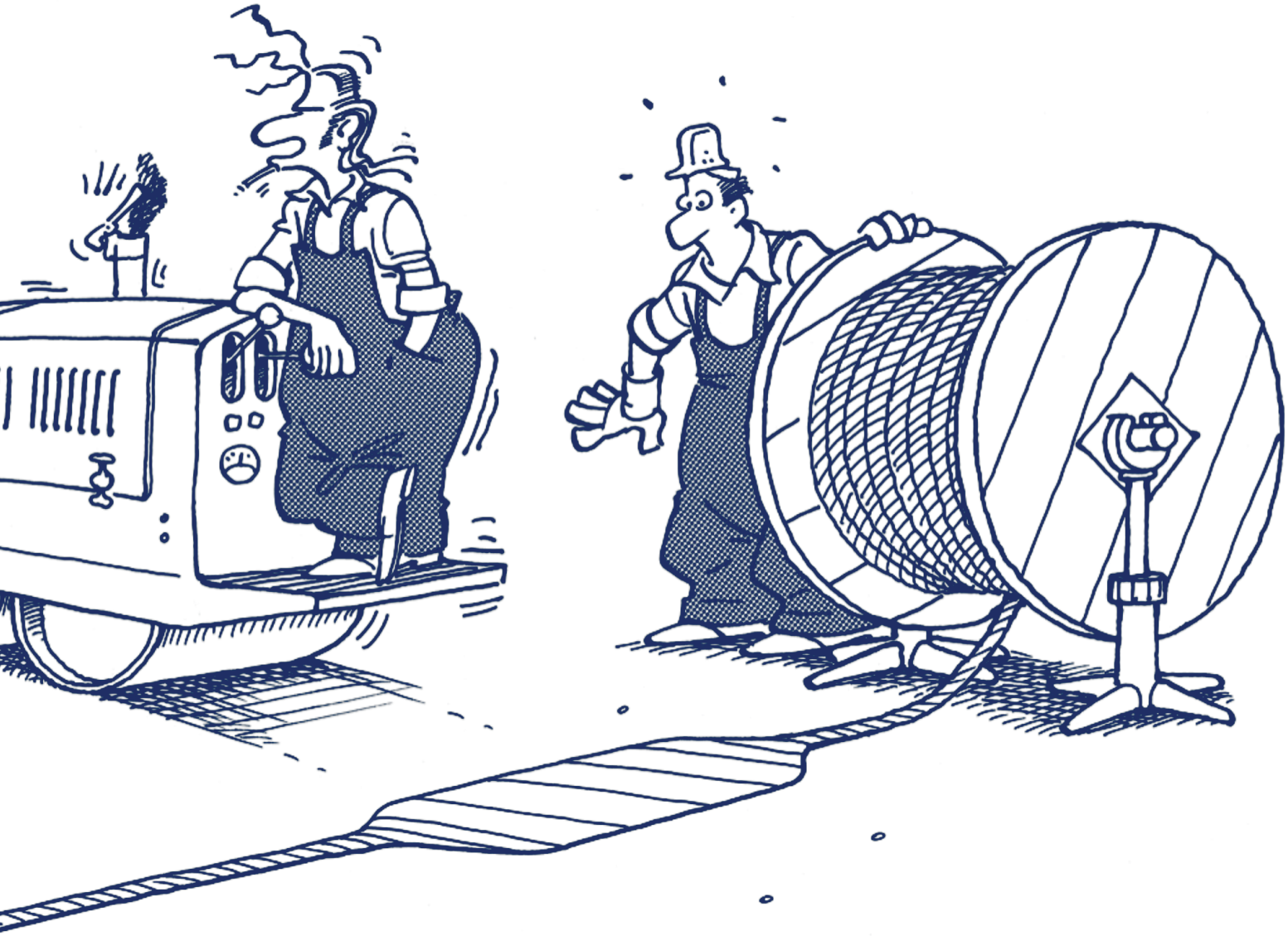
WIRE ROPE
TECHNOLOGY AACHEN



Стальные грузовые канаты для кранов
Проблемы и решения

Стальные грузовые канаты для кранов. Проблемы и решения.

Дипл. Инженер Роланд Верит (Roland Verreet).

1. Стальной канат – Система многократно дублируемых элементов 2
2. Проблема: Локальная концентрация разрывов 4
3. Проблема: Внутренние разрывы проволок 5
3.1. Проблема: Внутренние разрывы в канатах с 6-ю прядями со стальным сердечником 6
3.2. Решение: Канаты с 8-ю прядями и внутренним пластиковым слоем 6
4. Проблема: Внутренние разрывы в стандартном некрутящемся канате 8
4.1. Описание: Некрутящиеся канаты 11
4.2. Решение: Специальные некрутящиеся канаты с пластически обжатым сердечником и пластически обжатыми внешними прядями 12
5. Электромагнитное тестирование каната 12
6. Проблема: Коррозия стальных грузовых канатов 13
6.1 Решение 1: Оцинкованные канаты и сердечники с пластиковым покрытием. 14
6.2. Решение 2: Регулярное смазывание. 14
7. Проблема: Неудовлетворительный срок эксплуатации каната. 15
7.1. Решение 1: Использование канатов с большей усталостной прочностью. 15
7.2. Решение 2: Оптимизация диаметра каната. 16
7.3. Решение 3: Оптимизация диаметра блока. 19
7.4. Решение 4: Избежание излишнего изгибания. 20
7.5. Решение 5:Оптимизация усталостной прочности натяжения уменьшением диаметра каната. 20
8. Проблема: Корзинообразная деформация прядей и выдавливание сердечника. .. 22
8.1. Решение 1: Смазывание каната. 25
8.2. Решение 2: Стальные блоки вместо пластиковых 25
8.3. Решение 3: Блоки с широкими желобами. 27
8.4. Решение 4:Использование стальных канатов с пластиковым слоем. 27
8.5. Решение 5: Избежание узких блоков 27
9. Проблема: Повреждение в барабане. 27
9.1. Решение 1: Барабаны с желобами и системы наматывания Лебус. 28
9.2. Решение 2: Канаты свивки Лэнгс с пластически обжатыми внешними прядями. .. 28
10. Проблема: Высокая цена качественных грузовых канатов. 29
10.1 Решение: Подумайте об общих издержках! 30

1.Стальной канат - система многократно дублируемых элементов.

Представьте себе следующую ситуацию: Инспектор исследовал канат портового крана и обнаружил 10000 разрывов проволок. Однако он настаивает, что канат в надлежащем рабочем состоянии. Возможно ли это?

До изобретения в 1834 году стальных канатов обычно использовались грузоподъёмные цепи. Однако они обладали одним серьёзным недостатком: представляли собой последовательность несущих элементов. При поломке одного звена вся система выходила из строя (см. рис. 1).

В стальных же канатах несущие элементы соединяются параллельно. При выходе из строя одного элемента грузоподъёмность каната уменьшается только в месте разрыва, чаще всего меньше чем на 1% (см. рис. 2).

Стальные канаты представляют собой систему многократно дублируемых несущих элементов. В подобной системе каждый элемент, необходимый для правильного функционирования всей системы, представлен, по меньшей мере, дважды. Например, некоторые части человеческого тела продублированы: при потере зрения одним глазом или слуха одним ухом, человек не теряем зрение и слух полностью. В стальном канате при выходе из строя одной проволоки, существует 250 других, пригодных для подъёма груза.

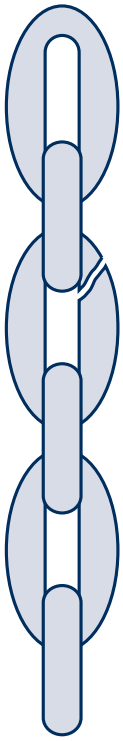


Рис.1 Цепь. Разрыв одного элемента приводит к неисправности всей системы.

