

ОП.09 Грузоподъемные и транспортные устройства

Общие сведения о гибких тяговых органах, применяемых в грузоподъемных машинах

В грузоподъемных машинах в качестве гибких тяговых органов применяются канаты и цепи.

Из всех существующих наиболее широкое применение нашли стальные проволочные канаты. Основные параметры их регламентированы ГОСТ 3241-80. Канаты изготавливают из высокопрочной стальной проволоки диаметром $0,2 \div 3$ мм марок высшей (В) и первой (1) по ГОСТ 7372-79 с временным сопротивлением разрыву $\delta_{вр} = 1400 \div 2000$ МПа. Высокая прочность проволоки достигается многократным холодным волочением с промежуточной химической и термической обработкой. С увеличением прочности проволочек повышается жесткость каната и уменьшается срок службы вследствие снижения усталостной прочности при изгибе. Уменьшение прочности проволочек приводит к увеличению диаметров каната, блоков и барабанов, т. е. габаритов машины.

Канаты, работающие в сухих помещениях, изготавливают из светлых (не покрытых другими металлами) проволочек, а в сырых помещениях — из оцинкованных проволочек. Последние являются коррозиестойкими, но прочность их снижается примерно на 10 % за счет отпуска при оцинковании. Оцинкованные проволочки слабо сопротивляются действию кислот.

Канаты изготавливают на специальных канатовьющих машинах. По количеству переходов канаты бывают одинарной; двойной и тройной свивки. Если пучок проволочек сразу свивают в канат, то получают канат одинарной свивки (рис. 1). Такие канаты еще называют спиральными. Они обладают повышенной жесткостью и их применяют в качестве оттяжек и несущих элементов в кабельных кранах и подвесных канатных дорогах. Для получения более ровной наружной поверхности внешний ряд изготавливают из проволочек фасонного сечения (например, z-образных). Такие канаты называются закрытыми спиральными.

Если наружное кольцо сделано путем комбинации профилированных и круглых проволочек, то канат называют полузакрытым.

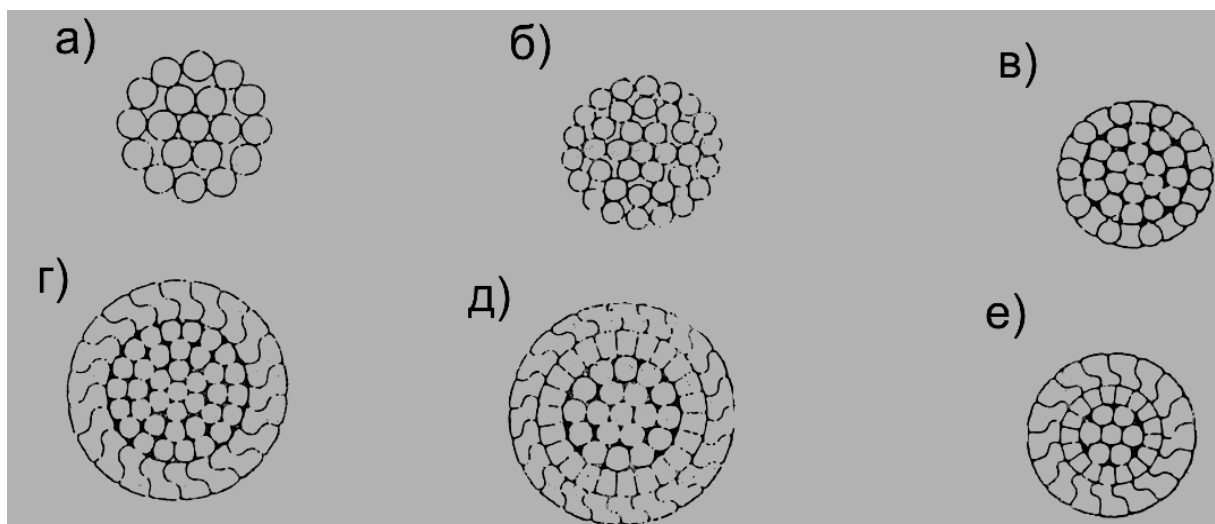


Рис. 1. Канаты одинарной свивки (спиральные): а, б - открытые; в - полужакрытые; г, д, е – закрытые.

