

Введение

Гибкие грузовые элементы грузоподъемных машин (ГПМ) – стальные канаты, испытывают значительные нагрузки, выполняя грузонесущую и тяговую функции. Работу данных элементов отличают относительно невысокие скорости движения, переменность приложения нагрузки, большое количество перегибов при огибании блоков, при навивке на барабан. В этой связи подъемные органы должны обладать повышенной прочностью и малой изгибной жесткостью, достаточной надежностью и долговечностью.

Предъявляемым требованиям отвечают стальные канаты, правильно подобранные как по конструкции, так и разрывному усилию в равной степени. Безопасность использования гибких грузовых элементов оценивается в соответствии с нормами браковки, установленными ПБ 10-382-00 «Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов» [1].

Стальные канаты изготавливают из стальной светлой или оцинкованной проволоки диаметром от 0,2 до 2...3 мм, с расчетным пределом прочности проволоки при растяжении до 2600 МПа, полученной методом многократного холодного волочения с промежуточной термической и химической обработкой для обеспечения необходимой прочности, структуры, вида и качества поверхности.

Применяемые стальные канаты должны соответствовать действующим государственным стандартам и иметь сертификат завода-изготовителя об их испытании. Канаты, не снабженные сертификатом, к использованию не допускаются.

В результате выполнения контрольной и расчетно-графической работы по дисциплине «Техническое диагностирование ПТСДМ» у обучающегося формируются профессиональные компетенции ПСК-2.8 и ПСК-2.12, в связи с которыми он должен:

Знать: основные методы и средства диагностирования грузоподъемных канатов, основные характеристики диагностической информации о состоянии грузоподъемных канатов, технологию оценки технического состояния и методику технического диагностирования грузоподъемных канатов.

Уметь: выбирать оборудование для проведения технического диагностирования грузоподъемных канатов, оформлять техническую документацию при проведении технического диагностирования грузоподъемных канатов.

Владеть: методами диагностирования технического состояния грузоподъемных канатов, методикой оценки технического состояния грузоподъемных канатов.

Основные понятия

Стальные канаты классифицируются по комплексу параметров, которые отображаются в их маркировке.

1. По типу свивки:

- одинарная – каждая прядь каната это канат одинарной свивки;
- двойная – канаты состоят из шести и более прядей, свитых между собой . В прядях может быть один или несколько слоев. Канаты двойной свивки, свитые в другой канат, называются стренги;

- тройная – здесь перевиваются по спирали стренги (канаты двойной свивки).

2. По свойствам используемой проволоки:

- нормального качества – маркируется цифрой «1»;
- повышенного качества – маркируется буквой «В»;
- высокого качества – маркируется буквами «ВК».

3. По типу покрытия проволоки:

- без покрытия;
- оцинкованный (разной степени оцинковки) – маркируется буквами «ОЖ» (особо жесткие агрессивные условия), «Ж» (жесткие агрессивные условия) или «С» (средние агрессивные условия).

4. По назначению:

- грузовые – маркируются буквой «Г»;
- грузоподъемные (для лифтов) – маркируются буквами «ГЛ»;

5. По направлению скрутки:

- правой свивки;
- левой свивки – маркируются буквой «Л».

5. По комбинированию направлений скрутки элементов каната:

- односторонней свивки – направление скрутки проволок в пряди и прядей в канат одинаковое;
- крестовой свивки – направление скрутки проволок в пряди и прядей в канат противоположное.

7. По типу касания проволок в слоях:

- точечное касание (маркировка «ТК») – проволоки между слоями в прядях перекрещиваются, касаясь друг друга в «точках» пересечения. Такие канаты больше подвержены износу и разрыву проволоки во внешнем слое;

- линейное касание (маркировка «ЛК») – определяется касанием проволок в прядях по всей длине. Канаты с линейным касанием более износостойчивые по сравнению с канатами с точечным касанием проволок;

- точечно-линейное касание (маркировка «ТЛК-О») – канаты с таким видом касания обладают хорошими некрутящимися свойствами.

8. По способу свивки:

- раскручивающиеся;
- нераскручивающиеся – маркируются буквой «Н».

9. По степени крутимости:

- крутящиеся;

- малокрутящиеся (маркировка «МК») – благодаря особому чередованию направлений свивки прядей, уменьшается вращение каната вокруг своей оси при подвешивании на него груза.

10. По уравновешенности:

- рихтованные – маркировка «Р»;
- нерихтованные.

11. По точности изготовления:

- нормальная точность;
- повышенная точность – маркируется буквой «Т».

12. По прочностным характеристикам: маркировочные группы (временное сопротивление проволок разрыву) – 1370 МПа, 1470 МПа, 1570 МПа, 1670 МПа, 1770 МПа, 1860 МПа, 1960 МПа, 2060 МПа, 2160 МПа.

Для оснастки механизмов кранов и монтажных лебедок применяют стальные канаты грузового назначения (Г), изготавливаемые из большого числа отдельных проволок и обладающие большой прочностью и гибкостью.

Марку ВК применяют для ответственных случаев (транспортирование людей, химически активных или взрывчатых веществ и т.п.). Для крановых механизмов применяют канаты марок В и 1.

По механическим свойствам предпочтительна проволока с временным сопротивлением разрыву $\sigma_B=1600\dots 2000$ МПа, которая обеспечивает прочность при сохранении достаточной гибкости каната и в то же время за счет уменьшения диаметра каната позволяет использовать барабаны и блоки меньшего диаметра. Канаты маркировочных групп от 1370 МПа до 1770 МПа изготавливаются серийно, остальные по согласованию.

Характеристика канатов по материалу сердечника:

- канат с органическим сердечником (ос). В большинстве конструкций канатов для обеспечения требуемой гибкости и упругости в качестве сердечника в центре каната, а иногда и в центре прядей, используют пропитанные смазкой органические сердечники из пеньки, манилы, сизаля или хлопчатобумажной пряжи. Допускается также применение сердечников из асбестового шнура и искусственных материалов (полиэтилена, капрона, нейлона и др.);

- канат с металлическим сердечником (мс). Металлический сердечник целесообразно применять в тех случаях, когда требуется повысить структурную прочность каната при многослойной навивке его на барабан, уменьшить конструктивные удлинения каната при растяжении, а также при эксплуатации каната в условиях повышенной температуры. Металлический сердечник может быть изготовлен из обычной канатной или мягкой проволоки с временным сопротивлением разрыву не более 900 МПа.

Выбор стальных канатов

Проволоки в свитом канате испытывают напряжения растяжения, смятия, изгиба и кручения. При каждом огибании канатом блока или барабана появляются дополнительные напряжения изгиба и смятия в местах соприкосновения проволок с поверхностью ручья. Одновременно, в результате проскальзывания прядей относительно друг друга, а также трения каната о поверхность блока или барабана, происходит истирание проволок. Их диаметр уменьшается, знакопеременные напряжения вызывают усталость металла и происходит разрушение наружных, а затем и внутренних проволок. Напряжения, возникающие в материале проволок, зависят от многих факторов (конструкции и диаметра каната, диаметра проволок, числа прядей, материала сердечника, смазки и др.), но основными являются величина натяжения каната и отношение диаметров блока и барабана к диаметру каната. Эти два параметра в основном определяют срок службы каната.

Канаты одинарной (односторонней) свивки (рис. 1, а), в которых проволока навивается последовательными концентрическими слоями вокруг центральной проволоки, обладают большой изгибной жесткостью и, как следствие, имеют ограниченное применение в качестве оттяжек. Для работы с перегибами на блоках и барабанах пригодны канаты двойной (крестовой) свивки (рис. 1, б) из нескольких прядей, сплетенных вокруг мягкого сердечника. Такие канаты, как правило, применяются в грузоподъемных машинах. Они уступают по гибкости только канатам тройной свивки (рис. 1, в), однако последние применяют редко из-за высокой стоимости свивки стренг.