Рис.2 Стальной канат. Разрыв одного элемента практически не имеет значения.

Что же происходит при выходе из строя всё большего и большего количества проволок? При отказе обоих глаз или ушей человек теряет возможность видеть и слышать. Аналогично, откажет ли стальной канат, если каждая из 250 проволок будет порвана?

Нет. Это кажется невероятным, но стальной канат всё ещё находится в хорошем состоянии, даже если каждая проволока будет разорвана 200 раз!

На рис. 3 представлено схематическое изображение 250 проволок, образующих стальной канат (в целях экономии места изображено 30 проволок). Каждая из 250 проволок разорвана однократно. Однако каждый разрыв приводит только к местному уменьшению грузоподъёмности каната. Через несколько элементов после разрыва проволока снова восстанавливает грузоподъёмность в полном объёме.

При равномерном распределении разрывов по длине каната (на каждом участке каната существует только один разрыв) грузоподъёмность каждого участка уменьшается менее чем на 1%. При испытании каната на разрыв может быть достигнута точная грузоподъёмность по каталогу даже при условии, что каждый отдельный элемент имеет разрыв!

Однако необходимо регламентировать допускаемое количество разрывов на единицу длины каната. Оно определяется в соответствии с местными или международными стандартами, а также правилами классификационных обществ. Расчет производится следующим

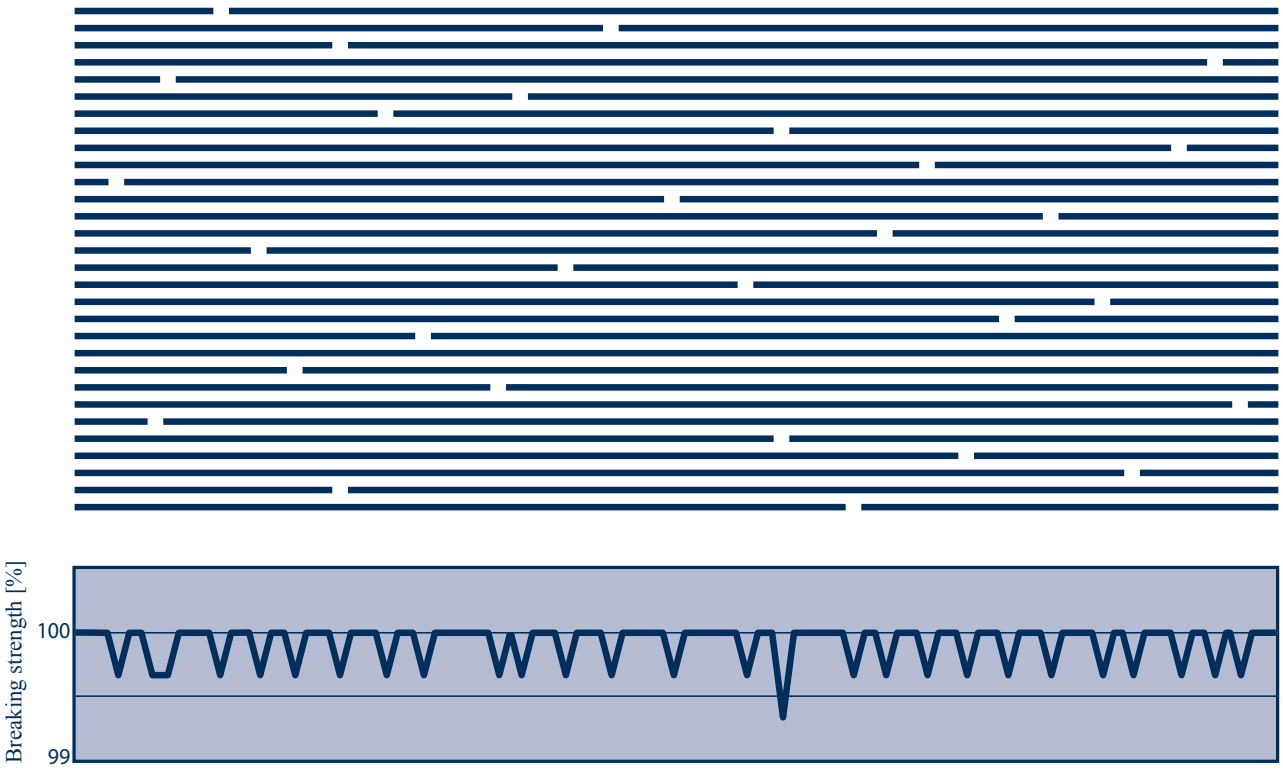


Рис.3 Каждый разрыв приводит только к местному уменьшению грузоподъёмности каната

образом: допустимое число разрывов, умноженное на некоторый множитель и на диаметр каната, например: 6 х диаметр (на 1 виток каната) или 30 х диаметр (на 5 витков каната).
Наш инспектор обнаружил 10000 разрывов. Однако предельное количество не было достигнуто ни на одном участке каната, исходя из критерия 6 х диаметр или 30 х диаметр. Поэтому он был прав в своём решении оставить канат в эксплуатации.
Данный пример доказывает, что при нормальных условиях эксплуатации стальной канат представляет собой надёжный и безопасный элемент грузоподъёмного оборудования.

2. Проблема: локальная концентрация разрывов

Через несколько дней наш инспектор исследует грузовой канат другого крана. Он обнаруживает всего 15 разрывов. Но настаивает на отбраковке каната. Это немного странно после того, как он допустил 10000 разрывов проволок каната у первого крана. Может ли инспектор ошибиться в этот раз?
Если разрывы проволок концентрируются на очень небольшом участке каната (см. рис. 4), например, в результате неправильного использования или локального механического повреждения, то уменьшение грузоподъёмности достигнет критического значения, и канат будет подлежать отбраковке. Хотя 500 метров каната находятся в отличном состоянии, его придется отбраковать из-за 5 сантиметров.
Канаты с большой локальной концентрацией разрывов не безопасны. И наш инспектор принял правильное решение.

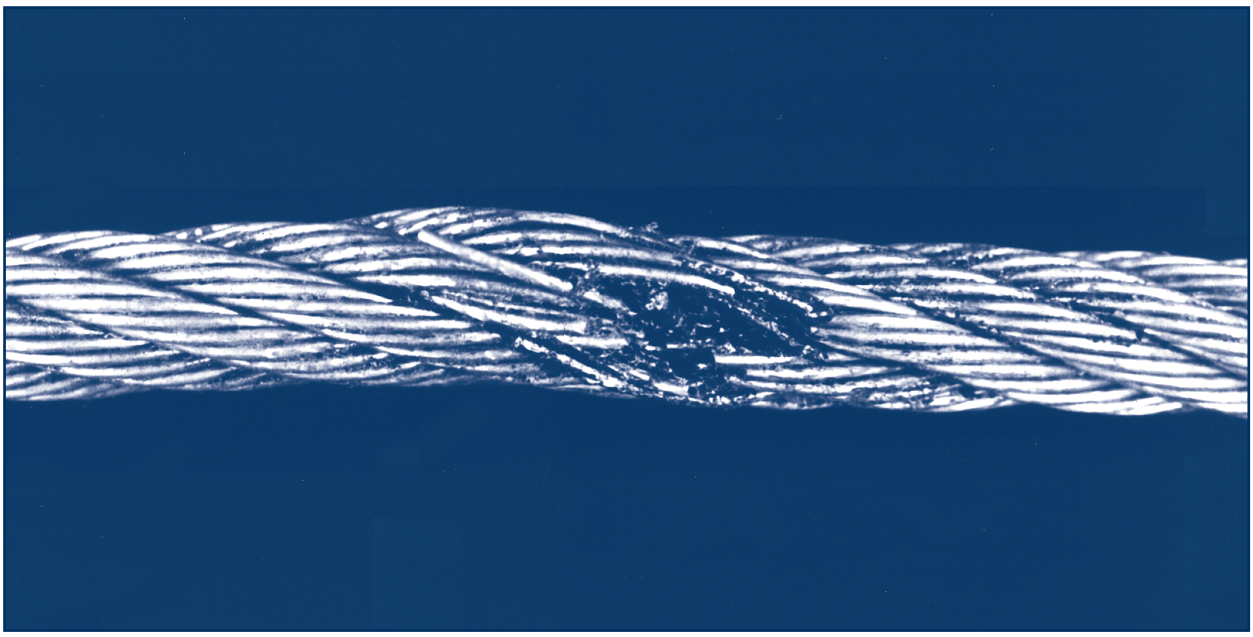


Рис.4 Локальная концентрация разрывов.