В канатах двойной свивки (рис 2.) сначала проволоочки свивают в пряди (стренги), а затем пряди свиваются в канат вокруг центрального сердечника. Эти канаты называют тросами. Они нашли наибольшее применение в грузоподъемных машинах.

Различают три вида центральных сердечников в канатах двойной свивки: пеньковые, асбестовые и металлические. Наибольшее распространение получили пеньковые сердечники, которые пропитывают смазкой. При работе каната смазка выдавливается и уменьшает трение между проволоочками и износ их осуществляет защиту от коррозии. Это увеличивает гибкость каната. Асбестовые сердечники используют в канатах при работе крона в горячих цехах, а металлические сердечники — при многослойной навивке каната на барабан. В качестве металлического сердечника может использоваться отдельная прядь или целый канат двойной свивки (рис. 2, б).

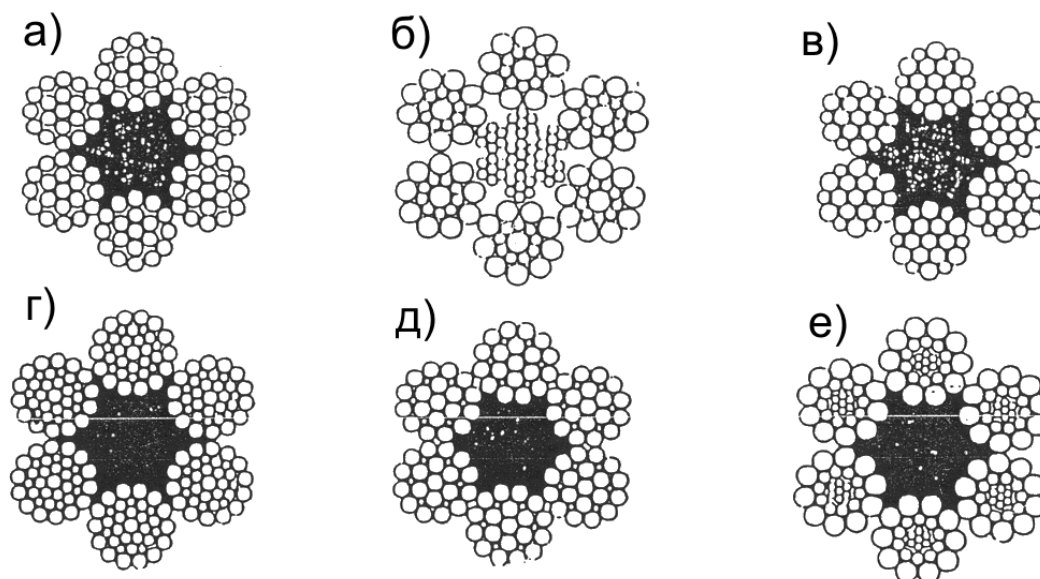


Рис. 2. Канаты двойной свивки (тросы): а - ТК6х19 [1+6+12] +1.0.С, ГОСТ 3070-88; б - ЛК-06х19 [1+9+9]+7х7 [1+6], ГОСТ 3081-80; в - ЛК-Р6х19[1+6+6/6]+1.0.С, ГОСТ 2688-80; г - ЛК-Р06х36 [1+7+7/7+14]+7х7 [1+6], ГОСТ 7669-80; д - ЛК-36х25 [1+ 6+12/6]+1.0.С, ГОСТ 7665-80; е - ТЛК-06х27 [1+6+10+10]+1.0.С, ГОСТ 3079-80

Канаты различают по направлениям свивки (рис. 3). Свивка прядей и каната в целом может быть правой или левой. Если направления свивки прядей и каната совпадают, то образуется канат односторонней (параллельной) свивки, а если не совпадают, то получается канат крестовой свивки. В канатах комбинированной свивки проволоочки в смежных прядях свиты в противоположных направлениях, которые совпадают или не совпадают с поправлением свинки каната.

