12.01. Как правило, подъемники и вышки устанавливают на шасси грузовых автомобилей, тракторов, спецшасси или прицепных тележках, что обеспечивает высокие транспортные скорости и мобильность машины.

Автомобильный подъемник — полноповоротная машина с гидроприводом коленчатой рычажной стрелы, имеющей два или три шарнирно-сочлененные колена (рис. 141, *а*). Привод гидронасоса от коробки отбора мощности базовой

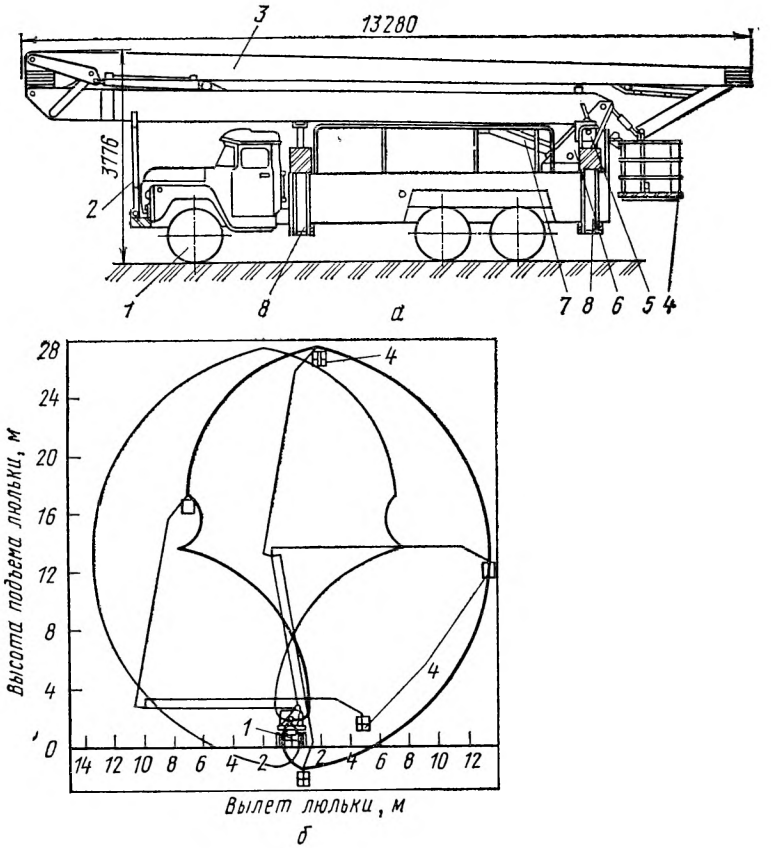


Рис. 141. Автомобильный гидравлический подъемник АГП-28:
а — общий вид; *б* — зона обслуживания; *1* — базовый автомобиль; *2* — опорная стойка; *3* — коленчатая стрела; *4* — люлька; *5* — пульт управления; *6* — поворотная платформа; *7* — гидроцилиндр подъема стрелы; *8* — выносные опоры

машины. Подъемники оснащают одной (двумя) люльками, рассчитанными на двух рабочих. Рабочее оборудование подъемника обеспечивает перемещение люльки в вертикальной и горизонтальной плоскостях, что позволяет обслуживать большую рабочую зону (рис. 141, *б*). В зависимости от рабочих параметров подъемники оборудуют двумя (четырьмя) выносными опорами. Управление положением люльки в пространстве осуществляют с двух пультов, расположенных в люльке и на поворотной платформе подъемника. Выносными опорами управляют только со второго пульта.

Все подъемники оснащают приборами и устройствами безопасности, включающими: систему аварийной остановки двигателя с любого пульта; устройство для опускания люлек вручную при отказе гидросистемы; блокировку включения гидроцилиндра подъема стрелы при неустановленных выносных опорах; специальную следящую систему (рычажную или цепную) ориентации люльки, обеспечивающую строго вертикальное положение ее в пространстве; комплект ограничителей, конечных выключателей, предохранительных клапанов, гидрозамков и пр.

Монтажная вышка имеет в качестве рабочего оборудования секционную телескопическую мачту (телескоп) с люлькой на конце, выдвигаемую при помощи гидроцилиндров или канатно-блочной системы (полиспаста). Очевидно, что люльки вышек имеют только вертикальный подъем, что резко ограничивает рабочую зону машины и создает «мертвую» зону между нижним положением люльки и поверхностью, на которой установлена вышка. Шарнирно-рычажные вышки обеспечивают подъем люльки за счет стягивания двухколенного рабочего оборудования посредством передачи винт — гайка, приводимой в движение электроприводом.

Подмости монтажные представляют собой площадку с перилами, смонтированную на двухстоечной пятисекционной металлоконструкции, установленной на гусеничном ходу. Гусеничный ход имеет два движителя с раздельным реверсивным электроприводом, что позволяет передвигать подмости вперед и назад, а также разворачивать на месте. Подъем (опускание) площадки осуществляют при помощи канатно-блочной системы. Для подъема материалов и инструмента на площадку на ней установлен поворотный консольный кран грузоподъемностью 120 кг. Все механизмы подмостей имеют раздельный электропривод. С целью обеспечения безопасности работы обслуживающего персонала телескопические секции подмостей оборудованы ловителями, срабатывающими при обрыве подъемного каната, а на валу барабана грузовой лебедки установлен центробежный ограничитель скорости опускания площадки.

Управление монтажными вышками и подмостями аналогично управлению автомобильными подъемниками. Все рассматриваемые машины оснащены необходимыми приборами и устройствами безопасности. Основные технические характеристики подъемников, вышек и подмостей приведены в табл. 42.

Таблица 42. **Основные технические характеристики автомобильных подъемников и вышек**

Параметры	Автоподъемники						
	АГП-12А	АГП-18	МШТС-2Т	АГП-22	АГП-28	АКП-30	ВРТ-35
Наибольшая грузоподъемность площадки, кГ	200	350	400	300	300	320	350
Наибольшая высота подъема, м	12	18	17,8	22	28	30	37
Наибольший вылет площадки от оси поворота, м	9	9,3	15,2	10,5	13,5	15	13,25
Скорость:							
подъема площадки, м/с	—	0,15	0,33	0,18	0,17	—	—
передвижения машины, км/ч	50	50	50	50	50	50	50
Частота вращения стрелы, $мин^{-1}$	—	0,5	—	0,5	0,37	—	—
Количество колен (секций) стрелы, шт.	2	2	2	2	3	3	2 (3)
Базовая машина	ГАЗ-53А	ГАЗ-53А	ТДТ-75	ЗИЛ-130	ЗИЛ-133Г1	Урал-375М	КрАЗ-257К
Энергопитание:	Насос С-623	Насос НШ-32Л	—	Насос НШ32Л		—	—
напряжение, В	—	—	—	—	—	—	—
род тока	—	—	—	—	—	—	—
Рабочее давление в гидросистеме, МПа	10	10	—	10	10	16	16
Масса с базовой машиной, т	6	7,2	15,4	8,9	14,6	15,6	24

Продолжение табл. 42

Параметры	Вышки								Подмости монтажные ПВС-12,01
	телескопические					шарнирно-рычажные			
	ТВ-2	ПТГ-12	ТВ-17М	ВТ-23	ТВ-26Е	Ш2СВ-6	Ш2СВ-14	Ш2СВ-18	
Наибольшая грузоподъемность площадки, кГ	150	250	200	200	350	250	300	150	700
Наибольшая высота подъема, м	15,3	12	17	23	26	6,3	13,2	17,2	12,3
Наибольший вылет площадки от оси поворота, м	—	—	—	—	—	4	10,7	10,2	—
Скорость:									
подъема площади, м/с	0,5	0,1	—	0,12	0,3	—	—	—	0,1
передвижения машины, км/ч	50	85	50	50	50	—	—	—	0,9
Частота вращения стрелы, $мин^{-1}$	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Количество колен (секций) стрелы, шт.	3	6	4	5	5	2	2	2	5
Базовая машина	ГАЗ-53А	Тележка	ГАЗ-53А	ЗИЛ-131	ЗИЛ-131А	Электротележка ЭК-2	Спецавтошасси		Специальное гусеничное шасси
Энергопитание:	—	Насос НШ-46	—	—	—	Батареи	Внешняя сеть		Агрегат АБ-8-Т/400М
напряжение, В	—	—	—	—	—	40	220/380	380	380
род тока	—	—	—	—	—	Постоянный	Переменный трехфазный		
Рабочее давление в гидросистеме, МПа	—	10	—	—	—	—	—	—	—
Масса с базовой машиной, т	4,65	1,1	5,35	9	9,6	3	6,2	7,5	4,8

§ 6. Управление монтажными операциями

При производстве СМР управление операциями осуществляют координацией действий всех исполнителей (люди и машины) путем подачи команд. По технологическому содержанию команды могут быть направлены на обеспечение правильности выполнения операций или всего процесса в целом, перемещение машин и механизмов, выполнение ими рабочих движений, снятие и установку монтажных приспособлений и пр. Команды можно подавать исполнителю (машинисту крана, лебедки или др. механизма) или непосредственно на пульт управления машиной (дистанционное управление — рассмотрено в § 4, гл. VII). Команды, подаваемые исполнителям, могут быть речевые и знаковые. Речевые команды подают голосом непосредственно (при работе стреловых самоходных кранов с длиной стрелы не более 10 м) или с помощью средств связи (радио, телефон, телевидение), что повышает точность их восприятия.

Целесообразно применять двухстороннюю связь. Учитывая, что при выполнении СМР исполнители могут находиться в различных местах по высоте и горизонтали (вне пределов прямой видимости), их необходимо обеспечивать соответствующими средствами управления и связи. Знаковые команды подают исполнителям при помощи языка команд— системы сигналов, которой обмениваются между собой руководитель работ, такелажники и стропальщики с машинистами. Общее количество и содержание команд должно быть таким, чтобы их передача и восприятие требовали минимальных затрат времени.

Команды должны быть четкими, предельно ясными и понятными для всех исполнителей, регулировать взаимоотношения исполнителей друг с другом, исключать возможность несогласованности их действий, обеспечивая, при этом, нормальное и безопасное ведение СМР. Знаковые команды (сигнализацию) можно подавать жестами, звуком или светом. Принятые на данном объекте система команд и средства управления производством СМР должны быть установлены ППР с учетом всех конкретных условий и особенностей. Рекомендуемая Госгортехнадзором СССР знаковая сигнализация руками (жестами) или флажками для управления ГПМ приведена в приложении VI. Необходимо отметить, что данные команды получили распространение не только для управления ГПМ и такелажными средствами. Так, команду «Передвинуть кран» применяют и для управления транспортными машинами. Команду «Осторожно»

подают перед любой основной в случае необходимости незначительного перемещения. Указанная команда может быть подана и самостоятельно. Необходимо помнить, что команду «Стоп» подают только в случае возникновения аварийной ситуации, поэтому выполнение ее обязательно вне зависимости от того, кем она подана.

§ 7. Выбор машин

Выбор ГПМ (такелажных средств) для производства СМР представляет собой решение сложной задачи, учитывающей многообразие различных факторов. Исходными данными являются: объемно-планировочное решение монтажной площадки, габариты имеющихся на ней зданий и сооружений; параметры, высотные отметки и положение, в котором следует установить монтируемое оборудование; его номенклатура и количество; технология и методы производства СМР; условия производства работ (наличие и состояние площадок под ГПМ и подъездных путей, складов, близость сооружений и подземных коммуникаций; сезонные и грунтово-климатические условия и др.; наличие в управлении (тресте) механизации необходимых ГПМ; стоимость их машино-смены, степень занятости и пр.

С учетом вышесказанного, единая методика выбора машин в настоящее время отсутствует и каждая проектная организация решает вопрос достаточно субъективно (на основе накопленного опыта).

При выборе ГПМ необходимо установить техническую возможность применения данной марки машины и выполнить технико-экономическое обоснование (ТЭО) ее применения. При определении технических параметров машины (грузоподъемность, вылет стрелы, высота подъема груза) рассматривают базовые модели и их модификации с различными видами сменного рабочего оборудования.

Грузоподъемность ГПМ принимают больше массы монтируемого оборудования.

$$Q = mK_м,$$

где $K_м = 1{,}08...1{,}12$ — коэффициент, учитывающий ориентировочную массу съемного ГУ. Или предварительно определяют фактическую массу съемного ГУ. После чего проверяют соответствие момента, создаваемого монтируемым оборудованием при различных вылетах стрелы крана, во всех стадиях монтажа (с учетом габаритов оборудования и высоты его установки) грузовысотным характеристикам ГПМ (см. рис. 5).

Обычно для решения поставленной задачи по техническим параметрам подходят несколько ГПМ. Эффективность применения той или иной машины оценивают по показателю $П$ — «приведенные затраты».

$$П = C + KE_н,$$

где C — текущие затраты (себестоимость) на производство СМР по сравниваемым вариантам, руб., K — стоимость основных фондов (машин) по сравниваемым вариантам, руб.; $E_н = 0{,}15$ — нормативный коэффициент эффективности.

В свою очередь $C = З_р + Э_р + C_м + H_р$, где $З_р$ — заработная плата рабочих, руб.; $Э_р$ — эксплуатационные расходы, руб.; $C_м$ — стоимость материалов, руб.; $H_р$ — накладные расходы, руб.

Указанные статьи затрат определяют на основе производственных калькуляций по каждому виду СМР для всех сравниваемых ГПМ (такелажных средств). Расчет себестоимости производят в соответствии с требованиями инструкции СН 509—78. Наиболее эффективной считают ГПМ, которой соответствует наименьшее значение П.

Выбор ГПМ можно проиллюстрировать на примере монтажа установки по производству гликолей, состоящей из четырех одинаковых вертикальных аппаратов массой 230 т, диаметром 5 м и высотой 50 м различными методами с применением разных ГПМ. Результаты расчета экономических показателей монтажа установки приведены в табл. 43, которая содержит три варианта (по данным ВНИИмонтажспецстроя).

Анализ результатов расчета показывает, что наиболее эффективным является вариант II (минимальные «приведенные затраты»). III вариант обеспечивает наименьшую трудоемкость СМР и минимальные сроки, однако в денежном выражении он на 60 % дороже, что объясняется высокими затратами по эксплуатации крана «Либхер».

Указанную методику применяют при выборе ГПМ для монтажа технологического оборудования (конструкций). В случае применения ГПМ на погрузочно-разгрузочных работах при сравнении вариантов необходимо дополнительно учитывать производительность машин.