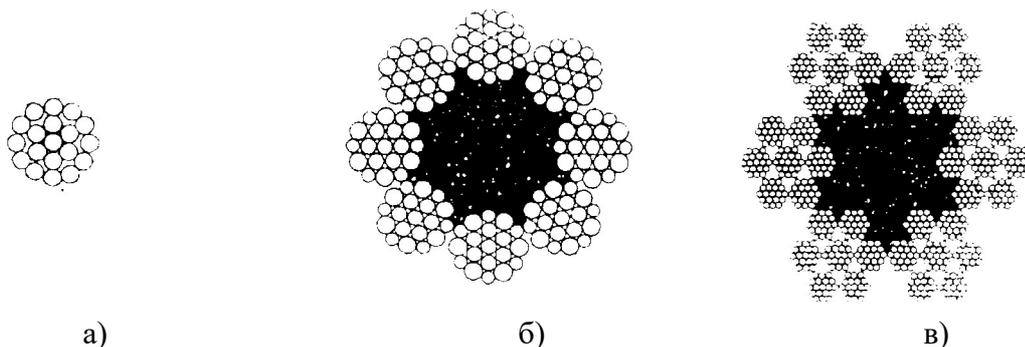


Рисунок 1 – Канаты: а – одинарной свивки; б – двойной свивки ЛК-Р $8 \times 19(1+6+6/6) + 1$ о.с. (ГОСТ 7670-80); в – тройной свивки ЛК-Р $6 \times 7 \times 19(1+6+6/6) + 1$ о.с. (ГОСТ 3089-80)

Канаты двойной свивки различают по следующим признакам:

- направлению свивки;
- взаимному направлению свивок каната и его элементов;
- возможности раскручивания;
- типу свивки прядей;
- материалу сердечника.

Для понимания конструкции каната также важно оценить число прядей и диаметр проволоки в отдельных слоях намотки.

Направление свивки каната имеет важное значение при работе на гладких барабанах: дополнительное подкручивание каната при эксплуатации увеличивает его прочность. Правая свивка или левая (Л) определяют по направлению свивки прядей наружного слоя в канатах двойной свивки (рис. 2). Рекомендуется применять подъемные канаты правой свивки, за исключением многоканатного подъема, где подъемные канаты должны быть попарно правой и левой свивок.



Рисунок 2 – Направление свивки прядей наружного слоя в канате двойной свивки: а – правое; б – левое

По сочетанию направлений свивки каната и прядей различают канаты: крестовой, односторонней (О) и комбинированной свивки (рис. 3). У каната односторонней свивки направление свивки прядей и проволок в прядях совпадают. У каната крестовой свивки направление свивки прядей в канате и проволок в прядях противоположно. Канаты крестовой свивки обладают меньшей гибкостью, чем канаты односторонней свивки, но они менее подвержены кручению и деформации при огибании блоков. Их применяют при гладких барабанах механизмов машин.

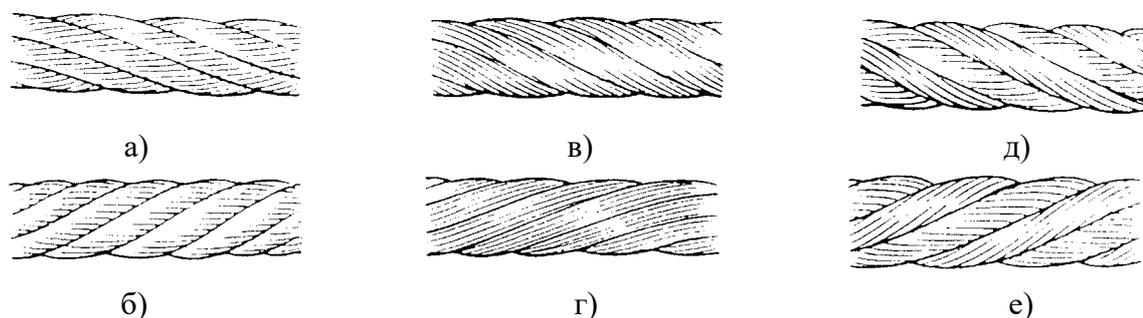


Рисунок 3 – Канаты с различными направлениями свивки проволок и прядей: а, б – крестовая соответственно правая и левая; в, г – односторонняя соответственно правая и левая; д, е – комбинированная соответственно правая и левая

При свивке каната в направлении, противоположном направлению свивки прядей, повышаются жесткость и напряжения смятия между проволоками вследствие их точечного касания. С другой стороны, канаты односторонней свивки не получили широкого применения, поскольку они раскручиваются, требуют осторожного обращения при монтаже и эксплуатации. *Нераскручивающиеся* канаты (Н) изготавливают из проволок и прядей, которые подвергаются предварительной деформации для придания им формы, принимаемой в процессе свивки. Такие канаты, по сравнению с раскручивающимися (Р), имеют очевидные преимущества. Это отсутствие внутренних напряжений в проволоках и прядях; меньшее стремление к кручению, образованию узлов и петель; равномерное распределение растягивающих усилий между прядями и отдельными проволоками; большую долговечность.

Стойкость канатов к коррозии повышается при цинковом покрытии поверхности проволок по группам ОЖ, Ж или С – для особо жестких, жестких или средних агрессивных условий работы. Для грузоподъемных машин, работающих в закрытых помещениях, используют канаты из проволок без коррозионно-стойкого покрытия. Применение находят и канаты с покрытием (П) – искусственными материалами.

В условное обозначение каната включают: диаметр (мм) и назначение каната, марку проволоки, вид покрытия, направление и способ свивки, маркировочную группу по пределу прочности проволок, МПа (рис. 4).

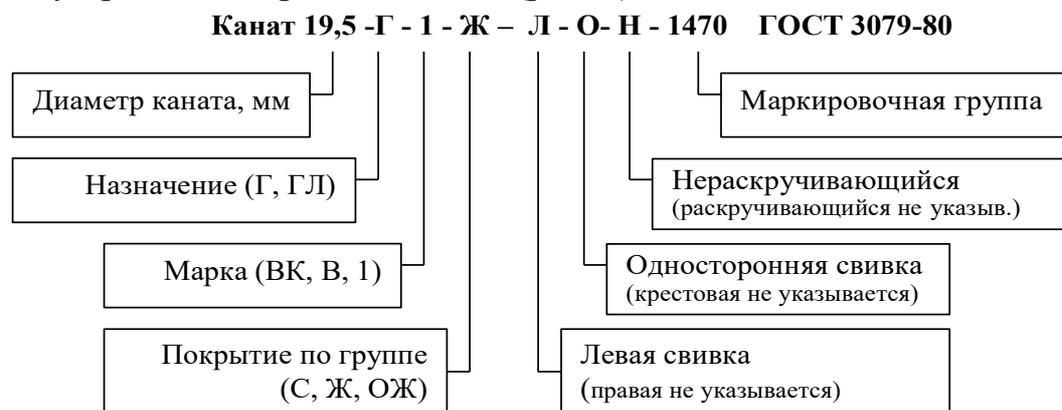


Рисунок 4 – Условное обозначение каната

Например, канат диаметром 18мм, грузового назначения, из проволоки марки I, оцинкованной по группе Ж, левой односторонней свивки, нераскручивающийся, маркировочной группы 1666 МПа (170 кгс/мм²) обозначают:

Канат 18-Г-I-Ж-Л-О-Н-1666 (170) ГОСТ 2688-80.

При отсутствии покрытия поверхности проволок и правой крестовой свивке:

Канат 18-Г-I-Н-1666 (170) ГОСТ 2688-80.