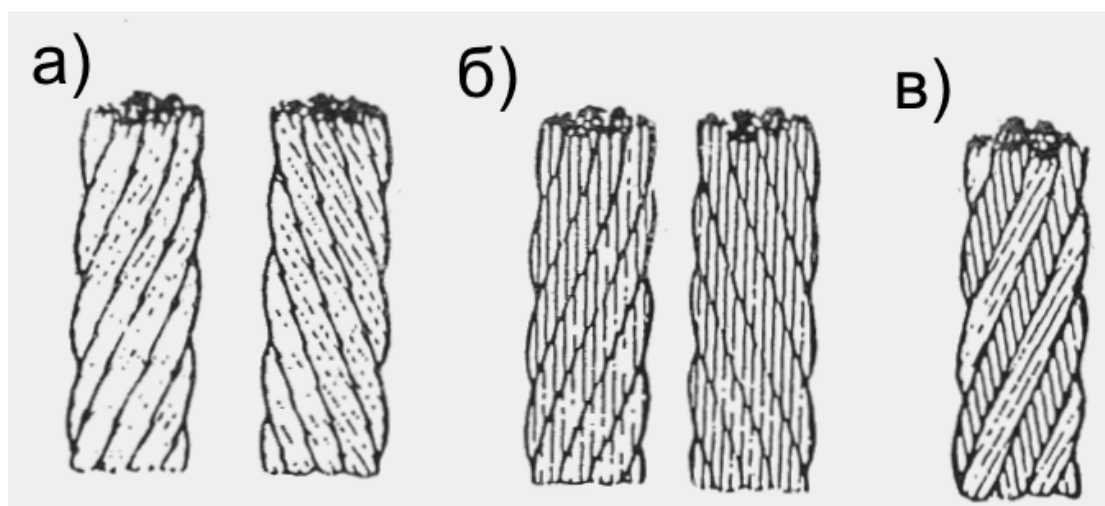


Рис. 3. Типы канатов по направлению свивки: а - крестовая соответственно правая и левая; б - односторонняя правая и левая; в - комбинированная правая.

По сравнению с канатами крестовой свивки канаты односторонней свивки имеют большую гибкость, более гладкую наружную поверхность, что обеспечивает большую площадь контакта и снижение давлений на блоках и барабанах способствующих уменьшению износа. К их недостаткам следует отнести повышенную способность к расплющиванию на огибаемых поверхностях и склонность к самораскручиванию. Последнее не позволяет подвешивать грузы к одной ветви каната. Оборванные проволоочки каната самораскручиваются на большой длине, что создает неудобства в эксплуатации. При резком ослаблении канатов происходил их закручивание. Поэтому, несмотря на значительные преимущества, канаты с односторонней свивкой не нашли широкого применения на практике.

Канаты крестовой свивки более жесткие и менее износостойкие вследствие точечного контакта проволочек и высоких напряжений смятий в месте контакта, но им не присущи указанные выше недостатки канатов односторонней свивки. В канатах комбинированной свивки объединены достоинства обоих типов канатов.

Правое и левое направление свивки каната необходимо учитывать при креплении каната на барабане и направлении его вращения. Для увеличения прочности и долговечности каната при наматывании его на барабан должно происходить дополнительное подкручивание.

Различают два вида касания проволочек по слоям: линейное и точечное (рис. 4).