3. Проблема: внутренние разрывы проволок

В грузовом канате третьего крана такого же типа не было обнаружено ни единого разрыва. Однако после проверки наш инспектор настаивает на его отбраковке. Почему?

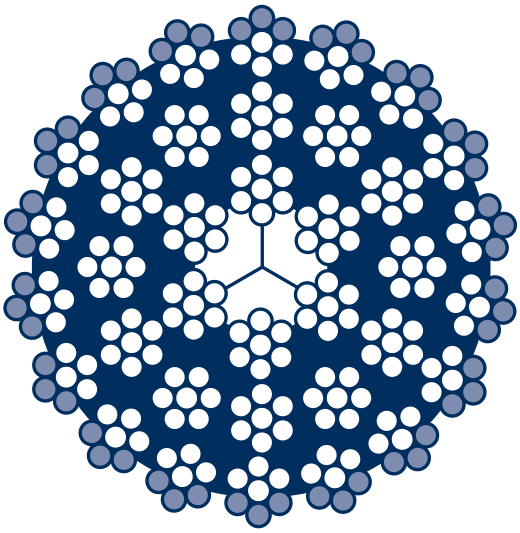


Рис.5 Только около 20% сечения каната может быть исследовано визуально

Во время визуального исследования каната, возможно, оценить только состояние видимых частей внешних жил. Однако металлическое сечение внешних проволок представляет собой около 40% металлического сечения всего каната, и только около половины длины этих проволок находятся в зоне видимости (см. рис. 5). Это означает, что в ходе визуальной проверки каната мы можем исследовать состояние только 20% металлического сечения каната, и нам приходится надеяться, что остальные 80% находятся в таком же хорошем состоянии.

Визуальное исследование каната:
20% - известность, 80% - надежда

Однако достаточно часто видимые 20% находятся в хорошем состоянии, в то время как большое число разрывов скрыто в невидимой части каната. Канаты с внутренними разрывами и отсутствием внешних признаков неполадки очень опасны.

3.1.Проблема: Внутренние разрывы в канатах с 6-ю прядями со стальным сердечником

Во время проверки каната 6x36WS со стальным сердечником (см. рис. 6) не было обнаружено никаких внешних разрывов. Однако после сгибания каната вручную стало очевидно, что каждая внешняя проволока была разорвана внутри каната (см. рис. 7).
В местах соприкосновения стального сердечника и внешних прядей обнаруживаются очень высокие местные контактные напряжения (см. рис. 8). Поэтому внешние проволоки каната могут разрываться в местах контакта со стальным сердечником. Различные длины разорванных проволок на рисунке 7 явно показывают именно такую ситуацию.

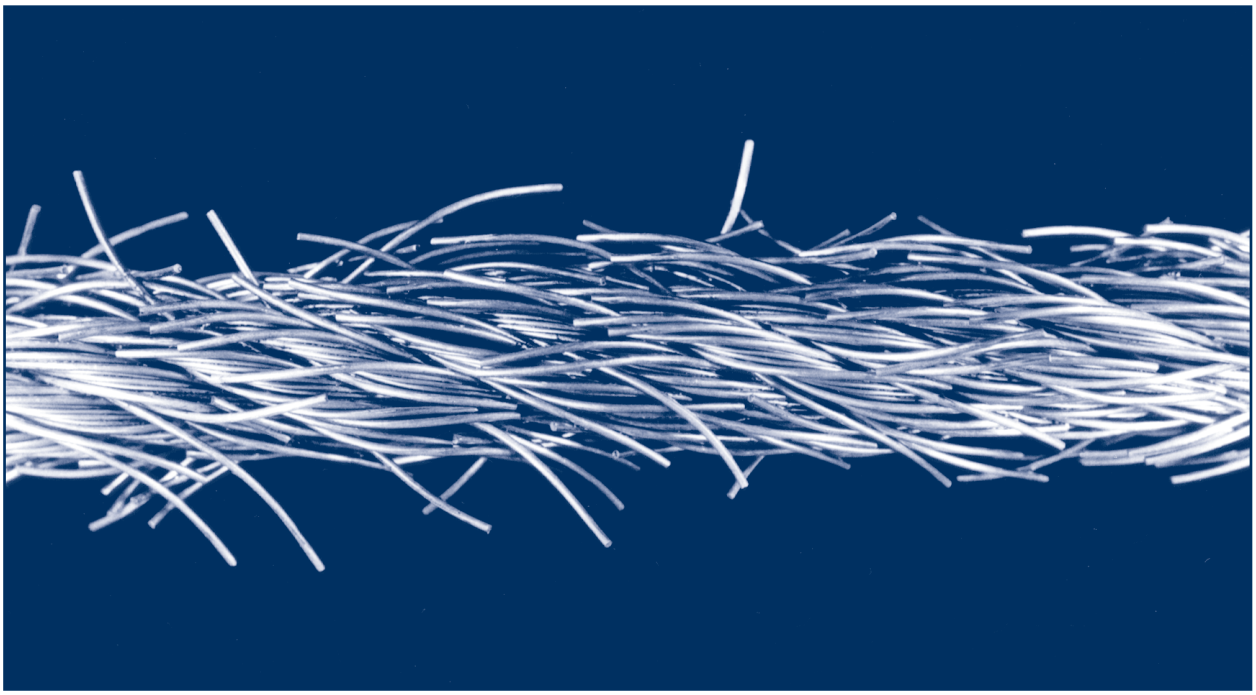


Рис. 7 Многочисленные разрывы в местах контакта стального сердечника и внешних прядей

3.2.Решение: канаты с 8-ю прядями и внутренним пластиковым слоем

На рисунке 9 изображено сечение каната с 8-ю прядями и внутренним пластиковым слоем между стальным сердечником и внешними прядями (КАЗАР ТУРБОПЛАСТ). Пластиковый слой не только изолирует смазку каната и защищает сердечник от коррозии, но и предотвращает металлический контакт между двумя соседними прядями и таким образом уменьшает давление между стальным сердечником и внешними прядями (см. рис. 10). Таким образом, пластиковый слой успешно помогает предотвращать внутренние разрывы проволок.