По типу свивки прядей различают в основном канаты с точечным (ТК) и линейным (ЛК) касанием проволок между слоями. В первом случае витки проволок разных слоев перекрещиваются (рис. 5, а), что приводит к увеличению давления между проволоками и, как следствие, повышенному их изнашиванию. Линейное касание проволок при одинаковом угле их навивки в разных слоях пряди (рис. 5, б) имеет определенные преимущества: повышаются износостойкость и долговечность, гибкость каната; улучшается заполнение поперечного сечения металлом. Комбинированное точечно-линейное касание проволок возникает в прядях ТЛК, когда средний слой проволок с наружным имеет линейный контакт, а с внутренним – точечный.



Рисунок 5 – Пряди канатов с точечным (а) и линейным (б) касанием проволок

Линейный контакт достигается легче при использовании проволок разных диаметров. В двухслойных прядях ЛК-Р они образуют наружный слой, а при навивке

третьего слоя из проволок одинакового диаметра получают пряди ЛК-РО. С одинаковым числом и диаметром проволок в каждом слое могут быть выполнены пряди ЛК-О. В прядях типа ЛК-З проволоки меньшего диаметра используют для лучшего заполнения поперечного сечения металлом.

Материал сердечника каната может быть органическим (о.с.) или металлическим (м.с.). Для органического сердечника чаще всего используют пеньку, сизаль или хлопчатобумажную пряжу, пропитанные при изготовлении смазкой. В качестве металлического сердечника используют прядь каната, свитую из мягкой проволоки с пределом прочности 680...880 Н/мм². Канаты с металлическим сердечником применяют при многослойной навивке на барабан и работе при повышенных температурах. В грузоподъемных машинах применяют преимущественно канаты двойной свивки: сначала проволоки свивают в пряди вокруг центральной проволоки, а затем пряди свивают в канат вокруг сердечника (рис. 6). Используются в основном шестипрядные канаты (рис. 6, а-г) с органическим сердечником (о.с.). Пеньковые сердечники хорошо удерживают смазку, способствуя уменьшению коррозии и изнашивания проволок каната. В горячих цехах используют асбестовые сердечники или металлические (м.с.). Седьмая прядь в качестве металлического сердечника повышает прочность канатов (рис. 6, д-е), дает возможность применения их в условиях многослойной навивки на барабан и резко изменяющейся нагрузки. Восьмипрядный канат двойной свивки типа ЛК-Р (рис. 6, б) имеет большую площадь контакта с желобом блока, поэтому он более долговечен; его применяют, например, в лифтах.

Конструкцию каната определяют число прядей, количество и диаметр проволок по слоям пряди, материал сердечника. На рис. 6, в, е представлены канаты двойной свивки типа ЛК-РО конструкций $6 \times 36 (1+7+7/7+14)+1\text{о.с.}$ (ГОСТ 7668-80) и $6 \times 36 (1+7+7/7+14)+7 \times 7 (1+6)$ (ГОСТ 7669-80) соответственно с одним органическим сердечником и седьмой прядью в качестве металлического сердечника. Каждая из 6 прядей канатов состоит из 36 проволок: одна – центральная; 7 проволок одинакового диаметра образуют первый слой; 7/7 проволок разного диаметра – второй слой; 14 проволок одинакового диаметра – третий.

Сердечники могут быть стальными или органическими волокнистыми, изготовленными из пеньки или пряжи нейлона, капрона, перлона. При работе в условиях повышенных температур или химически агрессивной среды используют сердечники из волокон асбеста. Канаты со стальным сердечником применяются преимущественно при работе грузоподъемных кранов в горячих цехах и при многослойной навивки на барабан. Канаты с органическим сердечником более гибки, чем канаты с металлическим (стальным) сердечником, и лучше удерживают смазку, так как смазка к проволокам поступает не только снаружи (в процессе работы канаты регулярно смазываются), но и изнутри, из сердечника, пропитанного смазкой при изготовлении.

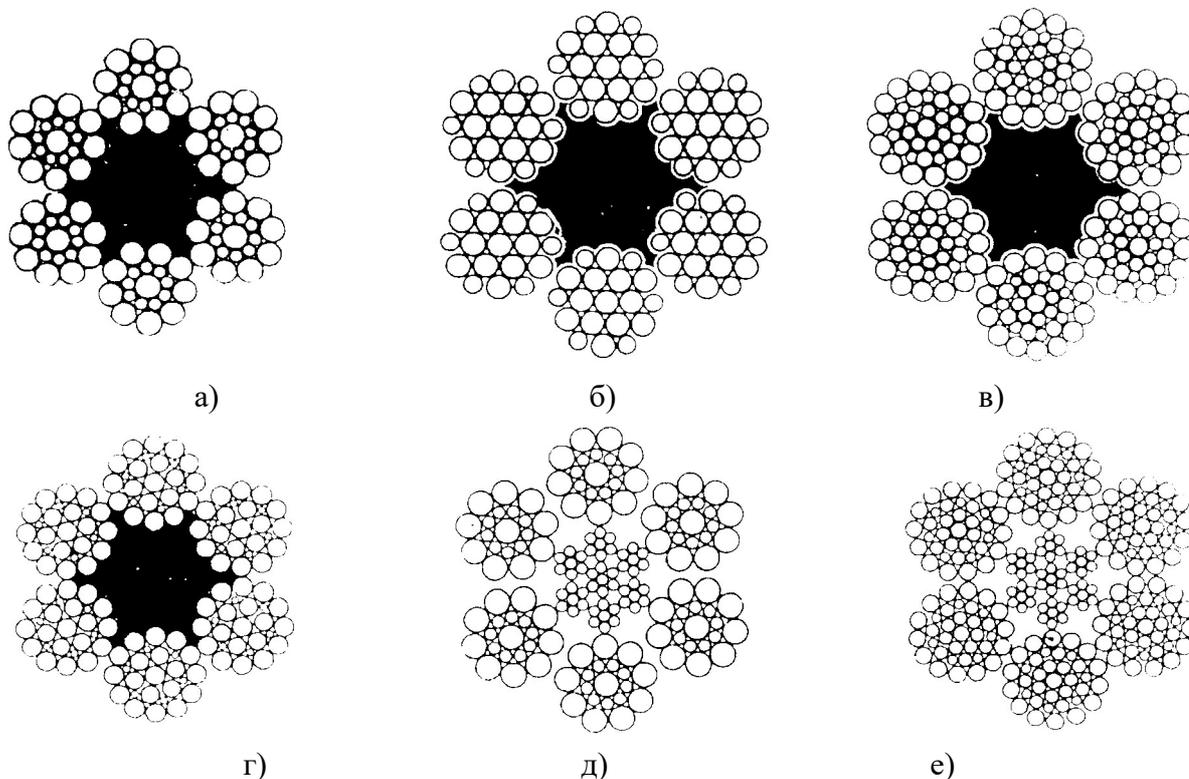


Рисунок 6 - Канаты двойной свивки:

а) ЛК-О $6 \times 19(1+9+9)+1 \text{ о.с.}$ (ГОСТ 3077-80); б) ЛК-Р $6 \times 19(1+6+6/6)+1 \text{ о.с.}$ (ГОСТ 2688-80); в) ЛК-РО $6 \times 36(1+7+7/7+14)+1 \text{ о.с.}$ (ГОСТ 7668-80); г) ЛК-З $6 \times 25(1+6; 6+12)+1 \text{ о.с.}$ (ГОСТ 7665-80); д) ЛК-О $6 \times 19(1+9+9)+7 \times 7(1+6)$ (ГОСТ 3081-80); е) ЛК-РО $6 \times 36(1+7+7/7+14)+7 \times 7(1+6)$ (ГОСТ 7669-80)

По роду свивки проволок в пряди различают (рис. 7):

- канаты типа ТК (рис.7, а) с точечным контактом отдельных проволок между слоями пряди;
- канаты типа ЛК (рис. 7, б-д) с линейным касанием проволоки в пряди;
- канаты типа ТЛК (рис. 7, е) с точечным и линейным касанием проволок в пряди.