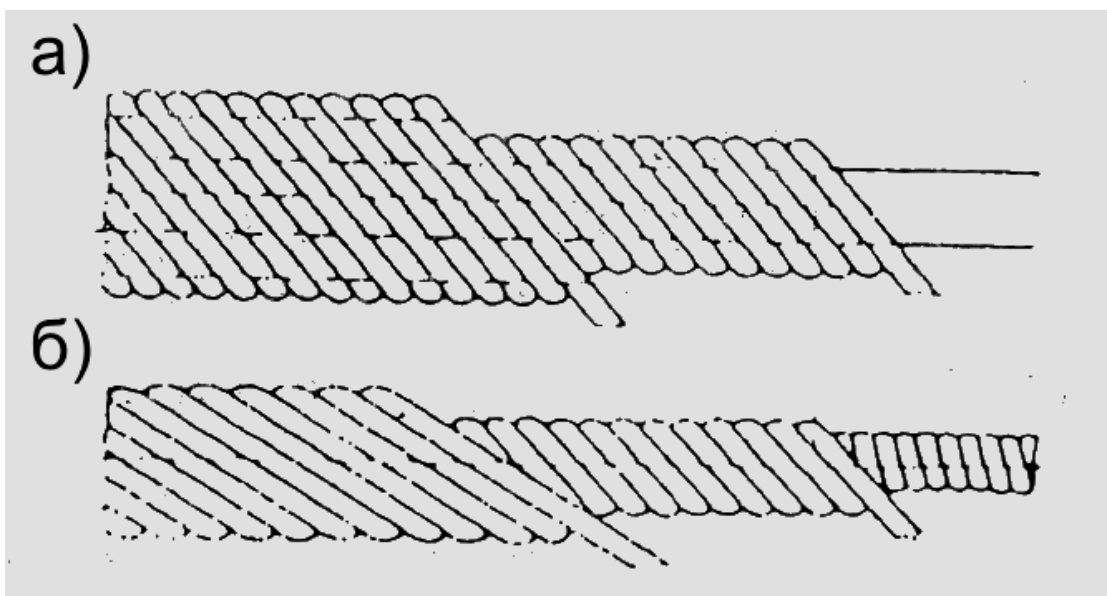


Рис. 4. Касание проволок по слоям: а - линейное; б - точечное

Линейное касание (ЛК) возникает при равных углах навивки проволок во всех слоях пряди, а точечное касание (ТК) — при разных углах навивки. Канаты типа ЛК имеют большую гибкость, лучшее заполнение поперечного сечения металлом, выше долговечность в 1,5—1,8 раза, но дороже в изготовлении. Объединение достоинств обоих типов канатов осуществлено в канатах типа ТЛК, у которых контакт проволок чередуется с линейным.

Канаты типа ЛК имеют несколько разновидностей:

ЛК-О (см. рис. 2,б) — с одинаковым числом и диаметром проволок в слое;

ЛК-Р (см. рис. 2,в) — с разным числом и диаметром проволок в слое;

ЛК-РО (см. рис. 2,г) — с проволоками разного и одинакового диаметров по отдельным слоям пряди;

ЛК-З (см. рис. 2,д) — между слоями проволок размещены заполняющие проволоки меньшего диаметра.

Эти разновидности канатов по сравнению с обычными имеют большую прочность за счет лучшего заполнения металлом поперечного сечения, но они дороже в изготовлении. При выборе того или иного каната следует пользоваться рекомендациями руководящего технического материала (РТМ) 24.090.59—80 «Крапы грузоподъемные мостовые и козловые. Канаты подъемные. Номенклатура». Он утвержден Министерством тяжелого и транспортного машиностроения. В частности, при однослойной навивке каната на барабан рекомендуются канаты типа ЛК-РО 6х36 [1+7+7/7+14]-10.С. (ГОСТ 7668—80). Расшифровка числовых значений в условном обозначении каната следующая: 6 — число прядей. 36 —

количество проволок в одной пряди, числа в квадратных скобках — количество слоев в пряди и проволок в соответствующем слое, 1 О.С - один органический сердечник.

В канатах тройной свивки (кабелях) проволоки спиваются в первичные пряди, первичные пряди во вторичные, а последние в канат. Эти канаты отличаются повышенной гибкостью и прочностью, но быстро изнашиваются во взаимодействии с блоками и барабанами. Они сложнее и дороже в изготовлении по сравнению с рассмотренными ранее. Поэтому канаты тройной свивки не нашли широкого применения на практике. Их используют, например, в качестве натяжных канатов в подвесных канатных дорогах.

По способу изготовления канаты разделяют на раскручивающиеся и нераскручивающиеся.

В обыкновенных (раскручивающихся) канатах проволоки и пряди не сохраняют своего положения после снятия перевязок концов, а стремятся выпрямиться.

Нераскручивающиеся канаты — это канаты, свиваемые из заранее деформированных проволок и прядей, получающих перед свивкой форму, соответствующую их положению в канате. Проволочки таких канатов в ненагруженном состоянии не испытывают внутренних напряжений, вследствие чего такие канаты не раскручиваются. Эти канаты имеют значительно более высокий срок службы, чем канаты, свитые из недеформируемых проволок. Растягивающее усилие в них более равномерно распределяется между прядями каната и между проволочками в прядях; они обладают большей сопротивляемостью переменным изгибам; оборванные проволочки в них сохраняют свое прежнее положение и не выходят из каната, что облегчает его обслуживание и уменьшает износ поверхности барабана и блока лопнувшими проволочками.