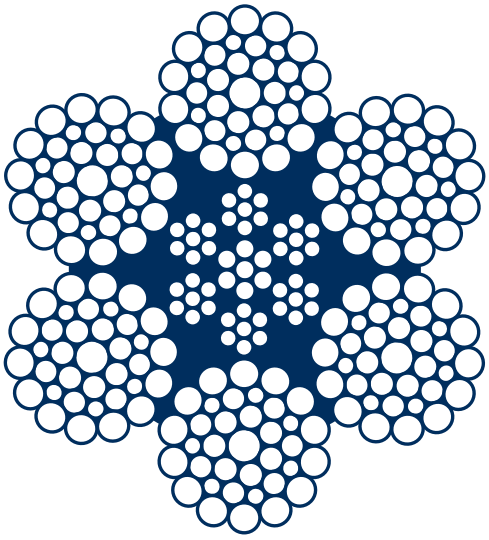


Рис. 6 Канат со стальным сердечником (6x36WS+IWRC)

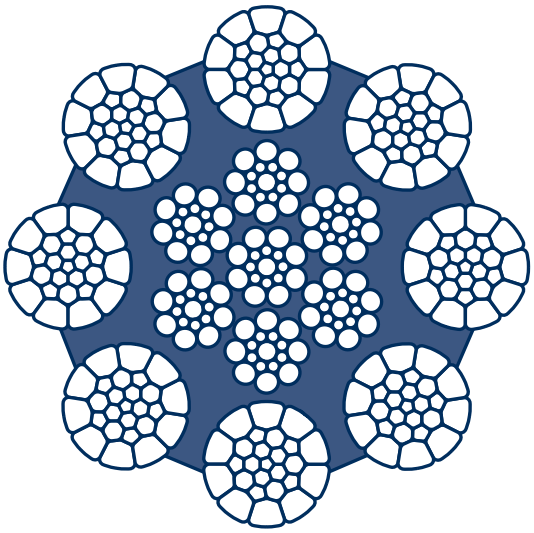


Рис. 9 Канат с 8-ю прядями и пластиковым слоем между стальным сердечником и внешними прядями (КАЗАР ТУРБОПЛАСТ)

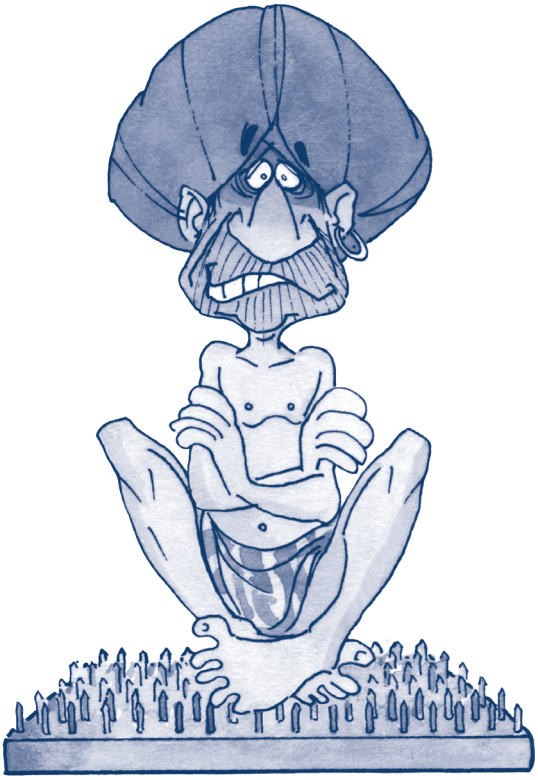


Рис. 8 Высокие местные контактные напряжения между стальным сердечником и внешними прядями (6x36WS+IWRC)

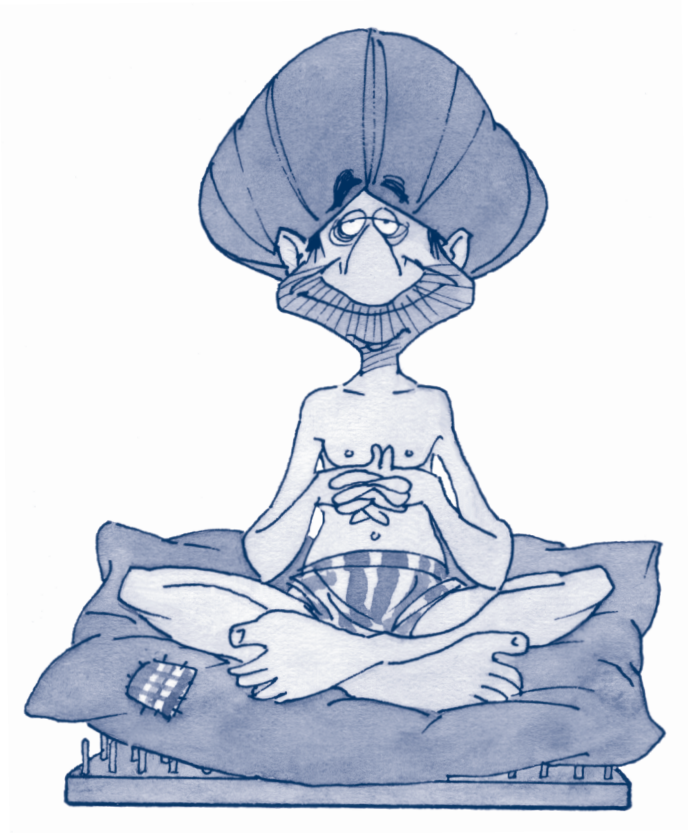


Рис. 10 Пластиковый слой действует как подушка: уменьшает контактные напряжения между стальным сердечником и внешними прядями и помогает предотвращать внутренние разрывы проволок
(КАЗАР ТУРБОПЛАСТ)

4. Проблема: внутренние разрывы в стандартном некрутящемся канате

В некрутящихся канатах сердечник свит в направлении, противоположном свивке внешних прядей. Поэтому такие канаты даже более подвержены внутренним разрывам, чем канаты с 6 и 8 прядями.
На рис. 11 изображено сечение некрутящегося грузового каната 36x7. На рис. 12 показана внешняя поверхность такого каната после нескольких месяцев эксплуатации. На поверхности не наблюдается ни единого разрыва.
После удаления слоя внешних прядей обнаруживается большое количество разрывов на сердечнике каната в местах соприкосновения соседних слоёв (см. рис. 13). После удаления следующего слоя прядей, на самом внутреннем слое также обнаруживается высокая концентрация разрывов (см. рис. 14).

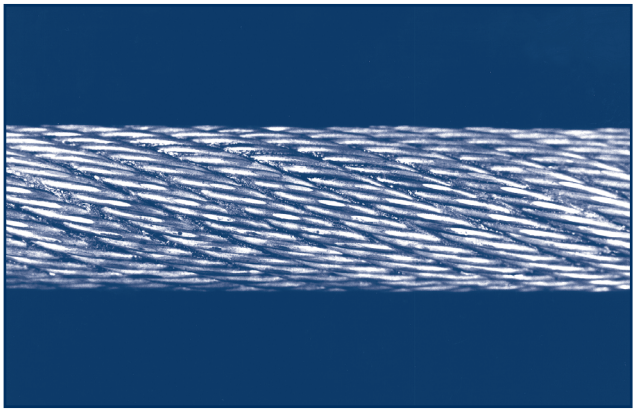


Рис. 12 Грузовой канат 36x7 после нескольких месяцев эксплуатации. На внешней поверхности не наблюдается ни единого разрыва.

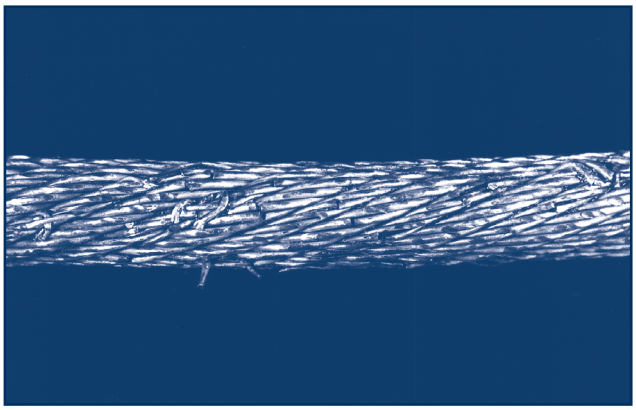


Рис. 13 После удаления слоя внешних прядей обнаруживается большое количество разрывов на сердечнике каната в местах соприкосновения соседних слоёв.