Канаты типа ЛК имеют несколько разновидностей, а именно:

- ЛК-О (рис. 7, б) – в каждом слое пряди проволоки одинакового диаметра;
- ЛК-Р (рис. 7, в) – проволоки в верхнем слое пряди двух равных диаметров;
- ЛК-РО (рис. 7, г) – проволоки разного и одинакового диаметра по отдельным слоям пряди;
- ЛК-З (рис. 7, е) – между двумя слоями проволок размещаются заполняющие проволоки меньшего размера.

Канаты с точечным касанием проволок (типа ТК) применяются реже других в виду меньшего срока их службы. Канаты с линейным касанием имеют лучшее заполнение сечения, меньшие контактные напряжения. Они более износостойкие, выдерживают больше переменных нагрузений. Срок службы канатов ЛК значительно (от 30 до 100%) выше срока службы канатов типа ТК. Вследствие лучшего заполнения сечения, канаты типа ТК имеют при том же разрывном усилии несколько меньший диаметр, чем канаты ТК.

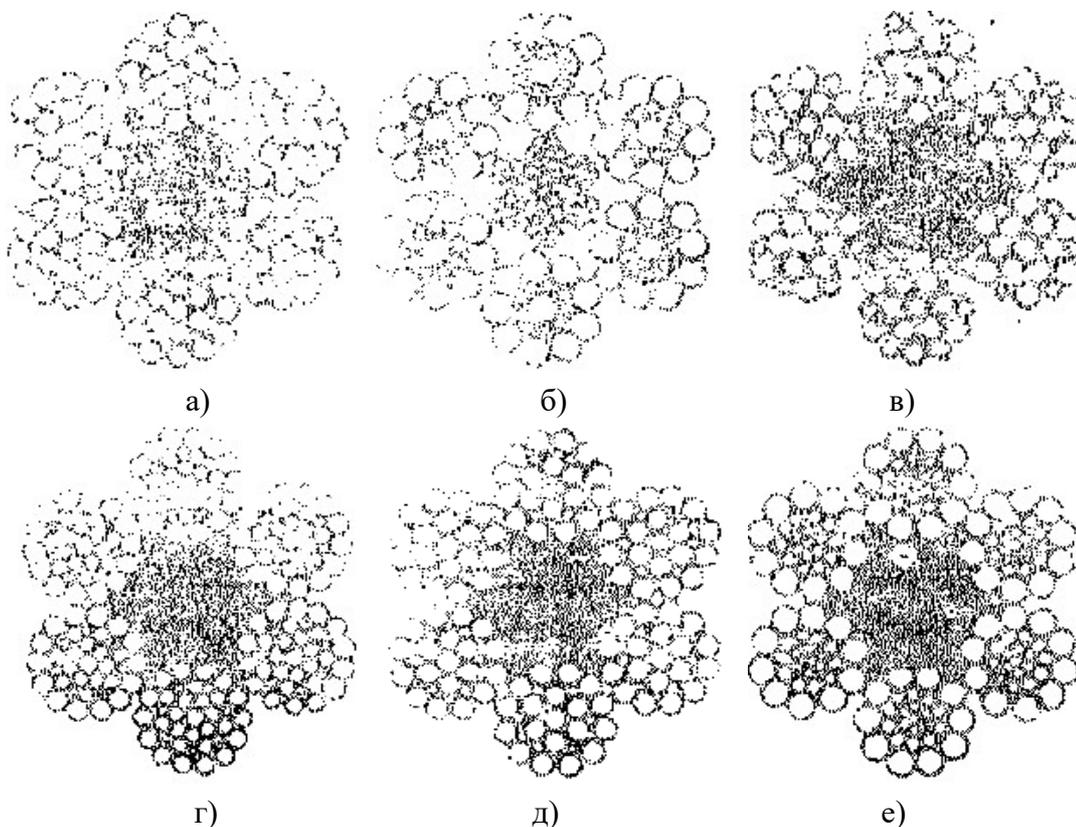


Рисунок 7 -. Конструкция стальных канатов

По виду свивки изготавливают следующие канаты:

- обыкновенные (раскручивающиеся) канаты, в которых 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. Проволоки таких канатов в неразгруженном состоянии не испытывают внутренних напряжений, вследствие чего такие канаты не раскручиваются. Эти канаты имеют значительно более высокий срок службы, чем канаты, свитые из недеформированных проволок. Растягивающее усилие в них более равномерно распределяется между прядями каната и между проволоками в прядях; они обладают большей сопротивляемостью переменным изгибам. Оборванные проволоки в них сохраняют свое прежнее положение и не выходят из каната, что уменьшает износ поверхностей барабанов и блоков лопнувшими проволоками. Однако, это затрудняет визуальный контроль за обрывами проволок.

По направлению свивки прядей различаются канаты правой и левой свивки. По направлению свивки проволок в прядях и прядей в канаты последние бывают односторонней и крестовой свивки. В канатах односторонней свивки направление свивки проволок в прядях и прядей в канате одно и то же; в канатах крестовой свивки это направление противоположно. Канаты односторонней свивки имеют более ровную поверхность, площадь сечения в них заполнена лучше, они более гибки, более долговечны, чем канаты крестовой свивки. Они меньше изнашиваются при работе на блоках и барабане вследствие увеличенной поверхности соприкосновения проволок с

поверхностью блока или барабана. Срок их службы на 25-50% больше срока службы канатов крестовой свивки. Однако вследствие стремления к раскручиванию под действием растягивающей нагрузки канаты односторонней свивки не пригодны к использованию в тех случаях, когда груз свободно подвешивают на одной ветви; их применяют при движении груза в направляющих.

В канатах крестовой свивки наружные проволоки смежных прядей соприкасаются в отдельных точках, что увеличивает контактные напряжения, повышает износ и снижает долговечность каната, но вследствие большой структурной прочности они могут применяться не только при односторонней, но и при многослойной навивке на барабан.

Выбор каната по направлению свивки имеет большое значение для правильной его работы при навивке на гладкий барабан. При навивке канат за каждый оборот барабана смещается на величину своего диаметра, что дополняет деформацию изгиба каната деформацией кручения. В зависимости от принятого направления вращения барабана и направления свивки прядей каната эта деформация кручения может уменьшать или увеличивать его кручение. Для создания более благоприятных условий работы каната следует так подбирать направление навивки каната, чтобы он в процессе работы дополнительно подкручивался; это приводит к увеличению плотности каната и его срока службы. Рекомендуемые направления укладки витков каната на барабан в зависимости от направления его свивки приведены на рис. 8. При закреплении обоих концов каната на барабане направление свивки каната можно принять любым.

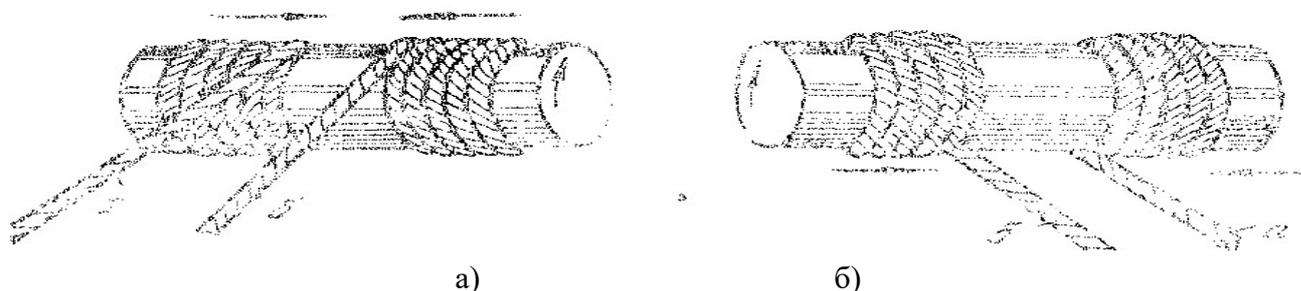


Рисунок 8 - Выбор каната по направлению свивки: а) канат правой свивки; б) канат левой свивки

Определение пригодности канатов для эксплуатации

Для оценки безопасности использования канатов применяют следующие критерии:

а) характер и число обрывов проволок, в том числе наличие обрывов проволок у концевых заделок, наличие мест сосредоточения обрывов проволок, интенсивность возрастания числа обрывов проволок;

б) разрыв пряди;

в) поверхностный и внутренний износ;

г) поверхностная и внутренняя коррозия;

д) местное уменьшение диаметра каната, включая разрыв сердечника;

е) уменьшение площади поперечного сечения проволок каната (потери внутреннего сечения);

ж) деформация в виде волнистости, корзинообразности, выдавливания проволок и прядей, раздавливания прядей, заломов, перегибов и т.п.;

з) повреждения в результате температурного воздействия или электрического дугового разряда.