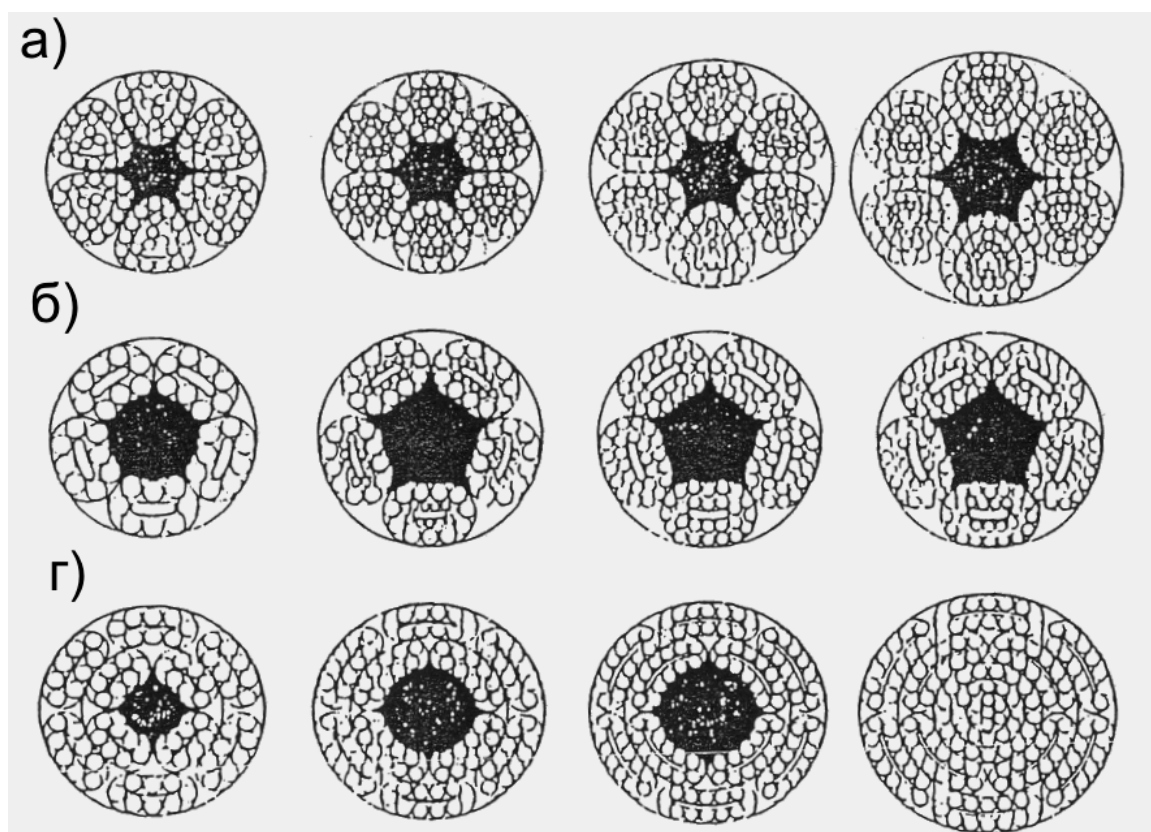


Рис. 5. Канаты с фасонными прядями:

а - трехграннопрядные; б - овальнопрядные; в - плоскопрядные

Для шахтных подъёмников вместо канатов с круглыми прядями применяют канаты с фасонными прядями (рис. 5). Они имеют большую поверхность соприкосновения с ручьем блока или барабана, чем канаты из круглых прядей, следовательно, давление на них распределяется равномернее, и они меньше - изнашиваются. Профиль блока для каната должен быть выполнен так чтобы канат прилегал к нему 1/3 своей окружности. Недостатком фасонно-прядных канатов является сложность и повышенная стоимость изготовления.