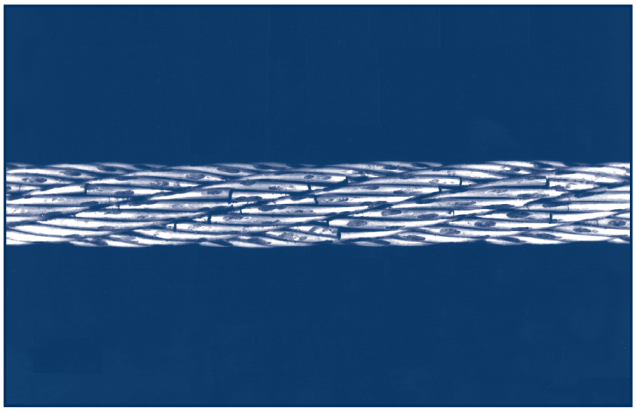


Рис. 14 На самом внутреннем слое также обнаруживается высокая концентрация разрывов.

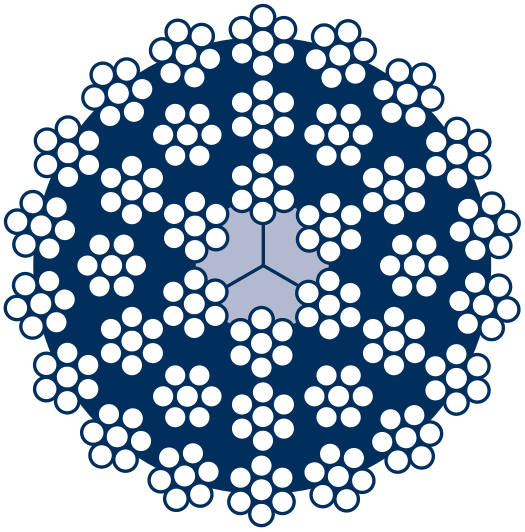


Рис. 11 Некрутящийся грузовой канат 36x7

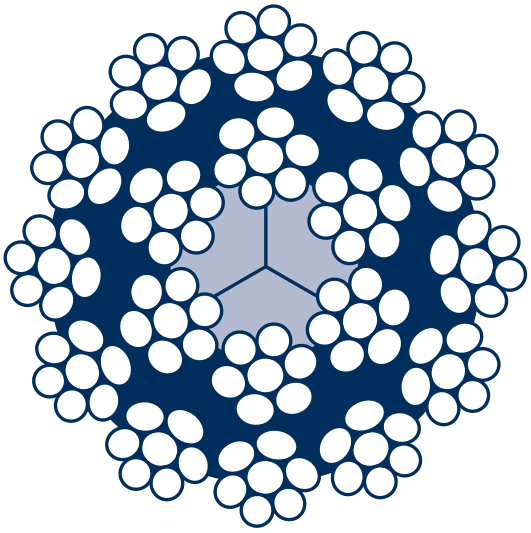


Рис. 15 Слабо крутящийся канат 18x7

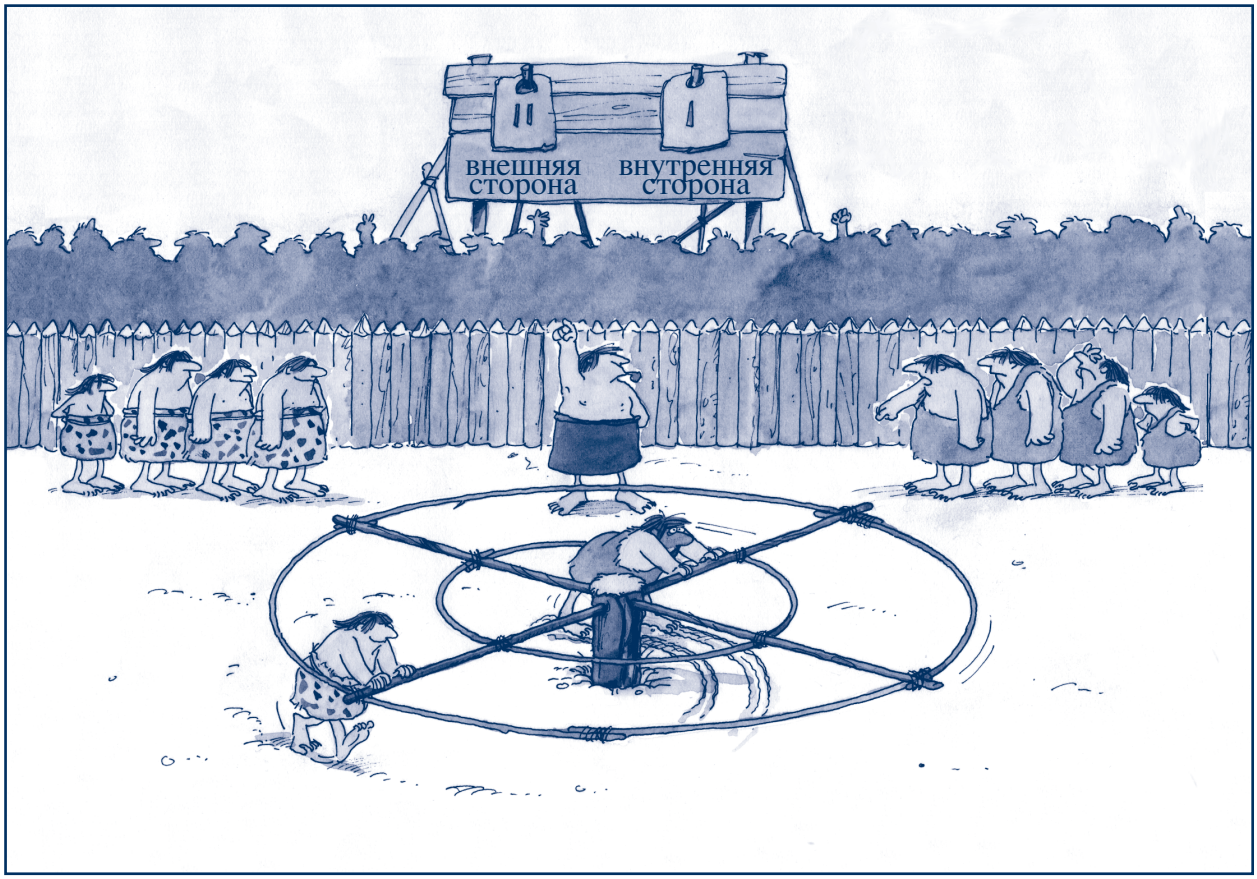


Рис.16 У внешних слоёв есть преимущество благодаря более длинному плечу рычага

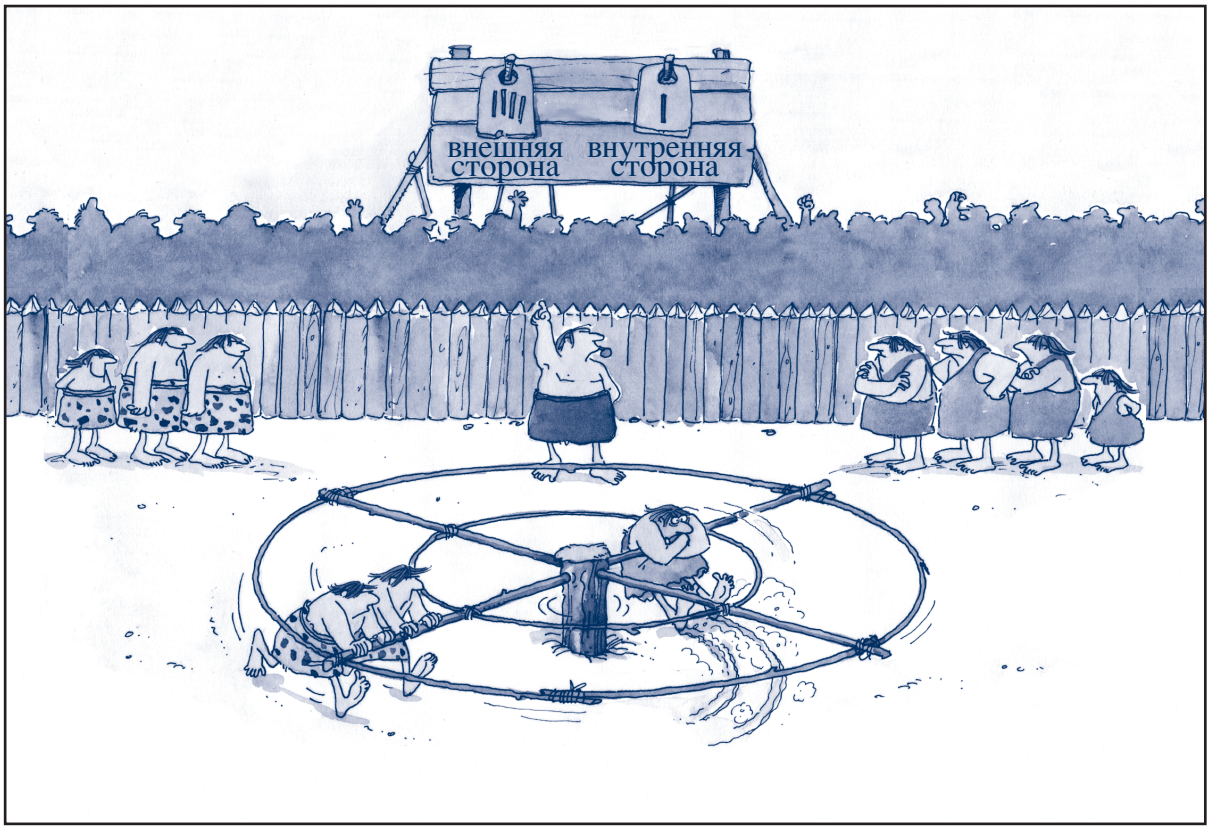


Рис. 17 У каната 18x7 металлическое сечение внешних прядей в два раза больше, чем сечение сердечника

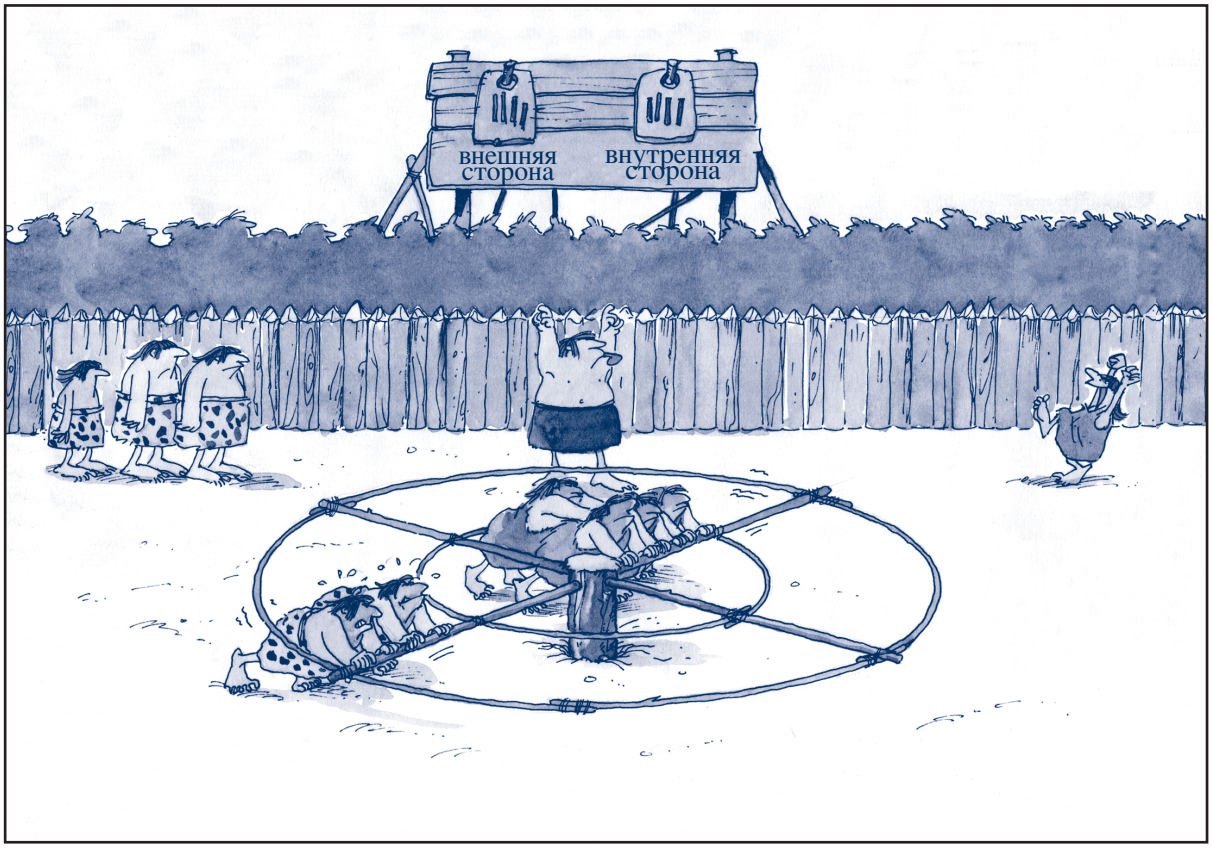


Рис. 18 Равновесие достигается, т.к. атлеты, находящиеся на внутренней стороне с коротким плечом, превосходят по численности находящихся снаружи у длинного плеча

4.1 Описание: некрутящиеся канаты

Если вы используете канаты 18x7 (см. рис. 15), 18x19 или их разновидности для подъёма грузов на ваших кранах, не рассказывайте об этом вашей страховой компании!

Канаты этих конструкций обладают одним недостатком, который может быть проиллюстрирован следующим примером: две команды пытаются толкать крестовину в противоположных направлениях. Соревнование не совсем справедливо, т.к. одна команда находится у концов балок и выигрывает из-за значительно более длинного плеча, в то время как их противники толкают недалеко от центра (см. рис. 16).

Если команда, толкающая крестовину у центра, не имеет шансов при равном числе участников, насколько труднее им приходится, если количество игроков на внешних концах балок вдвое превосходит их по численности (см. рис. 17)?

Именно это происходит в канатах 18x7, 18x19 и их многочисленных разновидностях. В этих конструкциях 6 внутренних прядей должны соперничать с 12 внешними прядями равного диаметра, обладающих вдвое более длинным плечом. Канаты этой конструкции могут выступать как некрутящиеся только если внутренние пряди безнадежно перегружены!

Другими словами: в подобных конструкциях канатов сердечник всегда будет перегружен. Поэтому он изнашивается намного быстрее, чем внешние пряди. Таким образом, внутренние разрывы неизбежны для данной конструкции канатов.