Нормы браковки канатов грузоподъемных кранов даны в «Приложении 13» к ПБ 10-382-00 [1]. Браковка канатов грузоподъемных кранов, находящихся в эксплуатации, должна производиться в соответствии с руководством по эксплуатации крана. При отсутствии в руководстве по эксплуатации соответствующего раздела браковка производится согласно рекомендациям, приведенным в «Приложении 13» к ПБ 10-382-00.

Конструкция каната влияет на допустимое число обрывов проволок, при наличии которых бракуются канаты двойной свивки, работающие со стальными и чугунными блоками (Приложение 3). При работе каната полностью или частично с блоками из синтетического материала или из металла с синтетической футеровкой отмечается появление значительного числа обрывов проволок внутри каната до появления видимых признаков обрывов проволок или интенсивного износа на наружной поверхности каната. Такие канаты отбраковываются с учетом потери внутреннего сечения. Проволоки заполнения не считаются несущими, поэтому не подлежат учету. В канатах с несколькими слоями прядей учитываются проволоки только видимого наружного слоя. В канатах со стальным сердечником он рассматривается как внутренняя прядь и не учитывается. Число обрывов не следует путать с количеством оборванных концов проволок, которых может быть в два раза больше.

Канат также бракуют при местном сосредоточении обрывов – три и более оборванные проволоки на одной пряди, при обнаружении разрыва одной или нескольких прядей.

При меньшем числе обрывов проволок на длине одного шага свивки, чем указано в Приложении 3, также при наличии поверхностного износа проволок без обрыва их канат может быть допущен к работе при условиях:

а) тщательного периодического наблюдения за его состоянием с записью результатов в журнал осмотров;

б) смены каната при достижении степени износа, указанной в нормах (табл. 1).

Таблица 1 - Нормы браковки каната в зависимости от поверхностного износа или коррозии

Уменьшение диаметра проволок в результате поверхностного износа или коррозии, %	Число обрывов проволок на шаге свивки, процент от норм, указанных в Приложении 3
10	85
15	75
20	70
25	60
30 и более	50

Определение износа или коррозии проволок по диаметру производится с помощью микрометра или иного инструмента, обеспечивающего аналогичную точность. Для этого отгибают конец проволоки в месте обрыва на участке наибольшего износа. Замер оставшейся толщины проволоки производят у отогнутого конца после предварительного удаления грязи и ржавчины. Количество проволок, подлежащих замеру на износ, нормами не установлено и может быть определено лицом, производившим замер. При замере диаметра проволок необходимо тщательно следить, нет ли местного износа в форме лысок (рис. 9).

При уменьшении первоначального диаметра наружных проволок в результате износа или коррозии на 40% и более канат бракуется независимо от количества оборванных проволок.

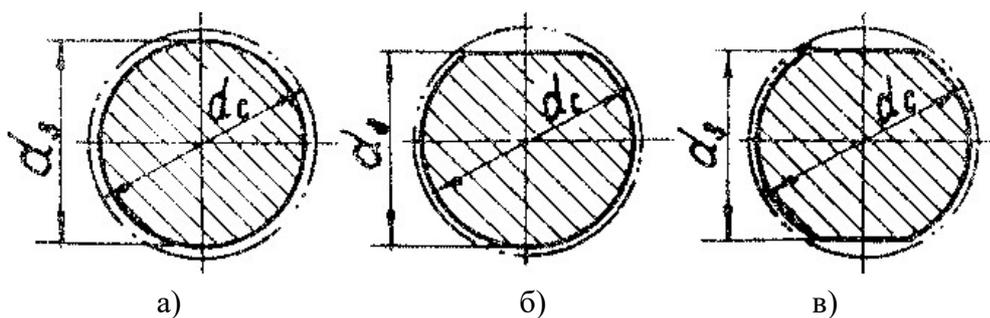


Рисунок 9 - Возможные износы проволоки в канате и их замер:
а) равномерный; б) с одной лыской; в) с двумя лысками

Канаты грузоподъемных машин, предназначенных для подъема людей, а также транспортирующих расплавленный или раскаленный металл, взрывчатые, огнеопасные, и ядовитые вещества, бракуют при вдвое меньшем числе обрывов проволок на одном шаге свивки, чем указано в таблице Приложения 3.

При меньшем числе обрывов проволок на длине одного шага свивки, чем указано в табл.2, также при наличии поверхностного износа проволок без обрыва их канат может быть допущен к работе при условиях:

- а) тщательного периодического наблюдения за его состоянием с записью результатов в журнал осмотров;
- б) смены каната при достижении степени износа, указанной в нормах.

Если груз подвешен на двух канатах, то каждый бракуется в отдельности, причем допускается замена одного изношенного каната.

Для оценки состояния внутренних проволок, т.е. для контроля потери металлической части поперечного сечения каната (потери внутреннего сечения), вызванной обрывами, механическим износом и коррозией проволок внутренних слоев прядей (рис. 8), канат необходимо подвергать дефектоскопии по всей его длине. При регистрации при помощи дефектоскопа потери сечения металла проволок, достигшей 17,5% и более, канат бракуется. Необходимость применения дефектоскопии стальных канатов определяют согласно требованиям нормативной документации в зависимости от типа и назначения крана.

При отсутствии видимых обрывов проволок и прядей следует оценивать безопасность использования канатов по совокупности критериев, рекомендуемых «Правилами устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов» [1, прил. 13]. Канат подлежит браковке при обнаружении:

- корзинообразной деформации (рис. 10, а); выдавливания сердечника (рис. 10, б);
- выдавливания или расслоения прядей (рис. 11);
- местного увеличения диаметра каната (рис. 12, а) или местного уменьшения диаметра каната (на 3% от номинального диаметра у некрутящихся канатов и на 10% у остальных канатов) в результате повреждения сердечника - внутреннего износа, обмятия, разрыва и т.п., даже при отсутствии видимых обрывов проволок;
 - раздавленных участков (рис 12, б), перекручиваний (рис. 13, а); заломов или перегибов (рис. 13, б);
 - повреждений в результате температурных воздействий или электрического дугового разряда.
 - уменьшения диаметра каната в результате поверхностного износа или коррозии на 7% и более по сравнению с номинальным диаметром канат подлежит браковке даже при отсутствии видимых обрывов проволок.