Под производительностью машин понимают количество продукции, произведенной в единицу времени. Эксплуатационную среднечасовую производительность ГПМ характеризует масса перемещенных за 1 машино-час работы грузов с учетом поправочных коэффициентов

$$П_{э.ч} = \frac{60QK_г K_в}{T_ц}, \text{ т/ч},$$

Таблица 43. **Расчет экономических параметров монтажа четырех вертикальных аппаратов установки по производству гликолей**

Виды работ	Трудоемкость, чел.-ч	Приведенные затраты *П*, руб.	Условная продолжительность, дн (с учетом коэффициента совмещения работ, К)
I. Метод скольжения с помощью монтажного мачтового подъемника грузоподъемностью 400 т, высотой 50 м			
Установка мачтового подъемника в рабочее положение	2227	6103	87,32
Подготовка аппаратов к монтажу	107	3246	4,16
Подъем и установка аппаратов в проектное положение	736	6200	10,88
Итого:	3070	15 549	65,4 (К=0,64)
II. Метод поворота с помощью двух кранов КС-8161			
Установка кранов в рабочее положение	1308	5077,3	67,05
Подготовка аппаратов к монтажу	556	3721	26,71
Подъем и установка аппаратов в проектное положение	436	1953	10,24
Итого:	2300	10751,3	67,56 (К=0,65)
III. Метод скольжения с помощью кранов «Либхер» и СКГ-63			
Установка кранов «Либхер» в рабочее положение	295	6432	18,2
Установка крана СКГ-63 в рабочее положение	45,9	628	3,9
Подъем и установка аппаратов в проектное положение	604	10107,2	7,8
Итого:	944,9	17167,2	23 (К=0,77)

где $K_г=0{,}8...1$ — коэффициент использования ГПМ по грузоподъемности; $K_в=0{,}75...0{,}9$ — коэффициент использования ГПМ по времени; $T_ц$ — продолжительность рабочего цикла ГПМ, мин.

$$T_х = \frac{2{,}5H}{v_0} + 2\left(\frac{l_1}{v_1} + \frac{l_2}{v_2} + \frac{l_3}{v_3}\right) + t_{р.о}, \text{ мин},$$

где H, l_1, l_2, l_3 — высота подъема груза и длина рабочих движений ГПМ за один цикл работы, м; v_0, v_1, v_2, v_3 — скорости рабочих движений, м/мин; $t_{р,о}$ — средняя продолжительность вспомогательных ручных операций, не входящих в продолжительность рабочего цикла машины и зависящих от типа груза, способа строповки, применяемых ГУ и пр., мин.

Определив среднечасовую производительность машины, можно определить ее сменную, дневную, месячную и годовую производительности. Например, среднесменная производительность равна

$$П_{э.см} = П_{э.ч} \cdot 8{,}2 \text{ т/см},$$

где 8,2 ч — продолжительность смены.

Для определения эффективноости применения стреловых кранов при производстве СМР Госстрой СССР ежегодно планирует директивные годовые нормы выработки. По результатам ТЭО выбирают конкретную марку ГПМ или такелажного средства.

Выбор транспортных машин не представляет собой сложности. Их выбирают по грузоподъемности с учетом вместимости (габаритов груза), транспортной скорости, нагрузки на ось, проходимости, маневренности машины и пр.

Контрольные вопросы

1. Какие организации осуществляют контроль за безопасной эксплуатацией машин?
2. Какие основные требования безопасности предъявляют при проектировании машин?
3. Как определяют возможные границы опасных зон при работе кранов?
4. Какие ограничения на работу кранов налагает наличие ЛЭП и как оформляют работу в этих случаях?
5. Для чего необходимо учитывать воздействие ветровой нагрузки на кран?
6. Каковы основные критерии визуальной оценки силы ветра?
7. При какой силе ветра запрещена эксплуатация ГПМ и такелажных средств при производстве СМР?
8. Какую техническую документацию необходимо иметь для эксплуатации кранов?
9. Как осуществляют регистрацию машин и разрешение на пуск их в работу?
10. Что входит в состав технического освидетельствования машин? Какими силами и с какой периодичностью его выполняют?
11. В чем состоит различие статических и динамических испытаний кранов? Как их выполняют?
12. Что называют устойчивостью крана против опрокидывания?
13. В чем состоит различие между грузовой и собственной устойчивостью крана?

14. Как определяют коэффициент устойчивости крана и каково его нормативное числовое значение?

15. В чем состоит основное отличие автомобильных подъемников и монтажных вышек от ГПМ? Для каких целей их применяют?

16. Как классифицируют автоподъемники и вышки?

17. Как устроен и работает автомобильный подъемник? Каковы его преимущества?

18. Как управляют монтажными операциями?

19. Какие команды применяют при управлении монтажными операциями?

20. Изложите последовательность выполнения основных команд.

21. Какие принципы положены в основу выбора машин?

22. Изложите последовательность выполнения ТЭО и объясните формулу для определения эксплуатационной производительности машин циклического действия.

Глава XV
ПРИБОРЫ И УСТРОЙСТВА БЕЗОПАСНОСТИ

§ 1. Назначение и классификация приборов и устройств безопасности

Правила по кранам и СТ СЭВ 725—77 требуют применения приборов и устройств безопасности, обеспечивающих безаварийную эксплуатацию ГПМ, т. е. не допускающих перегрузки механизмов крана и его элементов, потери устойчивости крана при невнимательности, неоперативности крановщика и в других экстренных случаях, а также обеспечивающих электробезопасность обслуживающего персонала.

По принципу действия устройства безопасности разделяют на предохранительные — ограничители, указатели и сигнализаторы. Ограничители являются основными устройствами, автоматически выключающими механизм (группу механизмов) крана при возникновении опасной нагрузки или нарушении условий безопасной эксплуатации крана. Ограничители стоят в цепи управления крана и обеспечивают возобновление работы отключенных механизмов только для возвращения рабочего оборудования в безопасное положение. Так, например при попытке поднять груз массой более допустимого механизм подъема груза может быть включен только на его опускание, а механизм изменения вылета стрелы — на подъем стрелы для уменьшения вылета и соответственно опрокидывающего момента, действующего на кран от поднимаемого груза. При срабатывании ограничителя высоты крюковой подвески (стрелы) соответствующий механизм может быть включен только на опускание. Режимы работы ограничителей зависят от типа крана и его рабочего оборудования, поэтому необходимо пом-

нить, что при смене рабочего оборудования ограничители необходимо настроить на новый режим.

Соответственно указатели и сигнализаторы информируют машиниста об отклонении от заданного режима работы или приближении опасного положения крана и не отключают его механизм. При этом указатели регистрируют действительные параметры крана, а сигнализаторы предупреждают машиниста об их превышении или приближении рабочего органа крана к опасным зонам.

По назначению устройства подразделяют на ограничители грузоподъемости (грузового момента), рабочих движений механизмов, перекоса тележки или самого крана и пр.; указатели грузоподъемности (вылета стрелы и наклона крана); сигнализаторы приближения к ЛЭП, границе рабочей зоны крана, его наклона и пр.

К ограничителям относят контакты электрической блокировки дверей кабины машиниста, посадочной площадки и крышки люка для выхода на настил моста крана. К устройствам безопасности также относят: звуковой сигнал; упоры, устанавливаемые по концам кранового пути; буферы; устройства для предотвращения запрокидывания стрелы крана; противоугонные устройства (захваты); приборы для измерения скорости (силы) ветра; устройства для гашения вибраций рабочего места крановщика и пр.

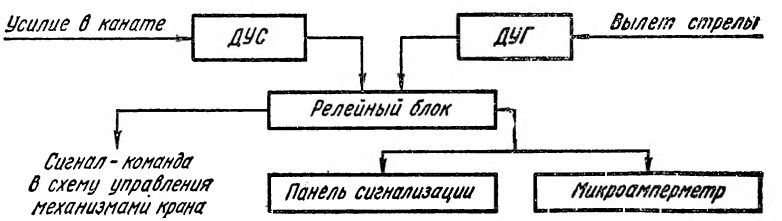
§ 2. Ограничители грузоподъемности

Для обеспечения безопасной работы механизмов подъема груза и изменения вылета стрелы краны оборудуют автоматически действующими устройствами, включающими механизмы при попытке поднять груз, масса которого превышает паспортную грузоподъемность крана, или при подходе груза (стрелы крана) к предельным положениям. Ограничитель грузоподъемности предназначен для предотвращения перегрузки крана, которая может привести к обрыву грузовых канатов, поломке деталей механизмов, образованию трещин и остаточных деформаций в элементах металлоконструкции и потери устойчивости стреловых кранов. Очевидно, что для стреловых кранов под ограничителем грузоподъемности следует понимать ограничитель грузового момента, отключающий механизмы крана в случае превышения массы поднимаемого груза номинальной грузоподъемности крана более чем на 10 %. Обычно на стреловых кранах с гибким подвесом стрелы устанавливают универсальные электромеханические ограничители ОГП-1, основанные на сравнении усилия, возникающего в элементе

стрелоподдерживающей системы крана при подъеме груза, с расчетным предельно допустимым усилием, возникающем в этом же элементе при подъеме груза, соответствующего безопасной работе крана. Для этого применяют датчик усилия (ДУС). Одновременно при помощи датчика угла (ДУГ) регистрируют вылет стрелы крана. Таким образом, ДУС измеряет усилия, возникающие при подъеме груза, а ДУГ задает предельно допустимые усилия в зависимости от вылета стрелы. Релейный блок преобразует указанные усилия в электрические сигналы (напряжения) и сравнивает их между собой. Кроме схемы сравнения релейный блок имеет схему задержки времени, защищающую ОГП от срабатывания при возникновении кратковременно действующих динамических нагрузок, не опасных для крана, выходное реле, включенное в цепь управления механизмами крана, панель сигнализации с сигнальными лампами и микроамперметр, позволяющие визуально контролировать степень загрузки крана. Зеленая сигнальная лампа светится в нормальном режиме эксплуатации, а красная сигнализирует о перегрузке крана. При срабатывании ОГП релейный блок выключает механизмы крана и включает звуковой сигнал (рис. 142, *а*).

ДУС устанавливают между двумя канатными тягами *3* стрелоподдерживающей системы крана и закрепляют захватами *4* (рис. 142, *б*), а ДУГ — соосно оси *8* пяты стрелы *9* крана, которая через рычаг *10* воздействует на его валик (рис. 142, *в*). При возникновении усилия в тягах стрелоподдерживающей системы крана упругое кольцо *12* ДУС деформируется и поворачивает рычаг *15* по часовой стрелке. Закрепленные на нем контактные ламели *22* скользят по катушке *11* потенциометрического преобразователя *13* и снимают с нее напряжение, пропорциональное усилию в тягах *3*. При уменьшении усилия в тягах пружина *14* поворачивает рычаг в обратном направлении (рис. 142, *г*).

В случае изменения вылета стрелы крана рычаг *10* поворачивает валик *37* ДУГ и закрепленный на нем кулачок



а

33, по поверхности которого скользит штифт рычага *35*, связанный с контактными ламелями *22* потенциометрического преобразователя. Профиль кулачка выбирают таким, чтобы снимаемое с преобразователя напряжение соответствовало виду рабочего оборудования и длине стрелы крана (рис. 142, *д*). Напряжения, снятые с обоих датчиков, по-

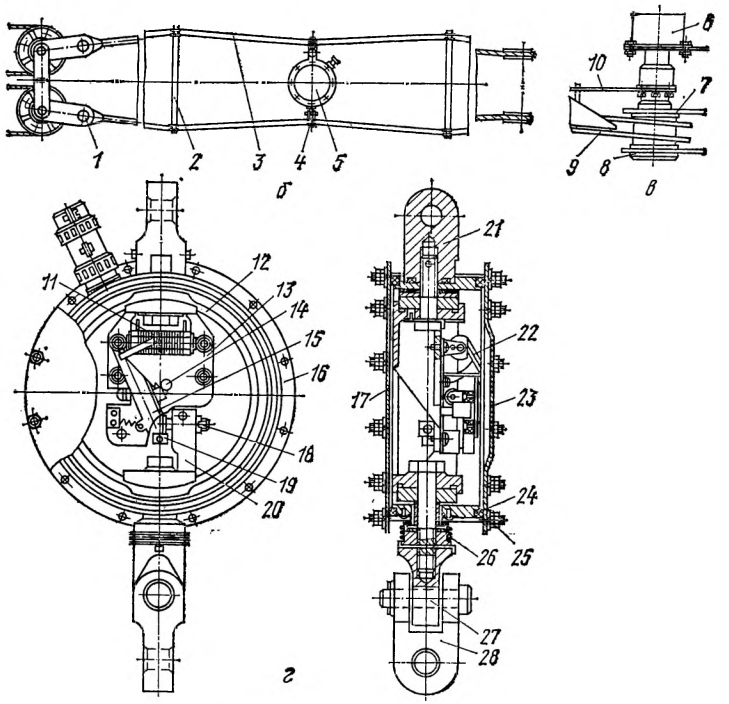


Рис. 142. Универсальный электромеханический ограничитель ОГП-1:

а — структурная схема; *б* — установка датчика усилия; *в* — установка датчика угла; *г* — датчик усилия; *д* — датчик угла; *1* — траверса; *2* — распорка; *3* — тяга; *4* — захват; *5* — ДУС; *6* — ДУГ; *7* — опора стрелы; *8* — ось; *9* — пята стрелы; *10* — рычаг; *11* — катушка потенциометра; *12* — упругое кольцо; *13* — потенциометрический преобразователь; *14* — пружина; *15* — рычаг; *16*, *36* — корпус; *17*, *23* — крышки; *18* — толкатель; *19* — сухарь; *20* — кронштейн; *21*, *27* — проушины; *22* — контактная ламель; *24* — уплотнительное кольцо; *25* — шпильки; *26* — манжета; *28* — захват; *29* — фланец; *30* — подшипник; *31* — плата; *32* — кожух; *33* — кулачок; *34*, *35* — рычаги; *37* — валик

даются через измерительные мосты в релейный блок ОГП. В настоящее время краны начинают оснащать более совершенным ограничителем ОГБ-2, у которого потенциометрические потенциометры датчиков заменены на более надежные и стабильные в работе бесконтактные.

На стреловых кранах с жестким подвесом телескопической стрелы (гидравлических) устанавливают универсальные бесконтактные ограничители грузоподъемности ОГБ-3, имеющие тот же принцип действия и отличающиеся от ОГБ-2 наличием датчика длины стрелы.

На автомобильных кранах применяют специальные механические ограничители грузоподъемности различных конструкций. На кранах других типов (не стреловых) применяют пружинные, торсионные (от одноименного французского слова — скручивание) и прочие ограничители грузоподъемности (весоизмерители).

§ 3. Ограничители крайних положений механизмов крана

В соответствии с требованиями нормативных документов ограничитель высоты подъема крюковой подвески устанавливают на все механизмы подъема груза. Ограничитель автоматически отключает механизм при подходе крюковой подвески к крайнему верхнему (а при необходимости и нижнему) положению. При срабатывании ограничителя высоты подъема зазор между верхом крюковой подвески и блоками на оголовке стрелы (барабаном электротали) не должен быть меньше 200 мм для ГПМ и 50 мм для электротали. В механизмах с электроприводом роль ограничителя выполняют конечные выключатели двух типов: рычажные и шпиндельные.

Рычажный конечный выключатель типа КУ состоит из корпуса, на валу *1* которого закреплены кулачковые шайбы *2* (рис. 143, *а*). При повороте вала с шайбами карболитовый рычаг *4* с контактными мостиками *6* замыкает неподвижные контакты *7*, установленные на изолирующей подставке *9*. Пружина *5* постоянно прижимает ролик *3* рычага *4* к кулачковым шайбам. Для размыкания контактов ролик *3* крепят на рычаге *4* осью *8*, а пружину *5* ставят в положение К. Выключатель имеет две цепи управления, два комплекта кулачковых шайб и рычагов с контактами, что обеспечивает различные схемы их замыкания. Например, при срабатывании ограничителя высоты подъема в верхнем положении конечный выключатель размыкает цепь управления электродвигателем для включения его на подъем

груза и замыкает цепь управления только для работы в противоположном направлении (на опускание груза).