Проволочки в канате испытывают сложные напряжения от растяжения, кручения, изгиба и смятия. Расчет этих напряжений и анализ сложнапряженного состояния проволочек аналитическим путем представляет значительные трудности. Поэтому и настоящее время выбор канатов при проектировании производят по разрывному усилию

$$S_p \geq kS_{\max} \quad (1)$$

где k - наименьший допустимый запас прочности, регламентируемый

правилами Госгортехнадзора (табл. 1); S_{max} - максимальное рабочее напряжение ветви каната без учета динамических нагрузок.

На долговечность каната существенное влияние оказывают конструктивные, технологические и эксплуатационные факторы. К конструктивным факторам относятся, прежде всего, правильный выбор отношения между диаметром барабана или рабочего блока и диаметром каната. Чем меньше это отношение, тем больше будут напряжения изгиба и канате и ниже его долговечность. С увеличением временного сопротивления разрыву проволок в канате также снижается долговечность каната.

К технологическим факторам можно отнести качество проволоки, смазочных материалов, характер свивки и правильный выбор материалов для желобов блоков и барабанов. Например, замена стальных блоков чугунными повышает долговечность канатов на 15-30 %, а футеровка желобов блоков полимерными материалами увеличивает долговечность канатов в 2÷2.5 раза.

Таблица 1

Значения коэффициента запаса прочности каната

Назначение канатов	Тип привода	Группа режима работы	Значение k
Грузовые и стреловые	Ручной Машин- ный	1М	4,0
		2М, 3М	5,0
		4М	5,5
		5М, 6М	6,0
Оттяжки стрел, мачт и опор	-	-	3,5
Грейферные, для грейферов с раздельным двухмоторным приводом (принимая, что масса грейфера с грузом равномерно распределена на все канаты)			6,0
Канаты лебедок, предназначенных для подъема людей	-	-	9.0
Канаты, используемые при монтаже кранов	-	-	4.0

Еще более широкий диапазон эксплуатационных факторов, влияющих на долговечность канатов: это и влияние высоких температур, ухудшающих условия смазывания и наличие абразивной пыли, паров кислот и щелочей. В

процессе эксплуатации канаты необходимо периодически обрабатывать техническим вазелином, графитовыми смазками или солидолом. Запрещается использовать для этих целей мази, содержащие кислоты и щелочи. В зимних условиях рекомендуется применять морозостойкую канатную мазь «Торсион-55».

Правила Госгортехнадзора регламентируют браковку канатов по числу оборванных проволок на длине шага свивки, по допустимой степени износа или коррозии, совместному проявлению данных признаков.

Шагом свивки называют полный оборот одной пряди каната. Для определения шага свивки на одной из прядей наносят метку, от которой отсчитывают столько витков, сколько прядей в поперечном сечении каната, на следующий после отсчета виток наносят вторую метку. Расстояние между метками принимают за шаг свивки.

Ежедневно перед началом работы производят осмотр канатов и результаты записывают в специальный журнал осмотров. Выбирают наибольшее количество оборванных проволок на длине шага свивки по длине каната и сравнивают с нормами (табл. 2).

При подсчете числа обрывов проволок на длине свивки в канатах, имеющих проволоки разных диаметров, поступают следующим образом. Обрыв тонкой проволоки принимают за 1, а более толстой — за 1,7. Например, если обнаружены обрывы шести тонких и четырех толстых проволок, то условное число обрывов будет $(6 \times 1) + (4 \times 1,7) = 12,8 \approx 13$.

Если грузоподъемная машина используется для подъема людей или кислот, щелочей, раскаленных и расплавленных металлов, огнеопасных и ядовитых материалов, то браковку канатов производят при числе обрывов проволок на длине свивки в 2 раза меньше, чем указано в табл. 2.

Таблица 2

Число обрывов проволок на длине одного шага свивки каната,
при котором канат должен быть забракован

Первоначальный коэффициент запаса прочности каната	Конструкция канатов			
	6x19+10.C.	6x37 + 10.C.	6x61 + 10.C.	18x19 +10.C.