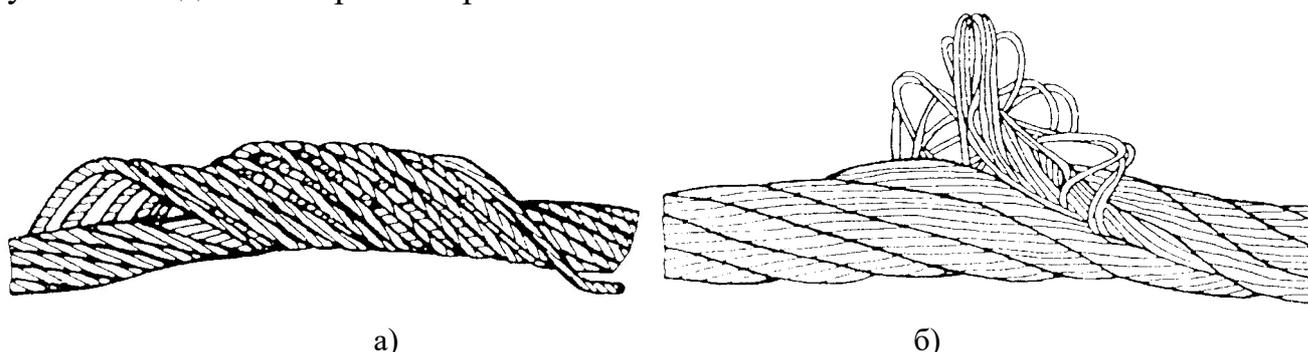


Рисунок 10 – Корзинообразная деформация (а) и выдавливание осевого сердечника (б)

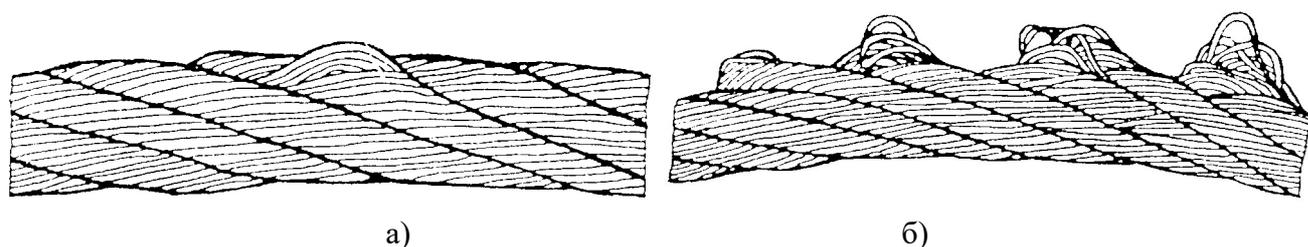


Рисунок 11 – Выдавливание проволок прядей: а – в одной пряди; б – в нескольких прядях

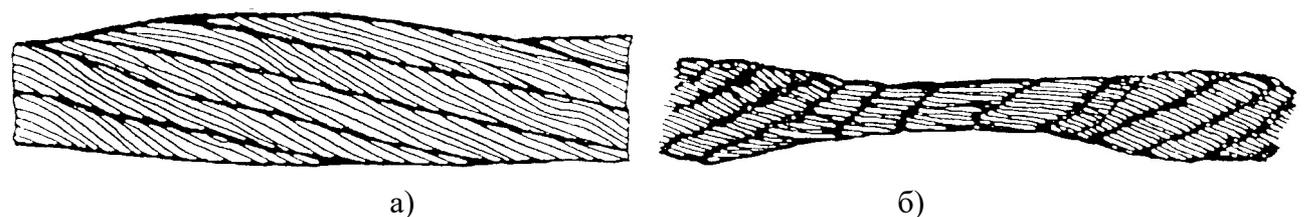


Рисунок 12 – Местное увеличение диаметра (а) и раздавливание каната (б)

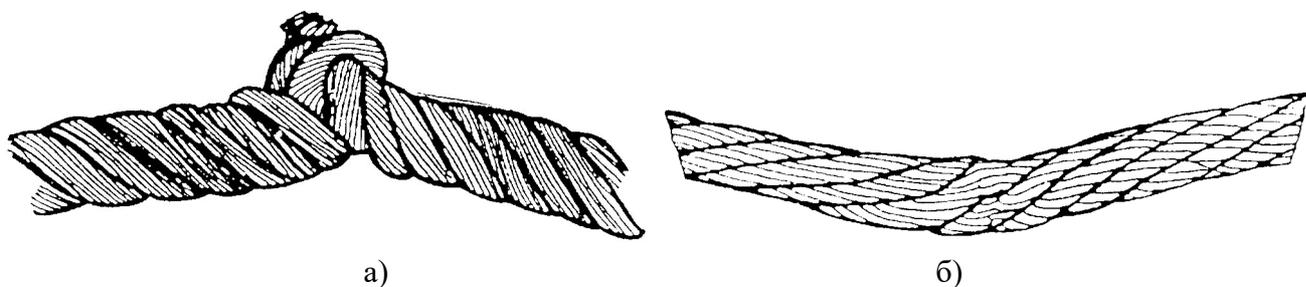


Рисунок 13 – Перекручивание (а), залом или перегиб каната (б)

Волнистость каната характеризуется шагом и направлением ее спирали (рис. 14). При совпадении направлений спирали волнистости и свивки каната и равенстве шагов спирали волнистости H_B и свивки каната H_K канат бракуется при $d_B \geq 1,08d_K$, где d_B - диаметр спирали волнистости, d_K - номинальный диаметр каната.

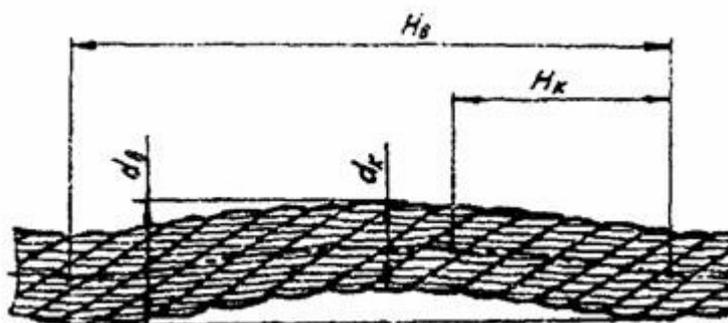


Рисунок 14 - Волнистость каната

При несовпадении направлений спирали волнистости и свивки каната и неравенстве шагов спирали волнистости и свивки каната или совпадении одного из параметров канат подлежит браковке при $d_B \geq 4/3d_K$. Длина рассматриваемого отрезка каната не должна превышать $25 d_K$.

Общие положения при выполнении контрольной работы (РГР)

Цель работы: освоение методики расчета и выбраковки канатов грузоподъемных машин с учетом назначения, условий эксплуатации и по фактическому их состоянию при плановом обследовании (диагностировании).

Исходные данные для расчетов (вариант задания) определяются по трем последним цифрам зачетной книжки (табл. 2).

Таблица 2 - Варианты заданий

Цифра в зачетке	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
«а» Группа классификации грузоподъемного механизма по ИСО 4301/1 (см. Приложение 2)	M1	M3	M5	M2	M6	M4	M7	M4	M8	M1
«б» Тип каната (№ табл. в Приложении 1)	П1.6	П1.5	П1.4	П1.3	П1.2	П1.1	П1.6	П1.5	П1.4	П1.3

Группа классификации грузоподъемного механизма по определяется по третьей от конца цифре в номере зачетной книжки студента («а» - таблица 1). Определение группы классификации (режима) кранов и механизмов в целом производится в соответствие с требованиями ИСО 4301/1 в зависимости от класса использования, характеризующегося величиной максимального числа циклов за заданный срок службы, и режима нагружения ([1] ПБ 10-382-00 «Приложение 4»).

Тип каната определяется по предпоследней цифре в номере зачетной книжки («б» - таблица 1). Диаметр каната, для которого необходимо рассчитать прочность и оценить годность определяется по последней цифре номера зачетной книжки («с» – определяются согласно варианту в соответствующей таблице Приложения 1). Например, номер студенческой зачетной книжки 06-6172. Тогда, «а»=1, т.е. группа классификации грузоподъемного механизма МЗ, «б» = 7, т.е. тип каната П1.5, тогда из таблицы П1.5 «с»=2, т.е. диаметр каната 13 мм.

Маркировочная группа проволок каната в Приложении 1 таблицах П1.1-П1.5 выбирается студентом самостоятельно. Рекомендуется применять подъемные канаты с маркировочной группой по временному сопротивлению разрыву 1570-1670-1770 МПа. При этом не следует без необходимости использовать канаты с повышенными значениями маркировочной группы. Применение канатов с большим значением маркировочной группы определяется проектом и рекомендациями производителя грузоподъемных машин.