На механизмах подъема груза ГПМ применяют конечные выключатели КУ-703 (рис. 143, *б*), устанавливаемые на оголовке стрелы. На валу выключателя закреплен двуплечий рычаг *10* с противовесом, к свободному концу которого на тонком канате (цепи) *11* подвешен вспомогательный груз *12*. При подходе крюковой подвески *14* к крайнему верхнему положению она приподнимает вспомогательный груз. Противовес поворачивает освободившийся двуплечий рычаг и конечный выключатель размыкает необходимые контакты. Для предотвращения раскачивания вспомогательного груза последний связан скобой *13* с одной из ветвей каната грузового полиспаста. Иногда вместо вспомогательного груза применяют рычаг.

На электроталях обычно применяют кнопочные конеч-

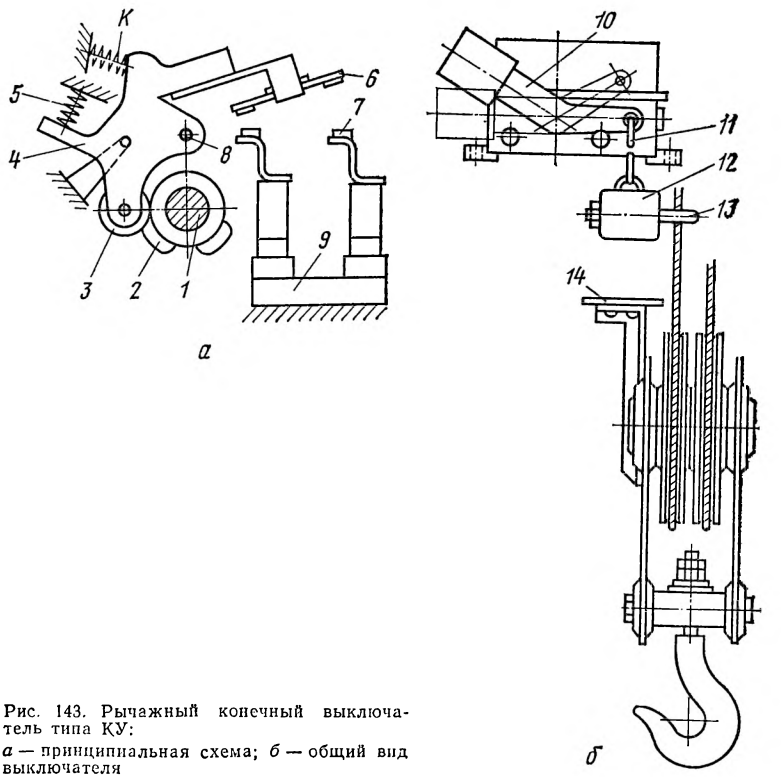
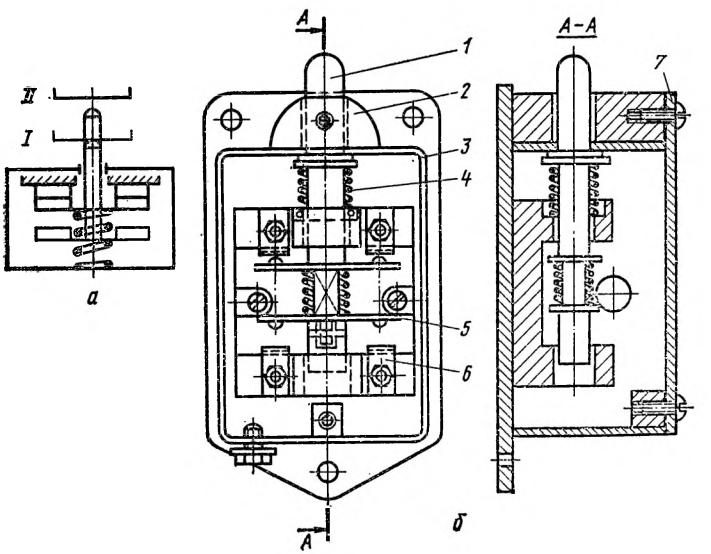


Рис. 143. Рычажный конечный выключатель типа КУ:
а — принципиальная схема; *б* — общий вид выключателя

ные выключатели (рис. 144, *а, б*), на которые крюковая подвеска воздействует посредством рычага (рис. 144, *в*).

Кроме высоты подъема крюковой подвески на практике приходится ограничивать ее нижнее положение, лимитируемое длиной грузового каната (необходимо помнить, что на барабане лебедки всегда должны оставаться дополнительные витки). Очевидно, что изложенные выше конструкции конечных выключателей это делать не могут. В указанных случаях применяют более компактные шпиндельные конечные выключатели типа ВУ с встроенным червячным редуктором, связанным с одним из валов механизма подъема груза. На валу червячного колеса закреплена кулачковая шайба *1* с кулачками *2*, *13*, воздействующими через систему рычагов на контакты *10, 11* (рис. 145). Передаточное отношение редуктора — 50. Кулачки установлены на шайбе с возможностью перестановки, что позволяет обеспечить размыкание контактов при достижении крюковой подвески крайнего положения. Для двухстороннего срабатывания ограничителя устанавливают две кулачковые шайбы и соответствующее число контактов. Обычно вал червяка ограничителя соединяют зубчатой (цепной) передачей с валом барабана лебедки механизма подъема груза. Конечные выключатели ВУ-150А предназначены для одностороннего ограничения высоты подъема, а ВУ-250А — для двухстороннего ограничения.



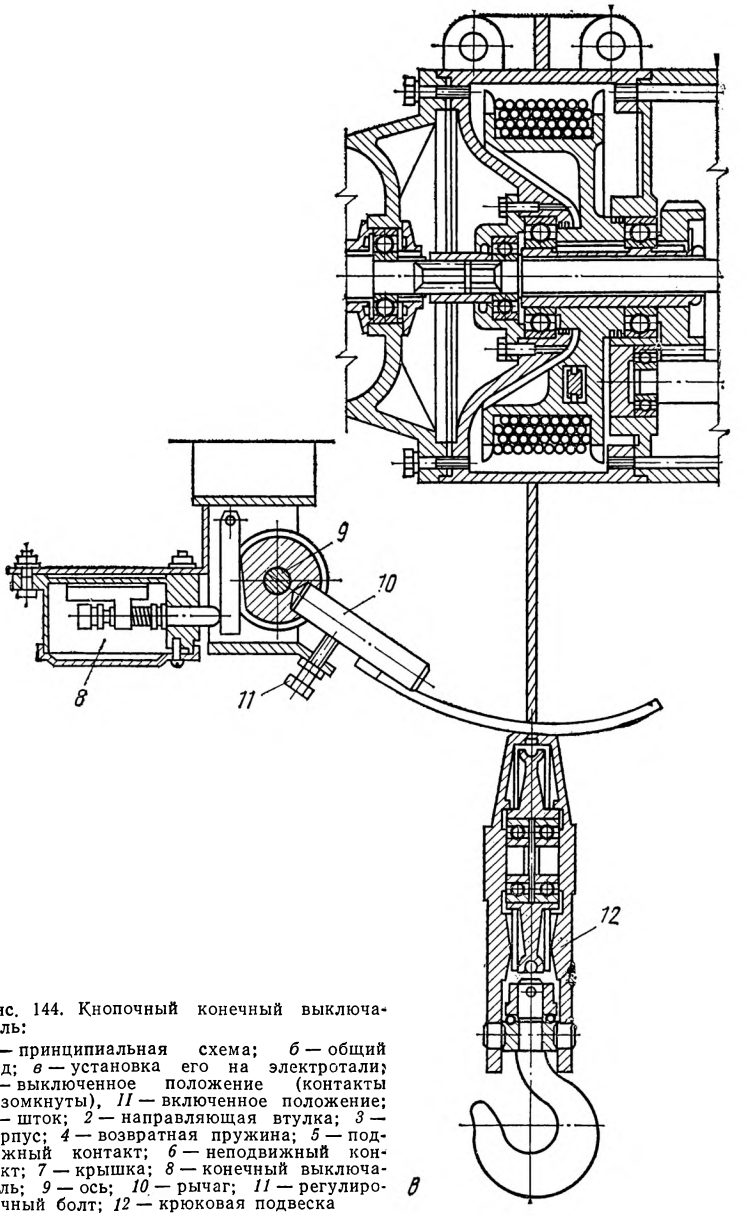


Рис. 144. Кнопочный конечный выключатель:

а — принципиальная схема; *б* — общий вид; *в* — установка его на электротали; *I* — выключенное положение (контакты разомкнуты), *II* — включенное положение; *1* — шток; *2* — направляющая втулка; *3* — корпус; *4* — возвратная пружина; *5* — подвижный контакт; *6* — неподвижный контакт; *7* — крышка; *8* — конечный выключатель; *9* — ось; *10* — рычаг; *11* — регулировочный болт; *12* — крюковая подвеска

Следует отметить, что описанные выше конструкции конечных выключателей основаны на замыкании (размыкании) контактов, которые в условиях пыльной среды, высокой влажности, переменной температуры, вибрации, колебания напряжения в сети и др. быстро выходят из строя и требуют частого квалифицированного ремонта. В связи с этим в последнее время начали применять бесконтактные

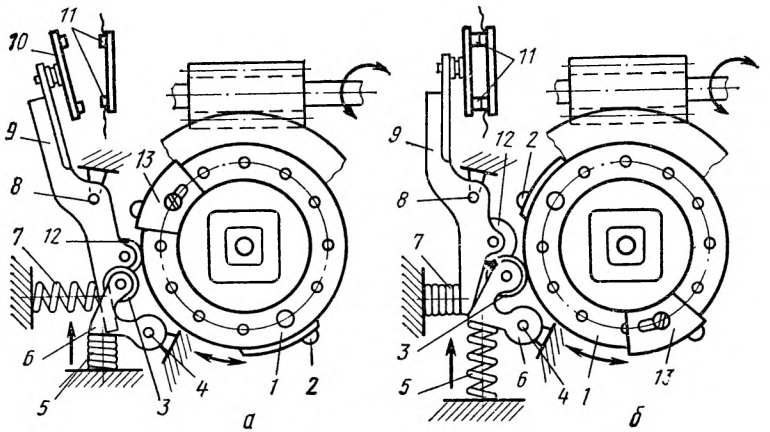


Рис. 145. Шпиндельный конечный выключатель типа ВУ:
а — контакты разомкнуты; *б* — замкнуты; *1* — кулачковая шайба; *2, 13* — кулачки; *3, 12* — ролики; *4, 8* — оси; *5, 7* — пружины; *6* — защелка; *9* — рычаг; *10, 11* — контакты

выключатели: магнитные, электромагнитные (индукционные), фотоэлектрические, емкостные, на транзисторах и другие.

На автомобильных кранах, у которых подъем груза и стрелы производят при помощи двигателя, а опускание за счет размыкания тормозов (под действием собственного веса), устанавливают конечные выключатели, воздействующие на муфту сцепления.

Помимо ограничителей механизм подъема груза на кранах с гибким подвесом стрелы устанавливают ограничитель высоты подъема стрелы. Как правило, для этих целей применяют рычажный конечный выключатель КУ-701, на который воздействует упор, приваренный к металлоконструкции стрелы. Крайнее верхнее положение стрелы определяют из условия, чтобы она не могла опрокинуться назад под действием ветровой нагрузки, усилий натяжения канатов и сил инерции при резкой остановке стрелы. Опрокидывание

также может произойти при обрыве груза, когда на стрелу будет действовать динамическая нагрузка, равная по величине потенциальной энергии сил упругости подвески стрелы. В отдельных случаях в качестве устройств безопасности применяют канатные тяги, а на тяжелых монтажных кранах — специальные телескопические упоры.

На гидравлических кранах функцию ограничителя высоты подъема стрелы выполняет гидроцилиндр механизма подъема стрелы, поэтому специальные устройства безопасности не применяют.

Для обеспечения безопасной работы механизмов передвижения ГПМ на рельсовом ходу, грузовых тележек мостовых и козловых кранов, выдвижения секций телескопических стрел и ограничения хода других механизмов применяют различные устройства безопасности. С целью предупреждения наезда крана, движущегося с большой скоростью, на концевые упоры устанавливают ограничители передвижения башенного, мостового (козлового) крана и грузовой тележки, если скорость их движения превышает 32 м/мин. Как правило, применяют ограничители механического типа, состоящие из рычажного конечного выключателя КУ-701 (рис. 146, *а*) с самовозвратом рычага в исходное положение и отключающей линейки (рис. 146, *г*). Конечный выключатель механизма передвижения крана устанавливают на самом кране, а отключающую линейку закрепляют на крановом пути перед тупиковым упором. Для ограничения хода грузовой тележки выключатель также устанавливают на металлоконструкции крана, а отключающую двухстороннюю линейку (с двумя загнутыми концами) — на тележке. При воздействии линейки на ролик рычага конечного выключателя рычаг поворачивается по ходу механизма (из положения I в положение II) и размыкает контакты. После чего механизм передвижения может быть включен только для движения в обратном направлении. При движении крана в обратном направлении (после схода линейки с ролика) пружина возвращает рычаг в исходное положение и ограничитель вновь готов к работе.

У кранов большой грузоподъемности с высокими скоростями рабочих движений, имеющих большой выбег (путь движения после выключения механизма), отключающая линейка должна иметь большую длину, что не удобно. Поэтому в этом случае применяют конечный выключатель КУ-702, двуплечий рычаг которого не имеет самовозврата и возвращается в исходное положение при обратном ходе механизма принудительно при помощи отключающего упо-

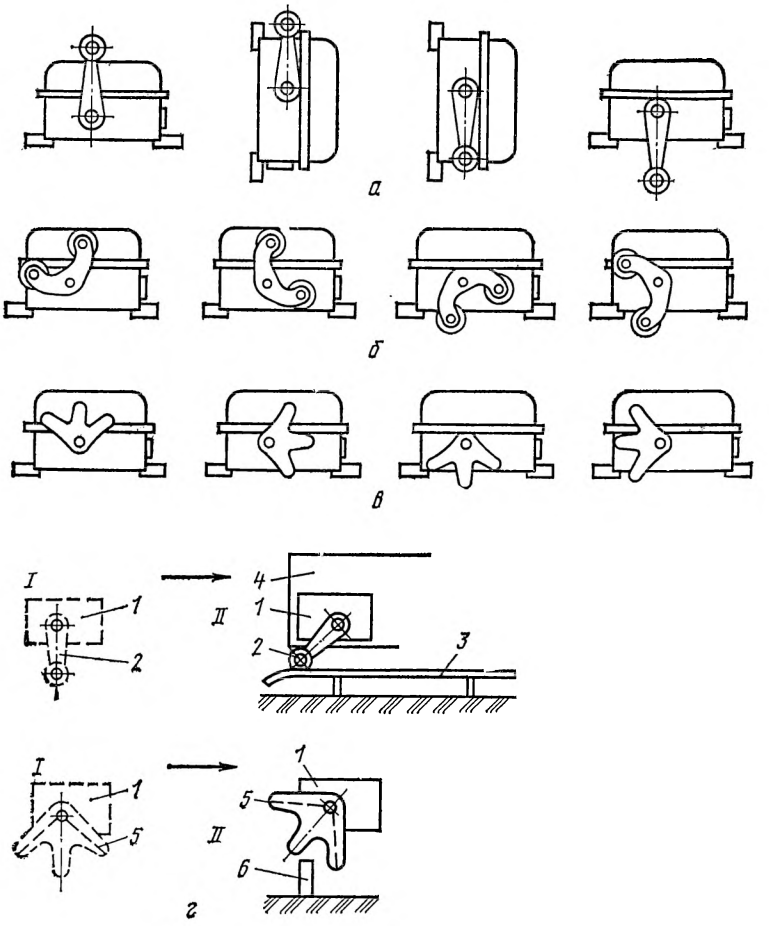


Рис. 146. Ограничитель механизма передвижения с конечным выключателем (*а* — КУ-701; *б* — КУ-702; *в* — КУ-704; *г* — схема работы ограничителя):

1 — конечный выключатель; *2* — рычаг с роликом; *3* — отключающая линейка; *4* — металлоконструкция крана; *5* — зубчатый сектор; *6* — отключающий упор; *I* — исходное положение; *II* — ограничитель сработал. Стрелкой показано направление движения механизма

ра, имеющего малые по сравнению с линейкой размеры (рис. 146, *б*). В отдельных случаях применяют конечный выключатель КУ-704 с зубчатым сектором, управляемый специальным пальцем-упором (рис. 146, *в*).