На рис. 18 изображена возможность достижения стабильности: на внутренней части крестовины с коротким плечом должно находиться большее количество атлетов, чем с внешней стороны с более длинным плечом!

Именно таким образом в хороших некрутящихся канатах достигается стабильность без перегрузки сердечника: металлическое сечение сердечника значительно превосходит металлическое сечение внешних пучков.

В сердечниках некрутящихся канатов должно быть больше металла, чем во внешних прядях!

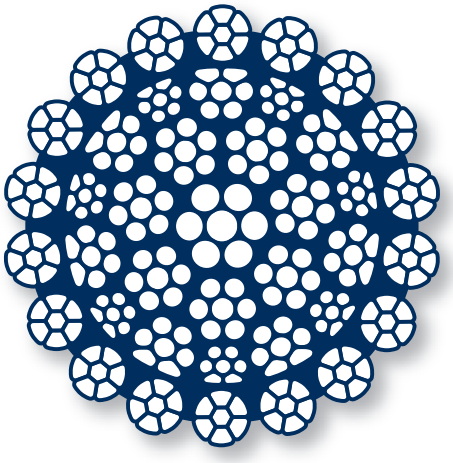


Рис. 19 Некрутящийся грузовой канат из 40 прядей с пластически обжатыми внешними прядями и пластически обжатым сердечником (КАЗАР ЕВРОЛИФТ).

4.2. Решение: специальные некрутящиеся канаты с пластически обжатым сердечником и пластически обжатыми внешними прядями

На рис. 19 изображено сечение некрутящегося грузового каната из 40 прядей с пластически обжатыми внешними прядями и пластически обжатым сердечником (КАЗАР ЕВРОЛИФТ). Пластическое обжатие сердечника в целом приводит к более высокой грузоподъёмности и большему сопротивлению кручения каната.
Кроме того, увеличившаяся контактная поверхность «сглаженного» сердечника приводит к значительному уменьшению контактных напряжений между стальным сердечником и «сглаженными» внешними прядями (см. рис. 20), и таким образом уменьшает опасность внутренних разрывов.

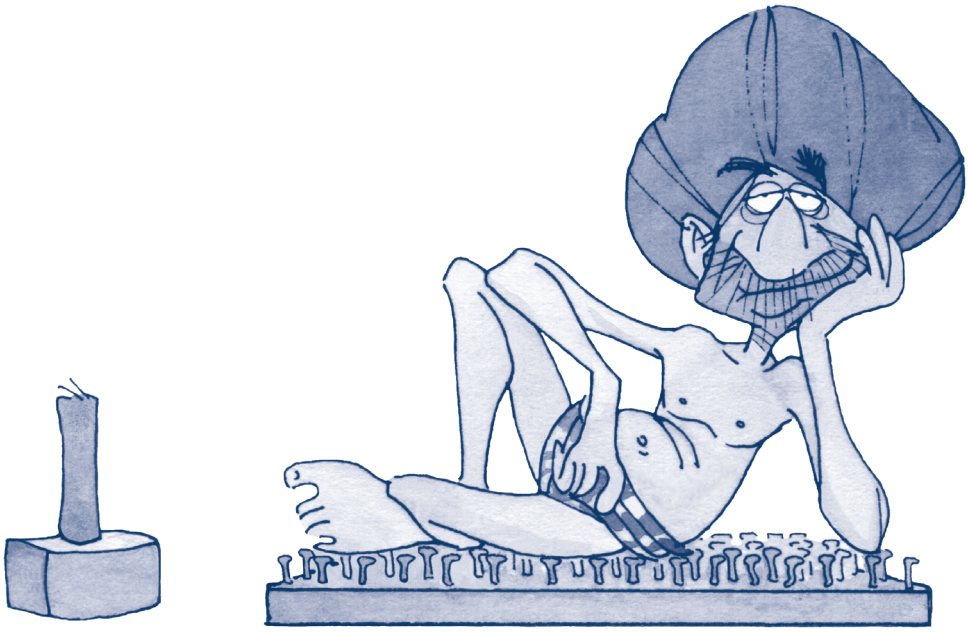


Рис. 20 Увеличившаяся контактная поверхность «сглаженного» сердечника приводит к значительному уменьшению контактных напряжений между стальным сердечником и «сглаженными» внешними прядями, и таким образом уменьшает опасность внутренних разрывов

5. Электромагнитное тестирование каната

Здесь следует отметить, что внутренние разрывы могут быть обнаружены с помощью тестовых электромагнитных инструментов. Тесты должны проводиться квалифицированным персоналом компании, обслуживающей кран (см. рис. 21), либо независимыми сервисными компаниями.

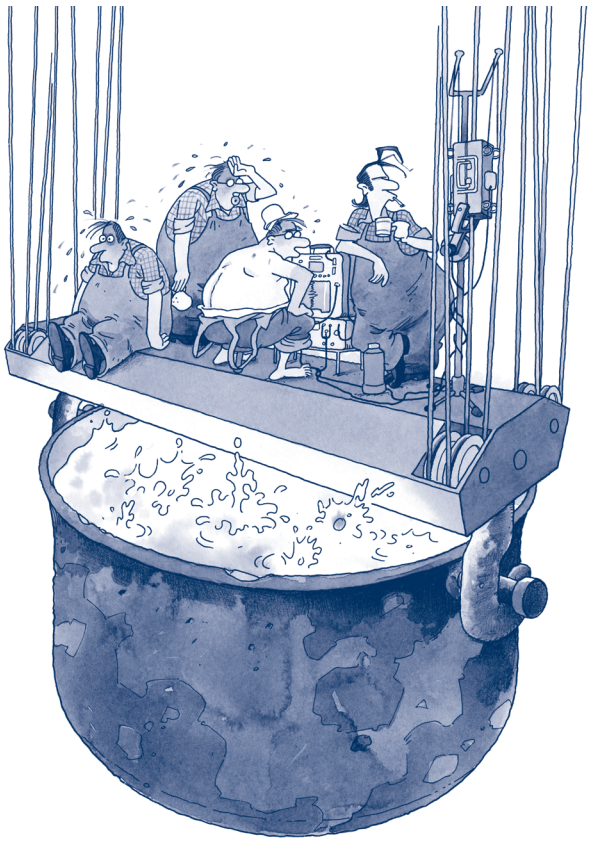


Рис. 21 Электромагнитное исследование каната под нагрузкой

6.Проблема: коррозия стальных грузовых канатов.

Металлическое сечение общей поверхности всех проволок, составляющих грузовой канат в 16 раз больше соответствующего сечения стального прута (см. рис. 22). Это означает, что в агрессивной среде при отсутствии необходимых мер предосторожности стальной канат корродирует в 16 раз быстрее, чем стальной прут.

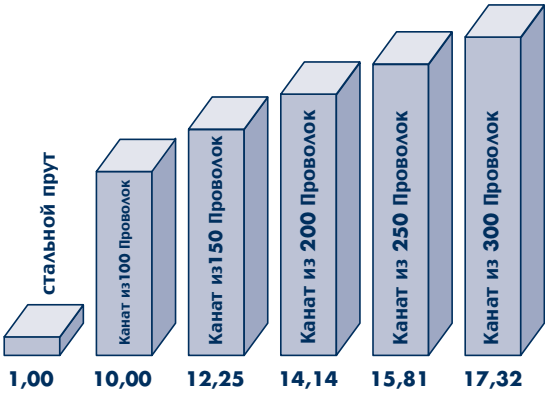


Рис.22 Металлическое сечение общей поверхности всех проволок, составляющих грузовой канат в 16 раз больше соответствующего сечения стального прута.

6.1.Решение 1: оцинкованные канаты и сердечники с пластиковым покрытием.