Браковку стальных канатов, работающих со стальными или чугунными блоками, проводят по числу обрывов проволок на длине $6d$ или $30d$ (где d - диаметр каната). Число оборванных проволок подсчитывают в местах сосредоточения обрывов, у концевых заделок каната, на уравнильных блоках и т.д. Число оборванных проволок не должно превышать нормы, приводимой в таблицах Ростехнадзора. Для канатов грузоподъемных машин транспортирующих людей, расплавленные или раскаленные металлы, огнеопасные или ядовитые вещества, нормы браковки уменьшаются вдвое.

При выполнении контрольной работы (РГР), число обрывов проволок на длине равной $30d$ берется равным сумме двух последних цифр в номере зачетной книжки студента (например, в выше представленном примере $7+2 = 9$). Допустимое число обрывов проволок, при наличии которых бракуются канаты двойной свивки, работающие со стальными и чугунными блоками, выбирается по Приложению 3.

Уменьшение диаметра проволок, в результате поверхностного износа или коррозии (в %), задается равным сумме всех трех цифр в номере зачетной книжки студента. Например, в выше представленном примере $1+7+2 = 10\%$.

Общие методические указания

Пояснительная записка оформляется в следующей форме:

1. Титульный лист.

2. Краткая характеристика стальных проволочных канатов и основных критериев для их выбраковки.

3. Эскиз образца каната (согласно варианту задания) и характеристика его по классификационным признакам.

4. Условное обозначение и ГОСТ на конструкцию изучаемого каната с подробной расшифровкой условного обозначения.

5. Схема поперечного сечения и расшифровка маркировки конструкции.

6. Величины параметров каната, разрывное усилие F_0 и наибольшее натяжение ветви каната S .

7. Обоснованный вывод о безопасности использования каната с учетом группы классификации (режима) кранов и механизмов, типа и диаметра каната, маркировочной группы проволок каната и заданного числа обрывов проволок (по варианту задания).

Расчеты должны сопровождаться кратким пояснительным текстом, в котором указывается, какая величина определяется и по какой формуле, а также величины, подставляемые в формулы. Все вычисления необходимо выполнять в развернутом виде. Размерности заданных и расчетных величин - в международной системе единиц (СИ).

Для образца каната (по варианту) задания, определяются направления свивки проволок и прядей, взаимное направление свивок, способ и тип свивки, вид покрытия поверхности проволок, материал сердечника.

Изучается и маркируется конструкция каната, дается схема поперечного сечения, устанавливается ГОСТ на стальной канат.

По справочным таблицам (Приложение 1) определяется разрывное усилие F_0 (Н) каната в целом, учитывая принятый предел прочности проволоки σ_B .

Рассчитывается наибольшее допустимое натяжение ветви каната

$$S \leq F_0 / z_p,$$

где коэффициент запаса прочности z_p назначается в зависимости от группы классификации механизма (Приложение 2)

Оценивается безопасность использования каната на основе применения норм браковки по числу обрывов проволок с учетом конструкции каната. Дать заключение о возможности дальнейшего использования или о выбраковке. После выполнения расчетов необходимо провести краткий анализ полученных результатов и сделать соответствующие выводы.

При наличии у каната поверхностного износа или коррозии проволок число обрывов, как признак браковки, должно быть уменьшено в соответствии с данными табл. 2. Поверхностный износ или уменьшение диаметра проволок от коррозии определяется по формуле:

$$C = 100 - \frac{d_3}{d_c} \cdot 100,$$

где C - износ диаметра проволоки, %; d_3 - замеренный диаметр проволоки, мм; d_c - диаметр проволоки по сертификату, мм.

Например, при $d_s=0,85$ мм, $d_c= 1$ мм поверхностный износ составляет:

$$C = 100 - \frac{0,85}{1} \cdot 100 = 15\% ,$$

т.е. допустимое число обрывов проволок, согласно данным в табл. 2, будет равно 0,75 от значения, представленного в Приложении 3.

В данной расчетно-графической (контрольной) работе, процент износа (уменьшения диаметра) определяется вариантом задания (см. выше).

Библиографический список

1. ПБ 10-382-00. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов (редакция от 28 октября 2008 г.) [http://подъемсервис.рф/Doc/PB_10-382-00.\(2008\).pdf](http://подъемсервис.рф/Doc/PB_10-382-00.(2008).pdf)
2. РД РОСЭК 012-97. Канаты стальные. Контроль и нормы браковки / А.А. Короткий, М.Н. Хальфин, Б.Ф. Иванов, В.С. Котельников, Госгортехнадзор России. – Новочеркасск, 1997. – 50 с.
3. ГОСТ 3241-91 (ИСО 3108-74) Канаты стальные. Технические условия.
4. ИСО 2408-85 Канаты стальные проволочные общего назначения. Характеристики
5. ИСО 4308/1-86 Краны грузоподъемные. Выбор стальных проволочных канатов
6. ИСО 4308/2-88 Краны грузоподъемные. Выбор стальных проволочных канатов. Часть 2. Краны стреловые самоходные. Коэффициент использования.
7. ИСО 4309/1-81 Краны грузоподъемные. Стальные проволочные канаты. Нормы и правила осмотра и браковки.
8. ГОСТ 2688-80* Канат двойной свивки типа ЛК-Р конструкции 6х19(1+6+6/6)+1 о.с. Сортамент.
9. ГОСТ 3071-88* Канат стальной двойной свивки типа ТК конструкции 6х37 (1+6+12+18)+1 о.с. Сортамент.
10. ГОСТ 3079-80* Канат двойной свивки типа ТЛК-0 конструкции 6х37 (1+6+15+15)+1 о.с. Сортамент.
11. ГОСТ 7668-80* Канат двойной свивки типа ЛК-РО конструкции 6х36 (1+7+7/7+14)+1 о.с. Сортамент.
12. ГОСТ 7669-80* Канат двойной свивки типа ЛК-РО конструкции 6х36 (1+7+7/7+14)+7х7 (1+6). Сортамент Канаты стальные проволочные общего назначения. Характеристики.

Приложение 1

Таблица П 1.1 - Канат двойной свивки типа ЛК-О конструкции 6×19 (1+9+9) + 1о.с. (ГОСТ 3077-80)

№ вар. «с»	Диаметр каната, мм	Расчетная площадь сечения всех проволок, мм ²	Маркировочная группа, МПа			
			1372	1568	1666	1764
			Разрывное усилие каната в целом F ₀ , кН			
1	12	54,07	–	72,0	76,5	78,9
2	13	60,94	–	81,1	86,2	88,7
3	14	73,36	–	97,8	103,5	106,5
4	15	86,95	–	115,5	122,5	126,5
5	16,5	101,68	118,0	135,0	143,5	147,5
6	17,5	117,58	136,5	156,0	166,0	171,5
7	19,5	139,69	162,5	183,0	197,0	203,5
8	20,5	158,19	184,0	210,5	223,5	230,5
9	22	177,85	207,0	236,5	251,0	259,0
10	23	198,67	231,0	264,5	281,0	289,5
11	25,5	243,76	284,0	324,5	344,5	355,5
12	28	293,48	342,0	391,0	415,5	428,0
13	30,5	347,82	405,0	463,5	492,0	507,5
14	32,5	406,76	474,0	541,5	575,5	593,0
15	35	470,34	548,0	626,5	665,5	686,0

Таблица П 1.2 - Канат двойной свивки типа ЛК-О конструкции 6×19 (1+9+9) + 7×7 (1+6) (ГОСТ 3081-80)