	кресто вая	одност ороння я	кресто вая	одност ороння я	кресто вая	одност ороння я	кресто вая	одност ороння я
До 6	12	6	22	11	36	18	36	18
6 — 7	14	7	26	13	38	19	38	19
Свыше 7	16	8		15	40	20	40	20

При браковке каната на износ или коррозии производят микрометром измерение фактического диаметра и находят относительное Δd_k уменьшение диаметра по сравнению с номинальным. Если $\Delta d_k > 40 \%$, то канат бракуют. При износе и коррозии производят корректировку допустимого числа обрывов проволок на длине шага свивки, например, при $\Delta d_k = 10, 15, 20, 30$ и 35% допустимое число обрывов соответственно составит 85, 75, 70, 60 и 50 % значений, указанных в табл. 2.

Цепи, применяемые в погрузочно-разгрузочных машинах, разделяются по назначению на грузовые, тяговые, чалочные, а по конструкции — на пластинчатые и сварные.

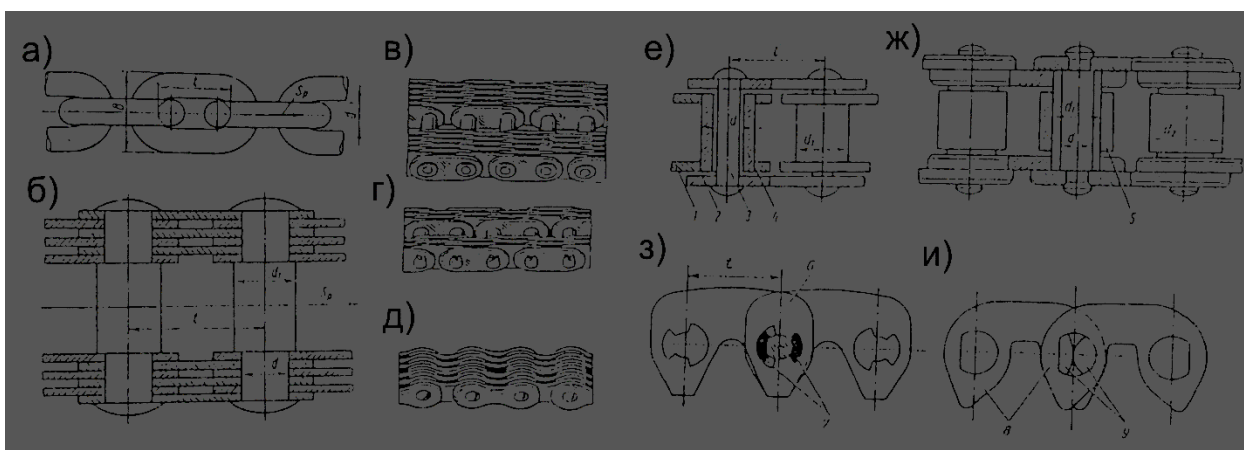


Рис. 6. Цепи, применяемые в погрузочно-разгрузочных машинах и механизмах: а - сварная; б - пластинчатая с расклепкой на пластинах; в - пластинчатая с расклепкой на шайбах; г - пластинчатая на шплинтах; д - пластинчатая с закрытыми валиками; е - пластинчатая втулочная; ж - пластинчатая втулочно-роликовая; з - пластинчатая зубчатая с шарниром скольжения; и - пластинчатая зубчатая с шарниром качения.

Цепи сварные (ГОСТ 2319—81) собирают из отдельных звеньев, согнутых из прутковой стали. Для изготовления звеньев используют малоуглеродистые стали марок Ст2 и Ст3, обеспечивающие надежную и легкую сварку. Цепи сварные характеризуются диаметром d прутковой стали, из которой

изготавливаются звенья внутренним размером звена t (шага звена) и наружным размером B (рис. 6, а).

Недостатки сварных цепей: наличие сварного стыка и звеньях, обусловленное сваркой; применение для изготовления звеньев малоуглеродистых сталей с низким пределом прочности; высокие контактные напряжения при передаче усилия со звена на звено, что объясняется точечным касанием звеньев. Эти недостатки отсутствуют в пластинчатых (шарнирных) цепях.