Управляя кранами со скоростью движения менее 32 м/мин, не оборудованными автоматическими ограничи-

телями передвижения, машинист должен быть особенно внимательным, так как именно от его внимания зависит безопасность работы крана.

С целью недопущения схода крана (грузовой тележки) с рельсов по концам кранового пути ставят концевые упоры, воспринимающие нагрузки при остановке крана. Концевой (тупиковый) упор представляет собой жесткую вертикально стоящую металлоконструкцию с подкосом (рис. 147, *а*). Для смягчения возможного удара крана об концевые упо-

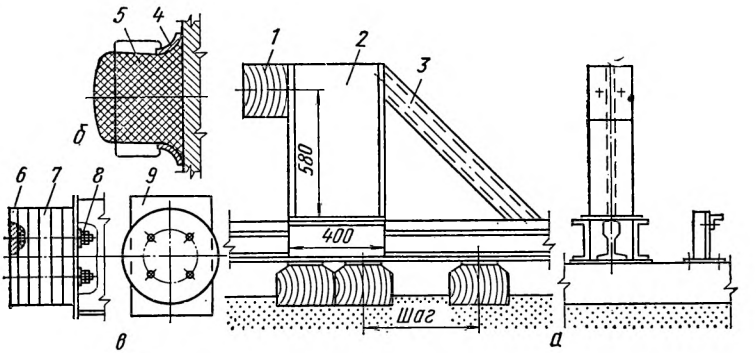


Рис. 147. Концевые упоры и буфера (*а* — концевой упор; *б* — буфер с литым амортизатором; *в* — то же с наборным амортизатором):

1 — деревянная подушка; *2* — стойка; *3* — подкос; *4* — приварной воротник; *5* — литой амортизатор; *6* — стальной диск; *7* — резиновый диск; *8* — стяжные болты; *9* — корпус

ры, а также одного крана о другой при работе нескольких кранов на одном крановом пути применяют упругие элементы — буфера, устанавливаемые на ходовых тележках (концевых балках) кранов или рамах тележек (рис. 147, *б*, *в*). Типовые буфера имеют литые амортизаторы, изготовляемые из морозостойкой резины средней твердости. Также применяют наборные буфера из резиновых дисков.

Эластичные буфера с резиновыми амортизаторами имеют малую отдачу, так как 30...50 % кинетической энергии крана гасят силы внутреннего трения. За рубежом применяют амортизаторы из пористых полимерных материалов. При сжатии такого буфера воздух из внутренних полостей выдавливается через поры, что повышает эффективность работы буфера. Энергоемкость буфера определяют из условия поглощения им кинетической энергии крана (тележки), движущегося со скоростью, равной половине номинальной. Замедление крана при взаимодействии с концевым упором не должно превышать 4 м/с^2.

Пружинные и гидравлические буфера вследствие сложности конструкции, трудоемкости изготовления и высокой стоимости не получили широкого применения на кранах общего назначения. В последнее время все большее распространение получают специальные тупиковые устройства с плавным подъемом рельсов в конце кранового пути, вследствие чего кинетическая энергия движущегося крана гасится и переходит в потенциальную энергию подъема центра масс крана на некоторую высоту.

Для обеспечения безопасной работы механизмов поворота ГПМ с подачей энергии на поворотную платформу крана при помощи кабеля

(бесколлекторный токоприемник) применяют ограничители поворота, автоматически отключающие механизм после определенного числа оборотов крана (обычно не более трех), считая от начального положения.

Кроме того, на кранах применяют ограничители: натяжения грузового каната, предотвращающие раскачивание груза, перемещаемого на гибком подвесе, или ограничивающие угол его отклонения от вертикали, зоны работы крана и пр.

§ 4. Указатели

Как правило, на стреловых кранах устанавливают указатели грузоподъемноости и наклона крана. Указатель грузоподъемности крана с учетом вылета стрелы состоит из стрелки *1*, шарнирно закрепленной в нижней части стрелы крана, и сектора со шкалой 2 (рис. 148, *а*). На кранах с гибким подвесом стрелы указатель утанавливают в поле зрения машиниста, что позволяет ему визуально определять предельную массу поднимаемого груза при данном положении (вылете) стрелы в зависимости от ее длины и наличия (отсутствия) выносных опор. Очевидно, что для каждого вида стрелового оборудования необходимо иметь собственную шкалу, соответствующую грузовой характеристике крана в данном исполнении.

На кранах с жестким подвесом стрелы, когда кабина управления вынесена вперед по отношению к шарниру стрелы, сектор со шкалой закрепляют на кронштейне в кабине, а стрелку связывают системой рычагов со стрелой (рис. 148, *б*). Между указывающей стрелкой и шкалой должен быть зазор порядка 3 мм. В транспортном положении крана стрелку закрепляют пружинным фиксатором.

Указатель наклона (креномер) регистрирует отклонение установки крана от горизонтальной плоскости. Принцип действия указателя основан на свойстве свободно подвешенного маятника сохранять вертикальное положение (маятниковые указатели) или на свойстве жидкости сохранять горизонтальное положение (жидкостные указатели). Маятниковый указатель имеет груз, подвешенный на шелковом шнуре или стержне с возможностью качания. Острие груза обращено к шкале, на которой нанесены три концентрические окружности с указанием величины угла отклонения. При транспортировке крана маятник закрепляют в трубке.

Жидкостный указатель бывает двух типов: с пузырьком воздуха или со стальным шариком. Оба указателя состоят из корпуса, закрытого прозрачной крышкой. Креномер с пузырьком воздуха имеет сферическую крышку, на которой нанесены концентрические окружности с указанием углов (рис. 149, *а*). Креномер со стальным шариком имеет вогну-

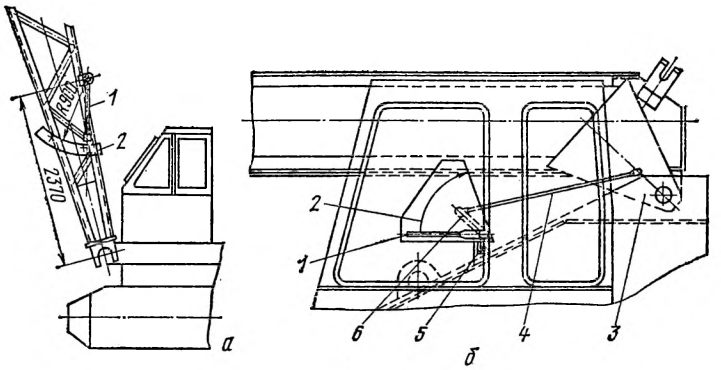


Рис. 148. Указатель грузоподъемности крана (*а* — с гибким подвесом стрелы; *б* — с жестким подвесом):

1 — стрелка; *2* — сектор со шкалой; *3* — корень стрелы; *4* — тяга; *5* — кронштейн; *6* — поводок

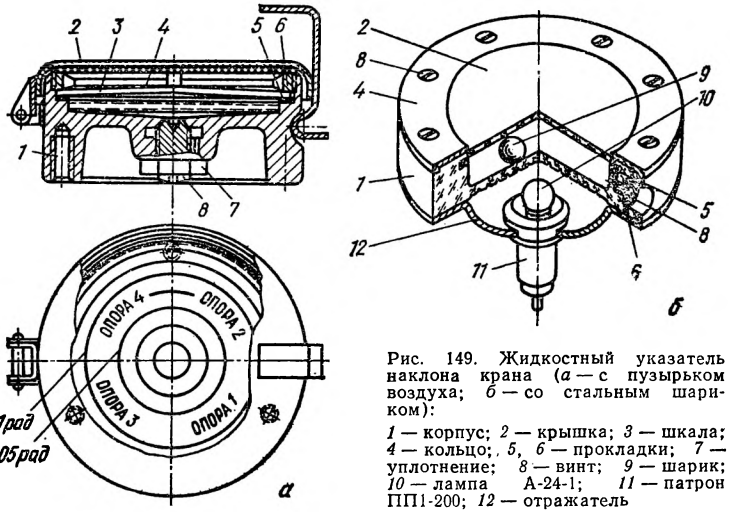


Рис. 149. Жидкостный указатель наклона крана (*а* — с пузырьком воздуха; *б* — со стальным шариком):

1 — корпус; *2* — крышка; *3* — шкала; *4* — кольцо; *5*, *6* — прокладки; *7* — уплотнение; *8* — винт; *9* — шарик; *10* — лампа А-24-1; *11* — патрон ПП1-200; *12* — отражатель

тое сферическое дно, на котором также нанесены концентрические окружности (рис. 149, *б*). Для подсвечивания шкалы прибора в темное время суток установлена лампа с отражателем. Для заливки рабочей жидкости (масла) предусмотрено отверстие, закрываемое винтом. При установке крана на неровной поверхности и при его наклоне в процессе работы шарик (пузырек) скользит по сферическим поверхностям, указывая наклон крана. Обычно на кране

устанавливают два креномера: один в кабине управления для постоянного контроля положения крана в процессе работы, а другой — на неповоротной платформе — для контроля при установке в рабочее положение. Краны на рельсовом ходу креномерами не комплектуют.

§ 5. Сигнализаторы

Сигнализаторы предназначены для автоматического включения приборов, предупреждающих машиниста о нарушении условий безопасной работы крана. Обычно на стреловых кранах устанавливают автоматические сигнализаторы опасного напряжения, наклона крана и границ запретной зоны.

При работе крана вблизи одно- или многофазных линий электропередач (ЛЭП) кран может оказаться под напряжением. При этом рабочие, обслуживающие кран, могут быть поражены электрическим током. Указанная опасность многократно возрастает при работе крана на пневмоходу, не имеющего электрического контакта с землей. Именно поэтому работа крана в зоне ЛЭП требует оформления специального наряда-допуска и квалифицированного контроля за производством работ.

Автоматический сигнализатор опасного напряжения (АСОН) предупреждает машиниста о приближении стрелы крана к ЛЭП напряжением 220...380 В и частотой 50 Гц на расстоянии не менее 1 м включением аварийной световой и звуковой сигнализации. Получив сигнал «Опасно» (при срабатывании сигнализатора) машинист обязан прекратить работу и, не выходя из кабины, предупредить обслуживающий персонал об опасности. Затем, внимательно изучив расположение проводов ЛЭП, машинист должен вывести стрелу крана из опасной зоны. Следует помнить, что наличие на кране сигнализатора не отменяет действующие правила и инструкции по технике безопасности. Сигнализатор устанавливают на все стреловые самоходные краны, кроме железнодорожных.

Сигнализатор состоит из трех основных блоков: антенны, усилительно-исполнительного и сигнализации. Блок антенны монтируют на стреле крана, а остальные блоки — в кабине управления. При введении антенны в электрическое поле ЛЭП на ней наводится электродвижущая сила (ЭДС), величина которой зависит от напряжения ЛЭП и расстояния между антенной и проводами ЛЭП. Наведенная ЭДС поступает в усилитель и при достижении определенной величины включает блок сигнализации. Аналогично

выполнено устройство, сигнализирующее и отключающее механизм (УСОМ — электроскоп). К недостаткам приборов АСОН ЗА и УСОМ-электроскоп следует отнести их излишнюю чувствительность и несоответствие требованиям, предъявляемым к телескопическим стрелам. В связи с чем в настоящее время краны оснащают универсальным автоматическим сигнализатором (УАС-1).

Сигнализатор крана маятниковый (СКМ-3) предназначен для предупреждения машиниста о крене крана, превышающем допустимый, включением аварийной световой сигнализации. СКМ-3 состоит из двух блоков: датчика крена и панели сигнализации. Датчик крена — маятникового типа, бесконтактный (индивидуальный). На панели сигнализации установлены лампы зеленого (нормальная работа крана) и красного (крен больше допустимого) цвета. При срабатывании сигнализатора (включении красной лампы) машинист должен определить направление крена по круговому уровню на датчике и выравнять кран.

Указатель-сигнализатор опасного крена (УСКМ-7) снабжен стрелочным указателем, изменяющим угол наклона крана в диапазоне 0,02...0,12 рад (1—7°), и световой сигнализацией. Прибор имеет два регулируемых порога срабатывания в зависимости от предельно допустимого угла наклона крана в данном положении, например кран установлен на выносных опорах или без них. УСКМ-7 имеет маятниковый чувствительный датчик и бесконтактный аналоговый преобразователь.

При необходимости стреловые краны оснащают сигнализатором запретной зоны, предупреждающим машиниста о подходе стрелы к границе рабочей зоны крана. Контакты реле сигнализатора любого типа можно использовать для отключения цепей управления механизмами крана. В этом случае сигнализатор превращается в ограничитель.

К сигнализаторам, кроме световых, относят звуковые сигнальные приборы (звонки, сирены), хорошо слышимые в местах подъема (опускания) и перемещения груза.

§ 6. Приборы для измерения скорости ветра

Для предупреждения угона крана ветром и его опрокидывания, а также оповещения машиниста звуковым сигналом об опасной для работы скорости ветра на башенных, козловых (грузоподъемностью более 8 т), портальных, кабельных передвижных кранах и мостовых перегружателях должны быть установлены специальные приборы. Наиболь-

шее распространение получил сигнальный анемометр типа М-95, который состоит из датчика скорости ветра (трехлопастной вертушки) и указательного пульта. Датчик является тахогенератором.

При вращении магнита относительно неподвижной катушки в ее обмотке наводится переменная ЭДС, пропорциональная частоте вращения вертушки. Датчик устанавливают на наиболее высокой части крана, не находящейся в аэродинамической тени. Следует помнить, что датчик необходимо периодически осматривать и обслуживать, поэтому место установки его должно быть удобным. Указательный пульт монтируют в кабине управления краном. На лицевой панели пульта имеются указатель скорости ветра и три сигнальные лампы: зеленая — нормальные условия работы, желтая («Внимание») — предельная скорость порывистого ветра (длительность порыва до 2 с) и красная — «Опасно». При этом срабатывает выходное реле прибора, контакты которого включают звуковой сигнал и отключают движение крюковой подвески на подъем груза (или все механизмы крана).