№ вар. «с»	Диаметр каната, мм	Расчетная площадь сечения всех проволок, мм ²	Маркировочная группа, МПа			
			1372	1568	1666	1764
			Разрывное усилие каната в целом F ₀ , кН			
1	10	45,94	–	62,5	66,4	68,4
2	11,5	57,72	–	78,5	83,4	86,0
3	12,5	70,85	–	96,5	102,0	105,5
4	14	85,32	–	116,0	123,0	127,0
5	15	101,15	–	137,0	146,0	150,5
6	16,5	118,32	–	160,0	170,5	176,0
7	17,5	136,84	162,5	186,0	197,5	203,5
8	19	161,76	192,0	219,5	233,5	240,5
9	20,5	183,28	218,0	245,0	264,5	272,5
10	21,5	206,14	245,0	280,0	297,5	307,0
11	22,5	230,35	274,0	315,0	332,5	343,0
12	25	279,03	332,0	374,0	403,0	415,5
13	27	336,50	400,0	453,5	486,0	501,0
14	29,5	399,36	475,0	546,0	577,0	594,5
15	31,5	463,56	551,5	640,0	669,5	690,0

Таблица П 1.3 - Канат двойной свивки типа ТК конструкции 6×19 (1+6+12) + 1о.с. (ГОСТ 3070-74)

№ вар. «с»	Диаметр каната, мм	Расчетная площадь сечения всех проволок, мм ²	Маркировочная группа, МПа			
			1372	1568	1666	1764
			Разрывное усилие каната в целом F ₀ , кН			
1	8,1	22,64	–	30	32	33
2	9,7	32,52	–	44	46	48
3	11	44,21	52	60	63	65
4	13	57,70	68	78	83	85
5	14,5	72,96	86	99	105	108
6	16	90,02	107	122	130	134
7	17,5	108,86	129	147	157	161
8	19,5	130,11	154	176	187	193
9	21	152,58	181	207	220	227
10	22,5	176,86	210	240	255	263
11	24	202,92	241	275	292	302
12	25,5	230,76	274	313	333	343
13	27	260,41	309	354	376	387

Таблица П 1.4 - Канат двойной свивки типа ЛК-Р конструкции 6×19 (1+6+6/6) + 1о.с. (ГОСТ 2688-80)

№ вар. «с»	Диаметр каната, мм	Расчетная площадь сечения всех проволок, мм ²	Маркировочная группа, МПа			
			1372	1568	1666	1764
			Разрывное усилие каната в целом F ₀ , кН			
1	11	47,19	–	62,9	66,8	68,8
2	12	53,87	–	71,8	76,2	78,6
3	13	61,00	71,1	81,3	86,3	89,0
4	14	74,40	86,7	99,0	105,0	108,0
5	15	86,28	100,0	114,5	122,0	125,5
6	16,5	104,61	121,5	139,0	147,5	152,0
7	18	124,73	145,0	163,0	176,0	181,5
8	19,5	143,61	167,0	191,0	203,0	209,0
9	21	167,03	194,5	222,0	236,0	243,5
10	22,5	188,78	220,0	251,0	267,0	275,5
11	24	215,49	250,5	287,0	304,5	314,0
12	25	244	284,0	324,5	345,0	355,5
13	27	274,31	319,0	365,0	388,0	399,5
14	30,5	356,72	415,5	475,0	504,5	520,0
15	32	393,06	458,0	523,5	556,0	573,0
16	33,5	431,18	502,5	574,0	610,5	629,0
17	37	512,79	597,0	683,0	725,0	748,0
18	39,5	586,59	684,0	781,5	828,0	856,0
19	42	668,12	779,0	890,0	945,0	975,0

Таблица П 1.5 - Канат двойной свивки типа ЛК-3 конструкции 6×25 (1+6; 6+12) + 1о.с. (ГОСТ 7665-80)

№ вар. «с»	Диаметр каната, мм	Расчетная площадь сечения всех проволок, мм ²	Маркировочная группа, МПа			
			1372	1568	1666	1764
			Разрывное усилие каната в целом F ₀ , кН			
1	11,5	47,12	54,9	62,7	66,7	68,9
2	13	61,38	71,5	81,8	86,6	89,5
3	14,5	77,50	93,5	102,5	109,0	113,0
4	16	95,58	110,5	126,5	134,5	139,5
5	17,5	115,72	134,5	153,5	163,5	169,0
6	19,5	137,81	160,0	183,0	194,5	201,0
7	21	161,81	188,5	215,0	228,5	236,5
8	22,5	188,50	219,0	250,5	266,5	275,0
9	24	216,42	251,5	288,0	305,5	316,5
10	25,5	246,27	286,5	327,5	348,0	360,0
11	27,5	278,10	323,5	369,5	393,0	406,5
12	29	311,77	363,0	415,0	441,0	456,0
13	32	382,52	445,5	509,5	541,0	559,5
14	35,5	463,20	539,0	616,5	655,0	677,5
15	38,5	548,71	639,0	730,5	776,5	795,0

Таблица П 1.6 - Канат двойной свивки типа ЛК-РО конструкции 6×36 (1+7+7/7+14) + 1о.с. (ГОСТ 7668-80)

№ вар. «с»	Диаметр каната, мм	Расчетная площадь сечения всех проволок, мм ²	Маркировочная группа, МПа			
			1372	1568	1666	1764
			Разрывное усилие каната в целом F ₀ , кН			
1	11,5	51,96	–	66,8	71,0	75,1
2	13,5	70,55	–	90,7	96,3	101,5
3	15	82,16	–	104,5	111,5	116,5
4	16,5	105,73	–	135,5	144,0	150,0
5	18	125,78	–	161,5	171,5	175,5
6	20	153,99	–	197,5	210,0	215,0
7	22	185,10	207,5	237,5	252,5	258,5
8	23,5	215,94	242,5	277,0	294,0	304,0
9	25,5	252,46	283,5	324,0	344,0	352,5
10	27	283,79	318,5	364,5	387,5	396,5
11	29	325,42	366,0	417,5	444,0	454,5
12	31	369,97	416,0	475,0	505,0	517,0
13	33	420,96	473,0	540,5	574,5	588,8
14	34,5	461,07	518,0	592,0	629,5	644,5
15	36,5	503,09	565,5	646,0	686,5	703,5
16	39,5	615,95	692,5	791,5	841,0	861,0
17	42	683,68	768,5	878,5	933,5	955,5

Приложение 2

Коэффициенты запаса прочности канатов грузоподъемных маши

Группа классификации грузоподъемного механизма по ИСО 4301/1 (по ГОСТ 25835-83)	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
	(1M)	(1M)	(1M)	(2M)	(3M)	(4M)	(5M)	(6M)
Коэффициент запаса прочности Z_p	3,15	3,35	3,55	4,00	4,50	5,60	7,10	9,00

Приложение 3

Число обрывов проволок, при наличии которых бракуются канаты двойной свивки, работающие со стальными и чугунными блоками

Тип свивки	Конструкции канатов	ГОСТ на канат	Группа классификации механизма							
			M1, M2, M3 и M4				M5, M6, M7 и M8			
			крестовая свивка		односторонняя		крестовая свивка		односторонняя	
			на участке длиной							
		6d		30d		6d		30d		
ЛК-О	6×19 (1+9+9)+1о.с.	3077-80								
	6×19 (1+9+9) + 7×7 (1+6)	3081-80	3	6	2	3	6	12	3	6
ЛК-Р	6×19 (1+6+6/6) + + 1о.с.	2688-80								
	6×19 (1+6+6/6) + + 7×7 (1+6)	14954-80	5	10	2	5	10	19	5	10
ЛК-З	6×25 (1+6; 6+12) + + 1о.с.	7665-80								
	6×25 (1+6; 6+12) + + 7×7 (1+6)	7667-80								
ЛК-РО	6×36 (1+7+7/7+14) + 1о.с.	7668-80	7	14	4	7	14	29	7	14
	6×36 (1+7+7/7+14) + 7×7 (1+6)	7669-80								
ТЛК-О	6×37 (1+6+15+15)+ + 1о.с.	3079-80	8	16	4	8	16	32	8	16