Цепи пластинчатые, применяемые в качестве грузовых, должны по своим параметрам соответствовать требованиям ГОСТ 191—82. Они собираются из пластин, надеваемых с двух сторон па шейки валиков своими отверстиями. Закрепляются пластины либо простой расклепкой торцов шеек (рис. 6, б), либо расклепкой этих торцов на шайбах (рис. 6, в), либо с помощью шплинтов (рис. 6, г). Последние два способа применяются при разрушающих нагрузках свыше 100 кН. На рис. 6д показана конструкция пластинчатой цепи с закрытыми валиками и фигурными пластинами. Валики в этом случае изготавливают гладкими и полностью закрывают пластинами. Материалом для изготовления пластин и валиков грузовых пластинчатых цепей обычно служат качественные углеродистые стали марок 40 и 45, подвергаемые объемной закалке.

Цепи пластинчатые, применяемые в качестве тяговых, должны по своим параметрам соответствовать требованиям ГОСТ 588 — 81. Эти цепи составляют две характерные группы: втулочные и втульно-роликовые (катковые). Втулочные цепи (рис. 6, е) состоят из внутренних 1 и наружных 2 звеньев, внутренние звенья напрессованы на втулки 4, а наружные — на оси 3. При соединении втулок с осями и расклепке торцов последних образуется неразъемная цепь.

Отличие втульно-роликовых цепей от рассмотренных состоит в том, что у них на втулки посажены ролики 5 (рис. 6, ж) с возможностью их относительного вращения. Это позволило заменить трение скольжения при взаимодействии цепи и звездочки трением качения и тем самым повысить износостойкость цепей в условиях более высоких скоростей и нагрузок.

В качестве приводных цепей широкое применение нашли зубчатые пластинчатые цепи (рис. 6, з, и), конструктивно представляющие собой многорядные соединения зубообразных пластин 8.

Методика подбора цепей предписана Правилами Госгортехнадзора и аналогична методике подбора стальных канатов. При этом должно быть удовлетворено условие

$$F_p = k_{\text{ц}} F_{\text{ц}} \leq F_{\text{тб}} \quad (2)$$

где $k_{\text{ц}}$ - коэффициент запаса прочности цепи (в соответствии с нормами Правил Госгортехнадзора значения $k_{\text{ц}}$ принимаются по заданному режиму работы механизма, типу цепи и условиям ее взаимодействия с барабанами, звездочками или блоками; для сварных цепей, используемых и качестве стропов, $k_{\text{ц}} = 5$); $F_{\text{ц}}$ - расчетное значение усилия натяжения цепи.

По значению F_p устанавливается соответствующий типоразмер цепи.

Сопоставление гибких рабочих органов показывает, что стальные канаты обладают необходимой гибкостью во всех направлениях, имеют наименьшую массу, обеспечивают плавную бесшумную работу и исключают внезапный обрыв, предупреждая о начавшемся процессе разрушения обрывом отдельных проволок. Недостатки стальных канатов — сравнительно короткий срок службы и необходимость применения блоков и барабанов больших размеров, что приводит к громоздким передаточным механизмам.

Сварные цепи имеют сравнительно большую массу и обладают меньшей надежностью вследствие наличия сварки и повышенного износа в местах соприкосновения смежных звеньев. Некачественная сварка одного звена может привести к внезапному обрыву. Плавная и бесшумная работа цепи обеспечивается лишь при небольших рабочих скоростях (до 0,1 м/с). Преимущество сварных цепей - их гибкость во всех направлениях.

Пластинчатые цепи имеют наибольшую массу и не допускают изгиба в плоскости шарниров. Вследствие отсутствия сварки и изготовления деталей из качественных сталей пластинчатые цепи надежнее сварных. При эксплуатации цепи бракуются, если их износ превышает 10 %.

1. Основная литература

1. Б.П. Додонов, В.А. Лифанов « Грузоподъемные и транспортные устройства». - М.: « Машиностроение », 2012.

2. М.П. Александров « Грузоподъемные машины». - МГТУ имени Н.Э. Баумана, ГУП « ВШ » Москва, 2010. - 515 с.

2. Дополнительная литература

1. А.А. Курочкин, В.В. Ляшенко « Технологическое оборудование для переработки продукции животноводства ». - М.: Колос, 2011. - 440 с.

2. В.В. Илюхин, И.Н. Тамбовцев « Монтаж, наладка, диагностика и ре-монт ». Санкт-Петербург.: ГИОРД, 2005 г. - 512 с.

3. «Склад и техника» - журнал.
4. «ВИРА-МАЙНА» - журнал.