При опасной скорости ветра машинист должен прекратить работу, отключить подачу электроэнергии на кран и закрепить его всеми имеющимися противоугонными устройствами. Анемометр следует подключать к схеме крана таким образом, чтобы он включался одновременно с подачей электроэнергии на кран. Это условие исключает необходимость подъема машиниста в кабину управления при скорости ветра, превосходящей допустимую.

В отличие от стреловых кранов для кранов мостового типа опасным является действие ветра вдоль кранового пути, поэтому их оснащают ветроизмерительными приборами направленного действия — сигнализаторами давления ветра (СДВ-М). Сигнализатор состоит из датчика и электронного сигнального блока. Плоскость крыла датчика располагают по оси моста крана. При воздействии ветра на датчик крыло поворачивается на небольшой угол и подает сигнал на электронный блок. При оснащении крана автоматическими или приводными притивоугонными устройствами ветроизмерительные приборы при срабатывании отключают механизм передвижения крана и включает противоугонные устройства. Следует отметить, что прибор СДВ-М в сравнении с М-95М прост по конструкции (отсутствуют вращающиеся детали, более простая электрическая схема) и более надежен.

§ 7. Противоугонные устройства

Для исключения возможности самопроизвольного движения кранов, работающих на открытом воздухе, по рельсовому пути под действием ветра их оборудуют противоугонными устройствами с ручным или машинным (от электродвигателя) приводом. В последнем случае включение противоугонных устройств производится автоматически при получении сигнала от анемометра или датчика давления ветра. По принципу действия противоугонные устройства подразделяют: на стопорные (фиксаторы), соединяющие кран с неподвижной опорой при помощи закладных пальцев, крюков или выдвижных упоров; на остановы (нажимного типа), действие которых основано на создании сил трения между головкой рельса и заторможенным колесом крана, и на клещевые захваты, основанные на зажатии головки кранового рельса. Простейшим и наиболее распространенным противоугонным устройством является ручной клещевой захват, охватывающий головку рельса (рис. 150, *а*). Рычаги захвата *1* с помощью винта *2* зажимают головку рельса кранового пути и удерживают кран на месте. Рычаги соединены с ходовой тележкой крана посредством пальца *3*. В нерабочем положении рычаги снимают с головки рельса и устанавливают губками вверх.

Замыкание рычагов *8* приводного противоугонного устройства производят опусканием клинового ползуна *5*, осуществляемым электродвигателем *1* через редуктор *2* и передачу винт — гайка *4* (рис. 150, *б*). Гайка воздействует на клиновой ползун через спиральную пружину *6*. Первоначально ползун вместе с клещами опускают вниз (на рельс). После упора стяжки *9* в головку рельса клещи оказываются зафиксированы, а ползун, продолжая опускаться, воздействует наклонными пазами на ролики *7*, установленные на верхних концах рычагов, разводит их и зажимает губками *11* головку рельса. При достижении необходимой величины зажатия рельса гайка воздействует на конечный выключатель *13*, отключающий привод захвата. Ход ползуна вверх ограничивает конечный выключатель *3*. Правильное положение опускающихся рычагов клещей по отношению к головке рельса обеспечивают направляющие ролики *10*. На случай отказа электропривода все приводные и автоматические противоугонные устройства должны быть снабжены ручным приводом, поэтому конец тихоходного вала *12* редуктора выполнен в виде квадрата для надевания рукоятки. Применяют и другие конструкции противо-

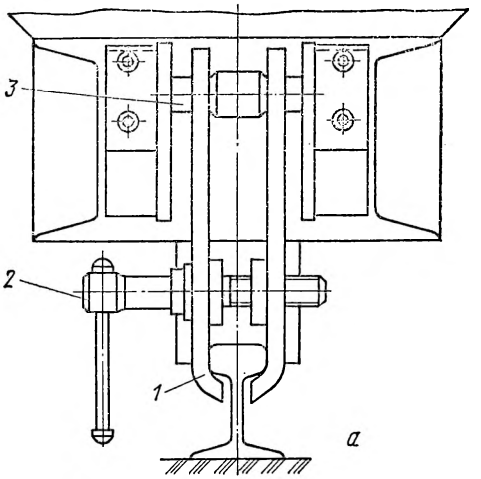
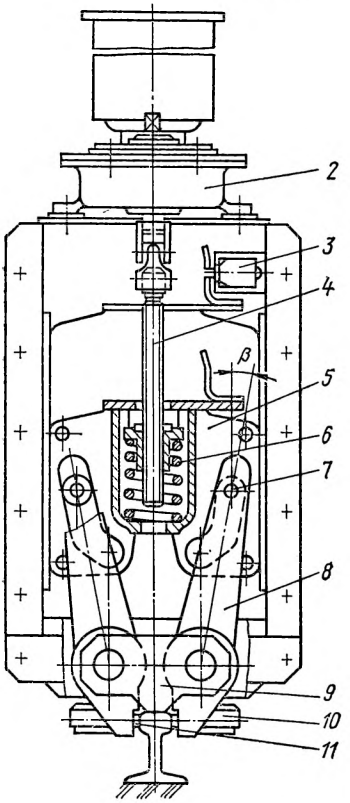
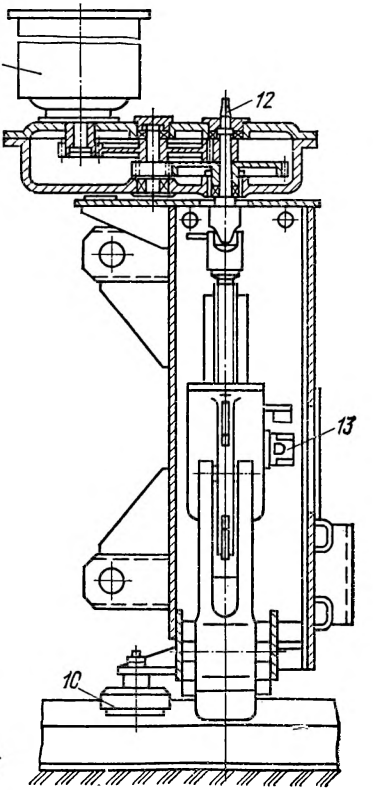


Рис. 150. Клещевые противоугонные захваты (*а* — с ручным приводом; *б* — с машинным приводом)





угонных устройств (эксцентриковые, с гидротолкателем и др.).

§ 8. Устройства для защиты от вибраций

Применение защитных устройств для гашения вибраций целесообразно на всех кранах. Они повышают уровень комфортности машиниста, улучшают условия управления краном и снижают нагрузки на элементы металлоконструкций. Указанные устройства разделяют на две основные группы: обеспечивающие гашение колебаний металлоконструкций крана и защиту машиниста крана от вибраций. Для гашения колебаний металлоконструкций применяют различные устройства и приспособления, основанные на поглощении кинетической энергии колебаний элементов конструкций в гидравлических (реже фрикционных) амортизаторах. Устройства второй группы выполняют в виде демпфированных (от одноименного немецкого слова — заглушать) подвесок кабин управления или кресла машиниста, гасящих механические колебания.

По мере развития конструкций виброзащитных устройств и накопления опыта их применения следует ожидать, что такие устройства станут типовым оборудованием всех кранов. Это позволит существенно снизить металлоемкость кранов за счет более полного использования несущей способности металла.

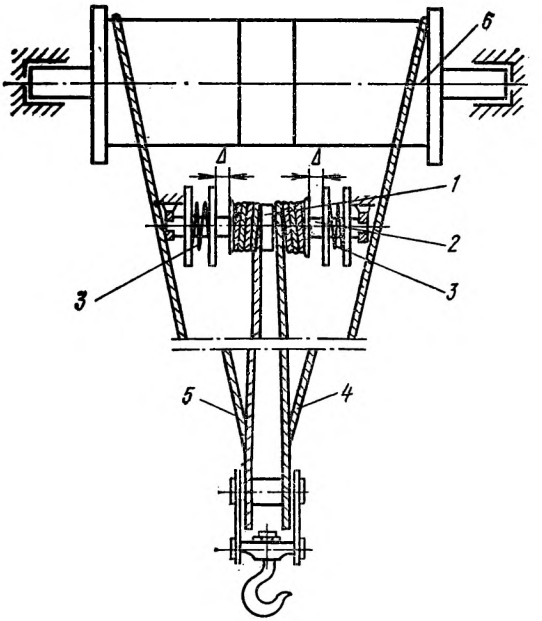
§ 9. Безопасные полиспасты

Результаты расследований аварий современных ГПМ показывают, что до 60 % обрывов канатов грузовых полиспастов обусловлено механическими повреждениями, неправильной запасовкой канатов в полиспасты и нарушением правил эксплуатации канатов и собственно ГПМ. Поэтому, кроме ужесточения требований Правил по кранам и неукоснительного их соблюдения, признано целесообразным создание специальных устройств безопасности для предотвращения аварий ГПМ при обрыве канатов. Госгортехнадзор СССР признал указанное направление важным. В последнее время в СССР разработано несколько типов таких устройств, которые прошли различные испытания и доказали свою работоспособность.

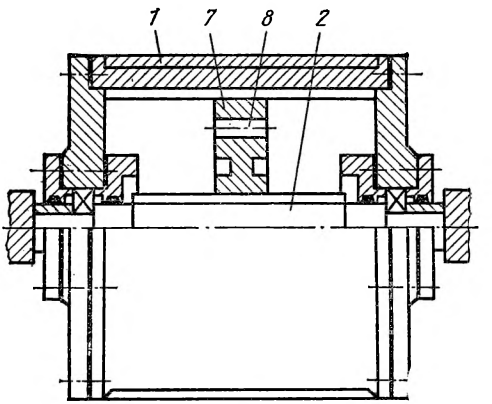
Основной принцип работы безопасного полиспаста — защемление оставшихся (целых) ветвей каната. Однако конструкции обойм одинарных грузовых полиспастов с параллельным расположением канатных блоков на одной оси

затрудняют создание простых устройств безопасных полиспастов.

Сдвоенные полиспасты более приспособлены для модернизации их в безопасные конструкции. Они не требуют



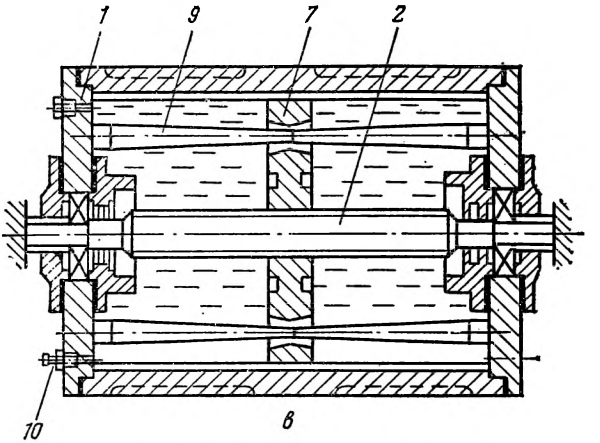
а

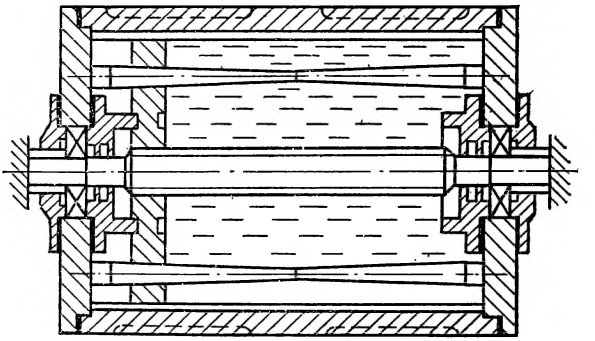


б

Рис. 151. Сдвоенный безопасный полиспаст с уравнительным барабаном (*а* — с *в*, *г* — с коническими регулировочными стержнями)

коренной реконструкции. Для этого достаточно заменить уравнительный блок (траверсу) специальным барабаном *1*, на который в противоположных направлениях навиты концы канатов *4* и *5* сдвоенного полиспаста (рис. 151, *а*). Уравнительный барабан установлен на оси *2*, имеющей резьбовую наружную поверхность. По обеим концам барабана на оси расположены буферные (пружинные) фрикционные устройства *3*. Свободные концы канатов закреплены на барабане *6* лебедки. При нормальной работе полиспаста барабан выполняет роль уравнительного блока. В случае обрыва одного из канатов груз, опускаясь на ветвях другого каната, приводит во вращение уравнитель-





фрикционным тормозным устройством; *б* — с гидравлическим буферным тормозом;

ный барабан, который, перемещаясь вдоль оси, упирается в тормозное устройство, сжимает пружину и плавно затормаживается, обеспечивая при этом остановку груза. Данная конструкция не только предотвращает падение груза при обрыве каната, но и обеспечивает его последующее опускание на землю за счет сматывания с барабана лебедки целой ветви каната, что во многих случаях является достаточно сложной задачей.

Очевидно, что затормозить уравнительный барабан можно не только при помощи фрикционного тормоза. Так бо́льшую плавность торможения обеспечивает гидравлический буферный тормоз, встроенный в уравнительный барабан. Барабан *1* свободно (на подшипниках) вращается на оси *2* (рис. 151, *б*). Внутренняя полость барабана заполнена рабочей жидкостью. Внутри барабана размещен поршень *7* с дроссельными отверстиями *8*, связанный с внутренней поверхностью барабана посредством шлицов и сидящий на резьбе оси *2*. Скорость опускания груза (при обрыве одного из канатов) зависит от вязкости рабочей жидкости, диаметра дроссельных отверстий и их количества. В конце хода поршень упирается в боковую стенку барабана и останавливает груз. Для более быстрого и плавного торможения груза (барабана) в дроссельные отверстия вводят конические регулировочные стержни *9*, постепенно уменьшающие проходные сечения отверстий (рис. 151, *в*, *г*). Штуцер *10* предназначен для заливки рабочей жидкости и выпуска воздуха.

Необходимо отметить, что гидравлические буферные тормоза безопасных полиспастов имеют существенные преимущества, поэтому конструкции безопасных полиспастов будут развиваться именно в этом направлении.

§ 10. Типовая схема защиты электропривода с общим линейным контактором

Кроме приборов и устройств безопасности механизмов в ГПМ предусматривают защиту электроприводов. Правила по кранам содержат ряд требований к электрическим схемам кранов, обеспечивающих безопасность их работы. Так электрическая схема управления электродвигателями ГПМ должна обеспечивать защиту электродвигателей от токов короткого замыкания и перегрузок (максимальная защита), от перехода механизмами крайних положений, а также исключать возможность: самопроизвольного пуска электродвигателей, отключенных вследствие срабатывания

приборов и устройств безопасности или нарушения подачи электроэнергии, после восстановления подачи напряжения к двигателю; пуска электродвигателей не по заданной схеме ускорения и пуска электродвигателей контактами приборов и устройств безопасности (конечных выключателей и блокирующих устройств). Как правило, для этих целей применяют схему так называемой нулевой блокировки контроллеров (аппаратов управления) с общим линейным (главным) контактором (аппаратом, предназначенным для замыкания, размыкания и изменения направления тока в силовых электрических цепях, управляемым при помощи электромагнита).

Электрическая схема блокировки при управлении электродвигателями при помощи контроллеров должна быть выполнена таким образом, чтобы включение общего линейнего (главного) контактора защитной панели крана было возможно только в том случае, когда все контроллеры находятся в нулевом (нерабочем) положении. Отсюда происходит и название типовой схемы защиты электропривода — нулевая защита. Нулевая защита обеспечивает контроль машиниста за работой всех механизмов крана.

Для защиты электродвигателей и аппаратов от токов, величина которых превышает номинальные значения (при перегрузке или резком включении механизмов), коротком замыкании в цепи (к. з.) применяют максимальную защиту. Основным элементом максимальной защиты является электромагнитное токовое реле мгновенного действия РЭО 40 IУЗ по ГОСТ 8250—78.

С целью защиты электродвигателей, в схемах управления которыми не предусмотрена максимальная защита, применяют температурно-токовые (тепловые) реле, плавкие предохранители или автоматические выключатели (автоматы). Максимально-нулевой автоматический выключатель размыкает силовые цепи электродвигателей при уменьшении напряжения или перегрузке. Автомат включают вручную рукояткой.

На современных кранах применяют автоматы АП-25, АП-50 и А-3163, рассчитанные на номинальную силу тока 25, 50, 30 и 50 А.

Для экстренного выключения линейного контактора применяют аварийный выключатель, представляющий собой кнопочный выключатель с головкой большого диаметра, красного цвета, включенный в цепь управления контактора.

С целью исключения возможности поражения обслуживающего персонала электрическим током и опасности зажатия людей между поворотной и неповоротной частями крана на них предусматривают блокировку (устанавливают блок-контакты, аналогичные по конструкции кнопочному конечному выключателю, — рис. 144, *б*) дверей входа в кабину управления, крышек люка настила, дверей перил и пр.

Контрольные вопросы

1. Как классифицируют устройства безопасности по принципу действия?
2. Какую функцию на ГПМ выполняют ограничители грузоподъемности?
3. Какой параметр ГПМ ограничивает ограничитель грузоподъемности?
4. Каково назначение ДУС и ДУГ в ОГП-1?
5. Для чего предназначены и как работают ограничители крайних положений механизмов?
6. Какие типы конечных выключателей применяют в различных механизмах ГПМ и почему?
7. Для чего предназначены и как выполнены концевые упоры?
8. Какие типы указателей применяют на современных ГПМ?
9. Для чего предназначены сигнализаторы и на каких принципах действия основана их работа?
10. В чем состоит основное отличие сигнализатора от указателя?
11. С какой целью необходимо контролировать скорость ветра? На что она влияет?
12. Какие приборы и каким образом контролируют скорость ветра?
13. Для чего предназначены и как работают противоугонные захваты? На какие машины их устанавливают?
14. С какой целью и каким образом выполняют защиту от вибрации?
15. С какой целью применяют нулевую защиту механизмов ГПМ и как ее осуществляют?
16. В чем состоит отличие максимальной защиты от нулевой?
17. С какой целью в настоящее время ГПМ начинают оснащать безопасными полиспастами?
18. Как устроен и работает одинарный безопасный полиспаст?
19. Как работает сдвоенный безопасный полиспаст?

Глава XVI
ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ МАШИН

Техническая эксплуатация — совокупность мероприятий, обеспечивающих готовность машины к эксплуатации и включающих транспортировку; монтаж (демонтаж) и испытания; приемку; техническое обслуживание и ремонт; обеспечение эксплуатационными материалами и запасными частями; хранение.

§ 1. Транспортирование машин

Очевидно, что наибольшую сложность представляют перебазирование с одного объекта на другой и транспортирование в пределах монтажной площадки стреловых кранов и такелажных средств большой грузоподъемности. Основным требованием при транспортировании кранов является соответствие его транспортных габаритов и нагрузки на ось параметрам дороги. Самоходные краны, удовлетворяющие этим требованиям, транспортируют своим ходом: автомобильные на расстоянии до 150 км, на спецшасси автомобильного типа на расстояние до 50 км. Средняя скорость перебазирования 22,5...20 км/ч — по городу и 40...11,7 км/ч — за городом в зависимости от категории дорог.

Так как стреловое оборудование является наиболее громоздкой частью крана, его складывают или разбирают, оставляя основную стрелу, которую располагают вдоль продольной оси машины, опускают на стойку и крепят крюковую подвеску к раме шасси оттяжкой. Остальные детали крана транспортируют на отдельной платформе.

Передвижные пневмоколесные краны транспортируют на буксире автотягачом со скоростью до 15 км/ч. При этом стрелу в транспортном положении размещают над тягачом, тормозную систему крана подключают к тягачу, а коробку передач механизма передвижения крана ставят в нейтральное положение.

Гусеничные (тракторные) краны транспортируют своим ходом на расстояние до 10 км, т. е. только в пределах монтажной площадки. В случае превышения кранами транспортных габаритов или нагрузки на ось (обычно это краны грузоподъемностью более 25 т) их перевозят на специальных транспортных средствах (трейлерах или железнодорожных платформах) с предварительной разборкой на основные сборочные единицы: поворотная платформа с механизмами и кабиной управления, ходовая рама, гусеничные тележки, стреловое оборудование, противовес и пр.

Башенные краны с неповоротной башней перевозят на серийных одноосных прицепах при помощи автотягачей, а мобильные краны (с поворотной башней) — на специальных четырехколесных подкатках тележках. В соответствии с требованиями ГОСТ 13556—76 высота и ширина автопоезда не должна превышать 4,2 м при длине до 28 м; нагрузка на колесо — не более 42,1 кН. Поэтому для кранов с грузовым моментом более 118,6 т·м применяют расположенные соосно подкатные тележки с расстоянием между

ними 2,12 м. При этом с крана снимают (демонтируют) промежуточные секции башни, головную секцию стрелы, кабину управления и противовес.

Рельсовые стреловые краны и такелажные средства перевозят на транспортных средствах общего назначения.

§ 2. Монтаж (демонтаж) кранов

Монтаж (сборку в рабочем положении) стреловых кранов производят при доставке на монтажную площадку в разобранном виде или при замене одного вида стрелового оборудования на другое (установка сменных секций стрелы, гуськов, БСО). Выбор способа монтажа крана, объем и трудоемкость монтажных работ зависят от типа крана, технологии его монтажа, рекомендованной инструкцией завода-изготовителя, наличия вспомогательных ГПМ.

Перед монтажем крана выполняют подготовительные работы: подготавливают основание (при необходимости укладывают крановый путь), подводят электроэнергию, устраивают заземление, опробывают вспомогательные ГПМ и подготавливают козлы (подставки). Тщательным образом осматривают металлоконструкции и сборочные единицы крана. Выявленные неисправности устраняют. Отверстия, пальцы, оси и резьбовые соединения очищают от грязи, ржавчины и покрывают защитным слоем смазки. Работы по монтажу кранов ведут с помощью собственных механизмов и дополнительных приспособлений (козлы, подставки, домкраты, лестницы и пр.) либо посредством вспомогательных ГПМ. Наиболее подробно разработана технология монтажа мобильных башенных кранов, для чего в их конструкциях предусмотрены специальные устройства, например монтажная лебедка, приспособление для заводки секций и пр.

Демонтаж стреловых кранов (процесс обратный монтажу) производят при подготовке к транспортированию, замене стрелового оборудования или ремонте кранов. Последовательность выполнения технологических операций и способы демонтажа крана изложены в инструкции по эксплуатации. Необходимо помнить, что наибольшие нагрузки в механизмах возникают в конце процесса опускания наиболее крупных элементов крана (башни, стрелы, противовеса), поэтому тормоза механизмов необходимо проверить до начала демонтажа, правильно отрегулировать и постоянно наблюдать за их работой. Вопросы испытаний и приемки кранов в работу изложены в § 3, гл. XIV.

§ 3. Монтаж (демонтаж), передвижение и испытание мачт

Монтажные мачты устанавливают в вертикальное (рабочее) положение при помощи ГПМ или вспомогательных такелажных средств. При этом поднимаемую мачту собирают и оснащают (крепят расчалки, обойму грузового полиспаста и запасовывают его канат) на земле в горизонтальном положении. При подъеме мачты методом скольжения ее стропят на 1...1,5 м выше центра тяжести (ц. т.), а методом поворота — нижнюю часть мачты соединяют с поворотным рычагом на опорной плите и при помощи вспомогательной ГПМ поворачивают из положения I в положение II (до угла 0,9...1,1 рад) и натягивают расчалки (рис. 119, *б*). Затем мачту отсоединяют от ГПМ и переводят в положение III с помощью укорочения соответствующей расчалки. В этом случае противоположная по направлению расчалка выполняет функцию тормозной оттяжки, а две другие постоянно удерживают мачту в плоскости подъема. Демонтируют мачту в обратной технологической последовательности.

При монтаже группы однотипного технологического оборудования, устанавливаемого на одной площадке, возникает необходимость передвигать монтажные мачты. Мачты передвигают при помощи основной тяговой лебедки или вспомогательной (рис. 152). Конец каната вспомогательной лебедки *2* крепят к основанию мачты, а с противоположной стороны крепят тормозную тягу *1*, ограничивающую передвижение. Вертикально стоящую мачту (положение I) передвигают в следующей последовательности. Удлиняя расчалки со стороны противоположной направлению движения, наклоняют мачту вперед (по ходу) на угол до 0,25 рад. Затем вспомогательной лебедкой подтягивают основание мачты, одновременно укорачивая расчалки, расположенные в направлении передвижения (положение II). Указанную операцию повторяют необходимое число раз, затем выводят мачту в требуемое положение (III). Мачты большой грузоподъемности передвигают на специальных салазках по рельсовому пути.

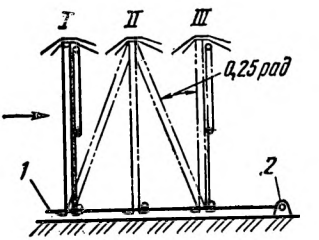


Рис. 152. Схема передвижения мачт

Перед каждым подъемом все такелажные средства (не-

зависимо от того были они в эксплуатации или их применяют впервые) освидетельствуют. Так же, как статические испытания ГПМ, такелажные средства испытывают под нагрузкой, на 25 % превышающей номинальную (расчетную) грузоподъемность. Для каждого вида такелажных средств разработаны нормы испытаний, предусматривающие характер испытаний, величины нагрузок, способ нагружения и время приложения нагрузки. Цель испытания — определение надежности и работоспособности такелажного сред-

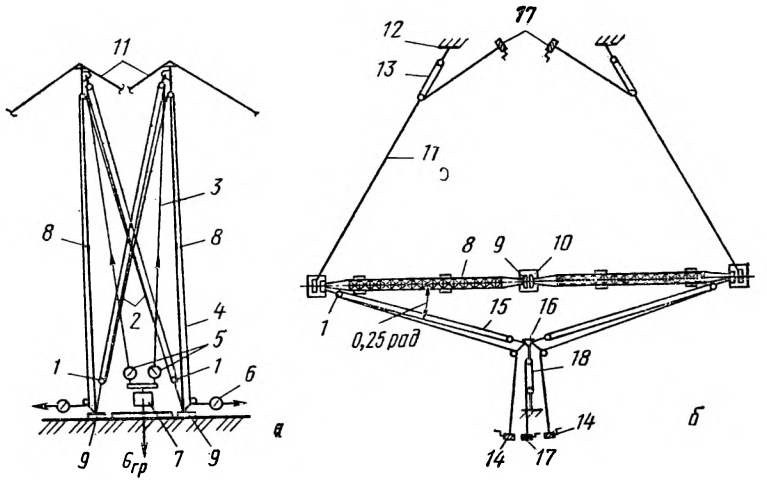


Рис. 153. Схемы испытания монтажных мачт (*а* — в вертикальном/рабочем положении; *б* — в горизонтальном положении):
1 — блочная обойма; *2, 13, 15, 18* — полиспасты; *3* — неподвижная ветвь каната; *4* — подвижная ветвь каната; *5, 6* — динамометры; *7* — контрольный груз; *8* — мачты; *9* — опорная плита; *10* — бетонная площадка; *11* — расчалка; *12* — якорь; *14, 17* — лебедки; *16* — треугольная траверса

ства, величин упругих деформаций и отсутствия местной потери несущей способности конструкции (трещины, разрывы, прогибы и выпучивания элементов и пр.).

Очевидно, что испытание мачт — наиболее сложное из всех видов испытаний, так как для приближения условий испытаний к реальным условиям эксплуатации мачты необходимо испытывать в вертикальном положении. При этом сложно визуально наблюдать за элементами мачты, расположенными на высоте.

ВНИИмонтажспецстрой разработал способ одновременного испытания двух мачт в вертикальном положении (рис. 153, *а*). Оригинальность способа состоит в том, что мачты нагружают не силой тяжести груза, а усилием грузовых

полиспастов, которые для создания реальных углов их наклона закреплены за основания соседних мачт. Неподвижные ветви канатов грузовых полиспастов через динамометры прикреплены к контрольному грузу небольшой расчетной массы, а подвижные ветви канатов запасованы на барабаны лебедок. Усилия в них также контролируют динамометры. Отрыв контрольного груза от земли в процессе испытания свидетельствует о приложении к мачтам испытательной нагрузки, величину которой дополнительно контролируют динамометры. Сравнение показаний динамометров *5* и *6* позволяет определить к. п. д. полиспастов и правильность их работы.

Для испытания мачт большой грузоподъемности и высоты указанный способ оказывается трудоемким и сложным, так как требует установки мачт в вертикальное положение и контроля их состояния. Поэтому Гипронефтеспецмонтаж разработал способ испытания таких мачт в горизонтальном положении (рис. 153, *б*). Две мачты укладывают на подставки соосно, опорными плитами одну к другой и крепят на бетонной площадке *10*. В горизонтальной плоскости мачты расчаливают и нагружают посредством лебедок и грузовых полиспастов, подвижные обоймы которых прикреплены к треугольной траверсе *16*, оттягиваемой от оси мачт дополнительной лебедкой *17* для создания необходимого угла наклона грузовых полиспастов. Очевидно, что условия данных испытаний не полностью соответствуют реальным условиям работы.

Другими словами, указанная система предупреждает прогрессирующее изнашивание деталей машин, уменьшает вероятность случайных отказов, позволяет осуществлять предварительную подготовку ремонтных работ и выполнять их качественно, увеличивает сроки службы машин и повышает эффективность их эксплуатации.

В процессе эксплуатации машин выполняют ежесменные технические обслуживания (ЕО), проводимые обычно перед началом смены; три вида технических обслуживаний (ТО-1, ТО-2 и ТО-3); а также сезонные обслуживания (СО), проводимые дважды в год при подготовке машины к летнему и зимнему сезонам. В состав работ планового ТО, имеющего более высокий порядковый номер, входят работы каждого из предшествующих ТО, включая ЕО. Система ППР предусматривает два вида ремонтов: текущий (Т) и капитальный (К).

Текущий ремонт проводят для гарантированного обеспечения работоспособности машины путем замены (восста-

новления) изношенных деталей и регулированием механизмов. Капитальный ремонт призван обеспечить восстановление исправности и полного (близкого к полному) ресурса машины путем замены (восстановления) любых изношенных сборочных единиц, включая базовые, и их регулированием. Текущие ремонты и ТО ГПМ выполняют непосредственно в условиях эксплуатации, т. е. на монтажной площадке, а капитальные — на специализированных предприятиях. Транспортные машины, как правило, обслуживают и ремонтируют в условиях базовых предприятий.

Виды ТО, ремонтов, периодичность их выполнения, состав и порядок проведения работ указаны в заводской инструкции по эксплуатации машины и в нормативных документах, на основании которых лицо, ответственное по надзору, разрабатывает, а администрация предприятия утверждает соответствующий график. Так, для самоходного стрелового гусеничного крана грузоподъемностью 40 т периодичность выполнения ТО-1, ТО-2 и ТО-3 составляет соответственно 60, 240 и 960 ч, а продолжительность указанных работ 0,4, 1 и 1 дн. Периодичность и продолжительность выполнения Т и К составляют 960, 5760 ч и 15, 32 дня соответственно. Необходимо отметить, что текущий ремонт (Т) машин на базе автомобилей (тракторов) и с приводом от их двигателей по периодичности проведения совпадает с ТО-3, поэтому их выполняют одновременно. Периодичность проведения ТО и ремонтов транспортных машин рассчитывают не в часах, а в километрах пробега. Проведение СО рекомендуется совмещать с одним из видов ТО. Средняя продолжительность СО составляет 1 день. Как правило ТО машин выполняют во время технологических перерывов в работе (внесменное время, дни отдыха) без нарушения ритмичности процесса основного производства.

Контрольные вопросы

1. Какие мероприятия включает в себя техническая эксплуатация машин?
2. Как транспортируют стреловые краны?
3. Изложите основные принципы монтажа (демонтажа) кранов.
4. Как монтируют (демонтируют) и передвигают мачтовые подъемники?
5. Какова цель статических испытаний такелажных средств? Изложите основные способы испытания монтажных мачтовых подъемников.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение I

Таблица 1. **Единицы физических величин**

Наименование величины	Единица измерения в системе СИ	Сокращенное русское обозначение	Соотношение с системой МКГСС
1	2	3	4
	Основные единицы		
Длина	метр	м	1 м$=10^2$ см
Масса	килограмм	кг	1 кг$=10^3$ г
Время	секунда	с	1 с$=2{,}78\cdot10^{-4}$ ч
Сила электрического тока	ампер	А	1 А=1 а
	Дополнительные единицы		
Плоский угол	радиан	рад	1 рад=57,4 град
	Произвольные единицы		
Площадь	квадратный метр	м^2	1 м$^2=10^4$ см^2
Объем	кубический метр	м^3	1 м$^3=10^6$ см^3
Плотность, объемная масса	килограмм, деленный на кубический метр	кг/м$^{-3}$	кг/м$^3=10^{-3}$г/см^3
Скорость	метр в секунду	м$\cdot$с$^{-1}$	1 м$\cdot$с$^{-1}$=1 м/с
Угловая скорость	радиан в секунду	рад$\cdot$с$^{-1}$	1 рад$\cdot$с$^{-1}$=0,105 об/мин
Частота вращения	секунда в минус первой степени	с$^{-1}$	1 с$^{-1}$=1 об/с=1 об/ /мин/60
Частота колебаний	герц	Гц	1 Гц=с$^{-1}$
Сила, вес	ньютон	Н (м$\cdot$кг$\cdot$с$^{-2}$)	1 Н=0,102 кгс
Момент инерции	килограмм, умноженный на квадратный метр	кг$\cdot$м^2	1 кг$\cdot$м^2=1 кг$\cdot$м^2
Момент силы	ньютон, умноженный на метр	Н$\cdot$м	1 Н$\cdot$м=0,102 кгс$\cdot$м
Работа, энергия	джоуль	Дж (м$^2\cdot$кг$\cdot$с$^{-2}$)	1 Дж=1 Н$\cdot$м=0,102 кгс$\cdot$м
Мощность	ватт	Вт (м$^2\cdot$кг$\cdot$с$^{-3}$)	1 Вт=1 Дж$\cdot$с$^{-1}$= =0,102 кгс$\cdot$м$\cdot$с$^{-1}$, 1 кВт=1 кДж$\cdot$с$^{-1}$= =1,36 л. с.
Давление, напряжение	паскаль	Па (м$^{-1}\cdot$кг$\cdot$с$^{-2}$)	1 Па=1 Н/м^2=1,02$\times$ $\times10^{-5}$ кгс$\cdot$см$^{-2}$

Таблица 2. Приставки для образования кратных и дольных единиц

Название приставки	Величина	Сокращенное обозначение	Название приставки	Величина	Сокращенное обозначение
экса	10^{18}	Э	деци	$0,1=10^{-1}$	д
пета	10^{15}	П	санти	$0,01=10^{-2}$	с
тера	10^{12}	Т	милли	$0,001=10^{-3}$	м
гига	10^{9}	Г	микро	10^{-6}	мк
мега	10^{6}	М	нано	10^{-9}	н
кило	$1000=10^{3}$	к	пико	10^{-12}	п
гекто	$100=10^{2}$	г	фемто	10^{-15}	ф
дека	$10=10^{1}$	да	атто	10^{-18}	а

Приложение II

Таблица 1. Технические характеристики стальных проволочных канатов (выборочные данные по ГОСТ)

Диаметр каната, мм	Площадь поперечного сечения проволок, мм²	Масса 1000 м каната, кг	Разрывное усилие каната в целом, кН, при маркировочной группе проволок, МПа			
			1666	1764	1862	1960
Канат 6×36+1 о. с. (ГОСТ 7668—80) с числом проволок 216 шт., тип касания ЛК-РО						
11,5	51,96	513	70,95	75,1	78,2	80,7
13,5	70,55	696,5	96,3	101,5	106	109
15	82,16	812	111,5	116,5	122,5	128
16,5	105,73	1045	144	150	157,5	165
18	125,78	1245	171,5	175,5	186,5	190
20	154	1520	210	215	229	233,5
22	185,1	1820	252,5	258,5	275	280,5
23,5	216	2130	294	304	321	338
25,5	252,46	2495	344	352,5	375,5	383
27	283,8	2800	387,5	396,5	422	430,5
29	325,4	3215	444	454,5	484	493,5
31	370	3655	505	517	550,5	561,5
Канат 6×37+1 о. с. (ГОСТ 3079—80) с числом проволок 222 шт., тип касания ТЛК-0						
11,5	47,01	468	66,5	68,75	71,7	74,5
13,5	66,56	662,5	94,2	97,1	100,5	105,5
15,5	85,54	851,5	121	124	130	136
17	107	1065	151	155,5	162,5	170
19,5	135,5	1350	191,5	197	206,5	215,5
21,5	167,6	1670	237	244,5	255,5	266,5
23	193,6	1930	274	283	295	307
25	225,4	2245	318,5	328,5	343	358,3

Диаметр каната, мм	Площадь поперечного сечения проволок, мм²	Масса 1000 м каната, кг	Разрывное усилие каната в целом, кН, при маркировочной группе проволок, МПа			
			1666	1764	1862	1960
27	266,25	2650	376,5	388,5	406	423,5
29	303	3015	428,5	441,5	464	482
30,5	342,16	3405	484	499	522	544,5
Канат 6×37+1 о. с. (ГОСТ 3071—74) с числом проволок 222 шт., типа касания ТК						
11,5	43,85	427	61,05	62,55	—	67,95
13,5	63	613,5	87,7	89,6	—	97,65
15,5	85,8	834,5	119	122	—	132,5
22,5	174,8	1705	243,5	249	—	270,5
24,5	211,5	2060	294,5	301,5	—	327,5
27,0	252,3	2455	351	360	—	390,5
29	296	2880	412	422	—	458
33,5	394	3835	548,5	561,5	—	610
Канат 6×36+7×7 (ГОСТ 7669—80) с числом проволок 265 шт., типа касания ЛК-РО						
10,5	52,9	482	70,4	71,8	75,8	77,5
13	80,46	733	106,5	108,5	115,6	118,5
14,5	96,36	906	128	130	138,5	141,5
16	121,87	1145	162	165	175	178,5
17,5	145	1300	193	196	209	213
19,5	179	1630	238,5	242,5	258	263
21	213,4	1950	284	289,5	307	313,5
23	251,2	2290	334,5	341	362	368,5
25	292,1	2660	389	396	417,5	429
26	327,4	2975	436	444	472	480,5
28	373,2	3395	497	506,5	538	547,5
30	426,8	3890	568	579	615	627
32,5	487,5	4445	649	661,5	703	716
Канаты 6×19+1 о. с. (ГОСТ 2688—80) с числом проволок 114 шт., тип касания ЛК-Р						
11	47,19	461,6	66,75	68,8	72	75,15
12	53,9	527	76,2	78,53	81,9	85,75
13	61	596,6	86,3	89	92,8	97
14	74,4	728	105	108	112,5	118
15	86,28	844	122	125,5	131	137
16,5	104,6	1025	147,5	152	159	166
18	124,7	1220	176	181,5	189,5	198
19,5	143,6	1450	203	209	218,5	228
21,5	176	1635	236	243,5	254	265,5
22,5	188,8	1850	267	275	287,5	303,5
24	215,5	2110	304,5	314	328	343
25,5	244	2390	345	355,5	372	388,5

Диаметр каната, мм	Площадь поперечного сечения проволок, мм²	Масса 1000 м каната, кг	Разрывное усилие каната в целом, кН, при маркировочной группе проволок, МПа			
			1666	1764	1862	1960
27	274,3	2680	388	399,5	418	436,5
28	297,6	2910	421	434	453,5	473
30,5	356,7	3490	504,5	520	544	567,5
32	393	3845	566	573	599,5	625,5

Приложение III

Таблица 1. **Технические характеристики инвентарных канатных стропов (выборочные данные) по ОСТ 24.090.48—79**

Обозначение	Грузоподъемность, т	Длина, м	Канатная ветвь	Количество ветвей, шт.
1СК-0,32	0,32	0,9...51	ВК—0,32	1
1СК-0,63	0,63	1,1...10,1	ВК—0,63	
1СК-1,0	1,0	1,1...15,1	ВК—1,0	
1СК-1,25	1,25	1,1...15,1	ВК—1,25	
1СК-1,6	1,6	1,4...16,2	ВК—1,6	
1СК-2,0	2,0	1,4...16,2	ВК—2,0	
1СК-2,5	2,5	1,4...16,2	ВК—2,5	
1СК-3,2	3,2	1,5...20,3	ВК—3,2	
1СК-4,0	4,0	1,5...20,3	ВК—4,0	
1СК-5,0	5,0	1,5...20,3	ВК—5,0	
1СК-6,3	6,3	2...20,1	ВК—6,3	
1СК-8,0	8,0	2...20,1	ВК—8,0	
1СК-10,0	10,0	2...20,1	ВК—10,0	
1СК-12,5	12,5	2,5...20,5	ВК—12,5	
1СК-16,0	16,0	2,5...20,5	ВК—16,0	
1СК-20,0	20,0	2,5...20,5	ВК—20,0	
2СК-0,4	0,4	0,9...5,1	ВК—0,32	2
2СК-0,63	0,63	1,1...10,1	ВК—0,5	
2СК-1,0	1,0	1,1...15,1	ВК—0,8	
2СК-1,25	1,25	1,1...15,1	ВК—1,0	
2СК-1,6	1,6	1,1...15,1	ВК—1,25	
2СК-2,0	2,0	1,4...16,2	ВК—1,6	
2СК-2,5	2,5	1,4...16,2	ВК—2,0	
2СК-3,2	3,2	1,4...16,2	ВК—2,5	
2СК-4,0	4,0	1,5...20,3	ВК—3,2	
2СК-5,0	5,0	1,5...20,3	ВК—4,0	
2СК-6,3	6,3	1,5. .20,3	ВК—5,0	
2СК-8,0	8,0	2...20,4	ВК—6,3	
2СК-10,0	10,0	2...20,4	ВК—8,0	
2СК-12,5	12,5	2...20,4	ВК—10,0	
2СК-16,0	16,0	2,5...20,5	ВК—12,5	

Обознач	Грузоподъемность, т	Длина, м	Канатная ветвь	Количество ветвей, шт.
2СК-20,0	20,0	2,5...20,5	ВК—16,0	
2СК-25,0	25,0	2,5...20,5	ВК—20,0	
3СК-0,63	0,63	0,9...5,1	ВК—0,32	
3СК-1,0	1,0	1,2...10,2	ВК—0,5	
3СК-1,25	1,25	1,2...10,2	ВК—0,63	
3СК-1,6	1,6	1,2...15,2	ВК—0,8	
3СК-2,0	2,0	1,2...15,2	ВК—1,0	
3СК-2,5	2,5	1,2...15,2	ВК—1,25	
3СК-3,2	3,2	1,6...16,3	ВК—1,6	
3СК-4,0	4,0	1,6...16,3	ВК—2,0	3
3СК-5,0	5,0	1,6...16,3	ВК—2,5	
3СК-6,3	6,3	1,7...20,4	ВК—3,2	
3СК-8,0	8,0	1,7...20,4	ВК—4,0	
3СК-10,0	10,0	1,7...20,4	ВК—5,0	
3СК-12,5	12,5	2,2...20,6	ВК—6,3	
3СК-16,0	16,0	2,2...20,6	ВК—8,0	
3СК-20,0	20,0	2,2...20,6	ВК—10,0	
4СК-0,63	0,63	0,9...1,5	ВК—0,32	
4СК-0,8	0,8	0,9...5,1	ВК—0,32	
4СК-1,0	1,0	0,9...5,1	ВК—0,4	
4СК-1,25	1,25	1,2...10,2	ВК—0,5	
4СК-1,6	1,6	1,2...10,2	ВК—0,63	4
4СК-2,0	2,0	1,3...15,3	ВК—0,8	
4СК-2,5	2,5	1,3...15,3	ВК—1,0	
4СК-3,2	3,2	1,3...15,3	ВК—1,25	
4СК-4,0	4,0	1,6...16,4	ВК—1,6	
4СК-5,0	5,0	1,6...16,4	ВК—2,0	
4СК-6,3	6,3	1,6...16,4	ВК—2,5	
4СК-8,0	8,0	1,8...20,5	ВК—3,2	
4СК-10,0	10,0	1,8...20,5	ВК—4,0	
4СК-12,5	12,5	1,8...20,5	ВК—5,0	
4СК-16,0	16,0	2,3...20,7	ВК—6,3	
4СК-20,0	20,0	2,3...20,7	ВК—8,0	
4СК-25,0	25,0	2,3...20,7	ВК—10,0	
4СК-32,0	32,0	2,7...20,7	ВК—12,5	

Таблица 2. **Диаметры канатов для изготовления ветвей и стропов (выборочные данные по ОСТ 24.090.48—79)**

Обозначение	Грузоподъемность, т	Разрывное усилие каната в целом, КН, не менее	Маркировочная группа проволок, МПа					
			1568			1764		
			диаметр каната, мм по ГОСТ					
			3071-74	7668-80	7669-80	3071-74	7668-80	7669-80
ВК-0,32; УСК1-0,32	0,32	19,2	7,6	—	—	6,3	6,3	5,9

Обозначение	Грузоподъемность, т	Разрывное усилие каната в целом, КН, не менее	Маркировочная группа проволок, МПа					
			1568			1764		
			диаметр каната, мм по ГОСТ					
			3071-74	7668-80	7669-80	3071-74	7668-80	7669-80
ВК-0,63; УСК1-0,63	0,63	37,8	—	—	8,6	9	—	—
ВК-0,8; УСК1-0,8	0,8	48	11,5	9,7	—	—	9,7	18,6
ВК-1,0; УСК1-1,0	1,0	60	—	11,5	10,5	11,5	—	10,5
ВК-1,25; УСК1-1,25	1,25	75	13,5	—	—	—	11,5	—
ВК-1,6; УСК1-1,6	1,6	96	15,5	15	13	—	—	13
ВК-2,0; УСК1-2,0	2,0	120	—	16,5	14,5	15,5	15	14,5
ВК-2,5; УСК1-2,5	2,5	150	22,5	18	16	—	16,5	16
ВК-3,2; УСК1-3,2	3,2	192	—	20	19,5	—	20	17,5
ВК-4,0; УСК1-4,0	4,0	240	—	22	21	22,5	22	19,5
ВК-5,0; УСК1-5,0	5,0	300	—	22,5	23	24,5	23,5	23
ВК-6,3; УСК1-6,3	6,3	378	29	27	26,5	—	27	25
ВК-8,0; УСК1-8,0	8,0	480	33,5	31	30	—	31	28
ВК-10,0; УСК1-10,0	10,0	600	—	34,5	32,5	36,5	33	32,5
ВК-12,5; УСК1-12,5	12,5	750	—	39,5	36,5	39,5	—	35,5
ВК-16,0; УСК1-16,0	16,0	960	—	44,5	42	44,5	43	39
ВК-20,0; УСК1-20,0	20,0	1200	—	50,5	49,5	49	46,5	45,5
ВК-25,0; УСК1-25,0	25,0	1500	66,5	56	52	—	53,5	49
УСК1-28,0	28,0	1680	66,5	58,5	57	—	56	52
УСК1-32,0	32,0	1920	—	63	60,5	—	60,5	57
УСК2-0,5	0,5	15	—	—	—	5,8	—	—
УСК2-0,63	0,63	18,9	—	—	—	6,3	—	5,9
УСК2-0,8	0,8	24	7,6	—	—	—	6,7	6,4
УСК2-1,0	1,0	30	8,5	—	—	—	—	7,2
УСК2-1,25	1,25	37,5	—	—	—	9	8,1	—
УСК2-1,6	1,6	48	11,5	9,7	86	—	9,7	8,6
УСК2-2,0	2,0	60	—	11,5	10,5	11,5	—	10,5
УСК2-2,5	2,5	75	13,3	—	—	—	11,5	—
УСК2-3,2	3,2	96	15,5	15	13	—	—	13

Обозначение	Грузоподъемность, т	Разрывное усилие каната в целом, КН, не менее	Маркировочная группа проволок, МПа					
			1568			1764		
			диаметр каната, мм по ГОСТ					
			3071-74	7668-80	7669-80	3071-74	7668-80	7669-80
УСК2-4,0	4,0	120	—	16,5	14,5	15,5	15	14,5
УСК2-5,0	5,0	150	22,5	18	16	—	16,5	16
УСК2-6,3	6,3	189	22,5	20	19,5	—	20	17,5
УСК2-8,0	8,0	240	—	22	21	22,5	22	19,5
УСК2-10,0	10,0	300	—	25,5	23	24,5	23,5	23
УСК2-12,5	12,5	375	29	—	—	—	27	25
УСК2-16,0	16,0	490	33,5	31	30	—	31	28
УСК2-20,0	20,0	600	—	34,5	32,5	36,5	33	32,5
УСК2-25,0	25,0	750	—	39,5	36,5	39,5	—	35,5
УСК2-28,0	28,0	840	44,5	42	39	—	39,5	36,5
УСК2-32,0	32,0	960	—	44,5	42	44,5	43	39

Примечания: 1) грузоподъемность приведена при вертикальном положении ветвей и стропов; 2) длина стропов УСК1...30 м, а стропов УСК2-0,8...30 м.

Приложение IV

Основные технические характеристики манипуляторов и промышленных подъемно-транспортных роботов

Тип, марка	Область применения	Грузоподъемность, кг	Число степеней подвижности, шт.	Тип исполнительного привода	Масса, кг	Конструктивные особенности
			Манипуляторы			
КШ-63	Погрузочно-разгрузочные работы	63	3	Пневматический	324	Шарнирно-балансирный, неподвижный
МП-100	Погрузочно-разгрузочные и перегрузочные работы	100	4	Электромеханический	200	Шарнирно-балансирный, подвижный
МУ-1	Погрузочно-разгрузочные работы и межоперационные перемещения	100	3	Пневматический	500	Шарнирно-уравновешенный, неподвижный
КШ-160МЛ	Погрузочно-разгрузочные и складские работы, межоперационные перемещения	125	4	То же	465	Шарнирно-уравновешенный, подвижный

Продолжение

Тип, марка	Область применения	Грузоподъемность, кг	Число степеней подвижности, шт.	Тип исполнительного привода	Масса, кг	Конструктивные особенности
	Промышленные роботы					
МАН-63С	Погрузочно-разгрузочные работы, передача деталей с конвейера на конвейер	63	5	Гидравлический	1050	Неподвижный, однорукий, схват механический
МАН-100П	Загрузка и разгрузка подвесных толкающих и напольных конвейеров	100	6	То же	1200	Подвижный, напольный, однорукий, схват механический
МАК-1-50	Загрузка и разгрузка подвесных грузонесущий конвейеров	50	4	»	750	Подвижный, на подвесных путях
МАК-2-320		320	4	»	800	То же

Приложение V

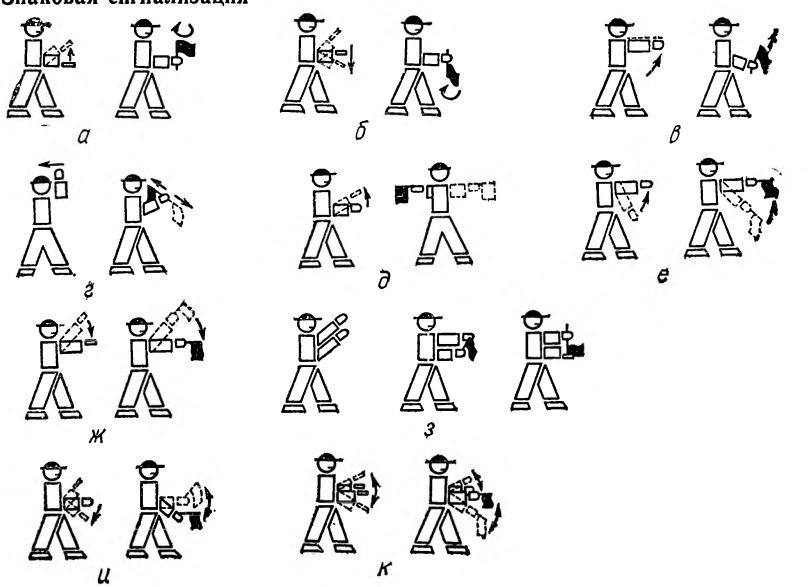
Основные параметры ветра

Баллы по шкале Бофорта	Обозначение	Средняя скорость ветра		Критерии визуальной оценки
		км/ч	м/с	
1	2	3	4	5
3	Слабый	12,2...18,7	3,4...5,2	Листья, тонкие ветки деревьев и флаги непрерывно колеблются. Поверхность стоячей воды рябит
4	Умеренный	19...26	5,3...7,4	Ветки деревьев без листвы колеблются. Пыль и обрывки бумаги поднимаются с земли
5	Свежий	27...35,2	7,5...9,8	Полотнища больших флагов натянуты. Большие покрытые листвой ветки деревьев начинают колебаться. Движение воздуха ощущается рукой, слышен свист в ушах

Баллы по шкале Бофорта	Обозначение	Средняя скорость ветра		Категории визульной оценки
		км/ч	м/с	
1	2	3	4	5
6	Сильный	35,6...44,6	9,9...12,4	Крупные сучья деревьев колеблются. Слышен свист ветра около домов и др. неподвижных предметов. Натянутые провода гудят
7	Крепкий	45...54,7	12,5...15,2	Стволы небольших деревьев без листвы качаются. Ходьба против ветра заметно затруднена
8	Шторм	55...65,5	15,3...18,2	Большие деревья качаются; ветки и мелкие сучья ломаются. Для того чтобы идти против ветра, необходимо нагнуться
9	Сильный шторм	65,9...77,3	18,3...21,5	Большие деревья гнутся; крупные голые сучья ломаются. Легкие предметы срываются с места; крыши домов получают повреждения

Приложение VI

Знаковая сигнализация



Рабочее движение машины (команда)	Изображение	Выполнение команды
Поднять крюк или груз	Рис. *а*	Рука согнута в локте (на уровне пояса перед грудью). Прерывистое движение руки (ладонью вверх) вверх или круговые движения флажком, направленным вверх
Опустить крюк или груз	Рис. *б*	Рука согнута в локте (на уровне пояса, перед грудью). Прерывистое движение руки (ладонью вниз) вниз или круговые движения флажком, направленным вниз
Передвинуть кран	Рис. *в*	Рука вытянута перед ладонью по направлению требуемого движения. Движение руки в том же направлении. Рука с флажком, направленным в сторону требуемого движения, согнута в локте (на уровне пояса, перед грудью)
Передвинуть грузовую тележку	Рис. *г*	Рука согнута в локте ладонью по направлению требуемого движения. Движение руки в том же направлении. Рука с флажком, направленным в сторону требуемого движения, согнута в локте (выше плеча)
Повернуть стрелу	Рис. *д*	Рука согнута в локте ладонью по направлению требуемого движения. Рука с флажком, направленным в сторону требуемого движения, вытянута вперед (на уровне плеча). Движение руки горизонтально по дуге в том же направлении
Поднять стрелу	Рис. *е*	Подъем вытянутой (прямой) руки с раскрытой ладонью (флажком в руке) из нижнего в верхнее вертикальное положение
Опустить стрелу	Рис. *ж*	Опускание вытянутой (прямой) руки с раскрытой ладонью (флажком в руке) из верхнего в нижнее вертикальное положение
Осторожно	Рис. *з*	Кисти вытянутых вперед рук обращены ладонями друг к другу, флажок в правой руке (в положении подачи основной команды) и уперт в раскрытую ладонь левой руки
Прекратить движение	Рис. *и*	Рука согнута в локте (на уровне пояса, перед грудью). Резкое движение руки с ладонью, обращенной вниз (или флажком) по горизонтали вправо и влево

Продолжение

Рабочее движение машины (команда)	Изображение	Выполнение команды
Стоп (аварийная ситуация)	Рис. *к*	Руки согнуты в локтях (на уровне пояса, перед грудью). Резкое движение руками с ладонями, обращенными вниз (или флажком в правой руке), по горизонтали вправо и влево.

Рекомендательный библиографический список

1. *Александров М. П.* Подъемно-транспортные машины. — М.: «Машиностроение», 1984. 334 с.
2. *Епифанов С. П., Поляков В. И.* Пневмоколесные и гусеничные краны. — М.: «Высшая школа», 1985. 310 с.
3. *Лощаков К. А., Чичкин В. А.* Безопасная эксплуатация грузоподъемных машин. — К.: «Будивельник», 1984. 176 с.
4. *Матвеев В. В., Крупин Н. Ф.* Примеры расчета такелажной оснастки. — Л.: Стройиздат, 1988. 218 с.
5. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов. — М.: «Металлургия», 1981. 168 с.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

А

Автоматизация 186
Автомобиль 325
Агрегат 11

Б

Барабан 94
Баржа 345
Блок:
  канатный 94, 133
  монтажный 11, 139
Буксир 345

В

Вертолет монтажный 348
Время цикла 13
Втулка обжимная 61
Вышка монтажная 364

Г

Гидромотор 13
Груз монтажный 14
Грузоподъемность 28
Гусеницы 12

Д

Двигатель 157, 321
Движитель 12
Деталь 10
Домкрат 153
  — гидравлический 201
  — механический 138

Е

Единица сборочная 11

З

Зажим клиновой 60
Захват бестросовый 308
Звездочка 94
Звено 11

И

Изделие составное 11

К

Кабина 183
Канат:
  концевые крепления 57
  расчет и выбор 55
  стальной проволочный 46
Карбюратор 11
Каток 12, 315
Колесо 11, 121
Компьютер 187
Контактор линейный общий 398
Кран:
  автомобильный 16, 229
  башенный 16, 27, 28, 264, 271

гусеничный 16, 27, 242
железнодорожный 262
козловый электрический 16, 280
мачтовый 27
мостовой 25, 277
специальный самоподъемный 275
стрела 11
стреловой рельсовый 274
— самоходный 16, 228, 247, 264
— — пневмоколесный 16, 27, 235
тракторный 27, 256
трубоукладчик 27, 256
штабелер 25, 287
Крюк грузовой 70

Л

Лебедка:
монтажная 215
рычажная 299

М

Манипулятор 188
Мачта монтажная 293
Машина грузоподъемная 15
Металлоконструкция 12
Момент 29

Н

Нагрузка осевая 22
— ветровая 41
— — динамическая 39
— нормативная 40
Надежность 13

О

Обойма монтажная 139
Опрессовка 11
Оснастка 11
Останов:
храповой 101
роликовый 101

П

Петля грузовая 70
Пневмодвигатель 13
Погрузчик универсальный 338
Полиспаст 133
— безопасный 393
— крановый 137
Полуприцеп 333
Приборы безопасности 374
Привод машинный 154
— — гидравлический 28, 157
— — комбинированный 28, 166
— — механический 28
— — электрический 28, 156
— ручной 151
Прицеп 333
Пути крановые 228

Р

Растроповка 13
Редуктор 12
Ремонт планово-предупредительный 405
Робот промышленный 193
Рукоятка безопасная 102

С

Сани 315
Сигнализатор 386
Система управления 11, 12, 179
Средства такелажные 16, 291
Стандартизация 13
Стропы многоветвевые канатные 304

Т

Такелаж 16
Таль:
червячная 219
шестеренная 219
электрическая 219
Тара общего назначения 20
Тележка 315
Толкатель электрогидравлический 115
Тормоз:
колодочный 108
ленточный 105
момент расчетный 116
шкив 11
Траверса балансирная 89
Трактор 328
Трансмиссия 27
Транспорт 341, 343, 347

У

Узел 11
Указатель 386
Унификация 13
Управление дистанционное 185

Ц

Цикл 13
Цепь стальная 61
— сварная 63
— — грузовая некалиброванная 64
— — калиброванная 64
— — — пластинчатая 64

Ш

Шарнир 310
Шасси 11
Шевр 297
Шина пневматическая 122
Шток 109

Э

Электрогенератор 12
Электродвигатель 12
Электрооборудование 12
Элемент 11

Я

Якорь:
винтовой 299
заглубленный 299
наземный 299
полузаглубленный 299