В стальных грузовых канатах, предназначенных для использования в агрессивных средах, должны использоваться оцинкованные проволоки. Даже если цинковое покрытие будет повреждено на каком-то участке, оголенные проволоки будут защищены, благодаря соседству с оцинкованными (катодная защита).
Кроме того, следует использовать сердечники с пластиковым покрытием. Такое покрытие удерживает смазку внутри каната и не пропускает коррозирующие частицы.

6.2.Решение 2: Регулярное смазывание.

В процессе эксплуатации цинковое покрытие проволок все более и более стирается. Кроме того, теряется все больше смазки. Для уменьшения трения между элементами каната и защиты поверхности проволок от агрессивной среды канаты следует регулярно смазывать через определенные промежутки времени. На рис.23 изображены различные методы смазки стальных грузовых канатов.

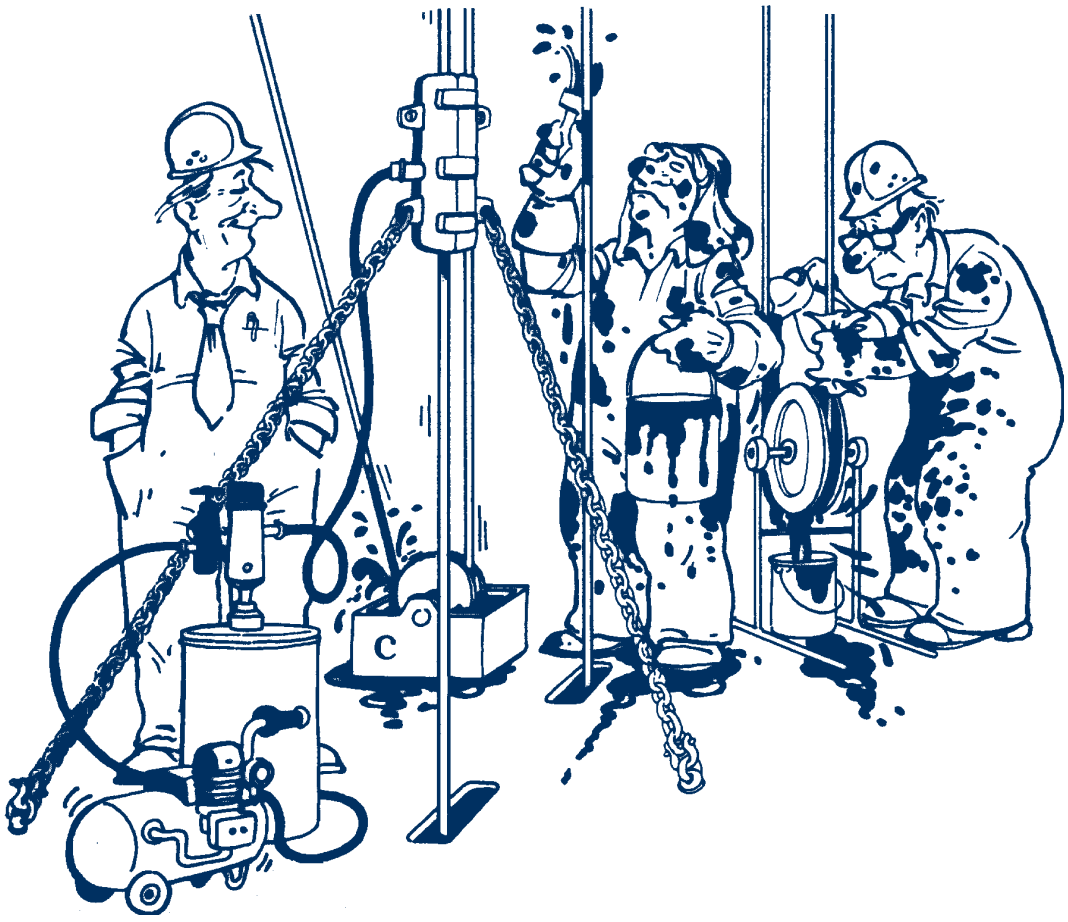


Рис.23 Различные методы смазки стальных грузовых канатов.

7. Проблема: Неудовлетворительный срок эксплуатации каната.

При использовании в кранах грузовые канаты испытывают усталость на изгиб и усталость от растяжения. Иногда срок службы канатов бывает неудовлетворительным.

7.1. Решение 1: Использование канатов с большей усталостной прочностью.

Грузовые канаты разных модификаций обладают различной усталостной прочностью. Канаты с 8 прядями имеют значительно большую усталостную прочность на изгиб, чем канаты с 6 прядями, благодаря большему числу элементов, что уменьшает напряжение на изгиб, а также большему количеству контактных точек в блоках, что позволяет более равномерно распределять нагрузку(см. рис.24).
Металлическое сечение канатов с пластически обжатыми внешними прядями (см. рис.25) больше, чем канатов со стандартными внешними прядями, что позволяет им испытывать меньшее удельное поверхностное натяжение. Они также имеют большую контактную поверхность с блоком, чем канаты со стандартными внешними прядями (см. рис.26). Таким образом, канаты с пластически обжатыми внешними прядями обыкновенно обладают большей усталостной прочностью, чем канаты со стандартными внешними прядями.
Грузовые канаты с пластиковым слоем между стальным сердечником и внешними прядями обладают не только большей усталостной прочностью на изгиб относительно подобных канатов без пластикового слоя, но и значительно большей усталостной прочностью натяжения. При ударных нагрузках

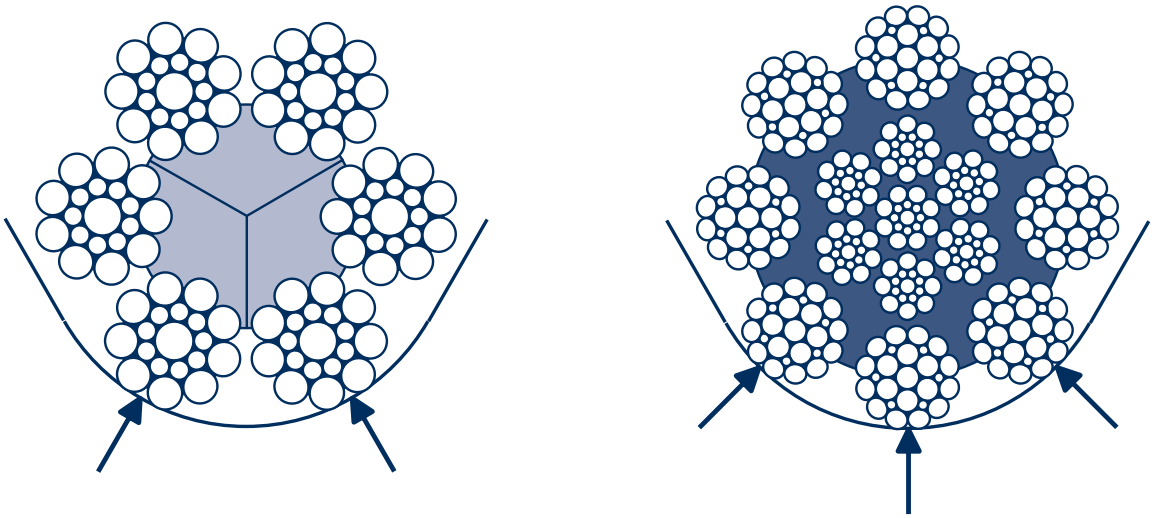


Рис.24: Благодаря большему количеству контактных точек в блоках, что позволяет более равномерно распределять нагрузку, канаты с 8 прядями (КАЗАР СТРАТОПЛАСТ, справа) имеют значительно большую усталостную прочность на изгиб, чем канаты с 6 прядями (слева).

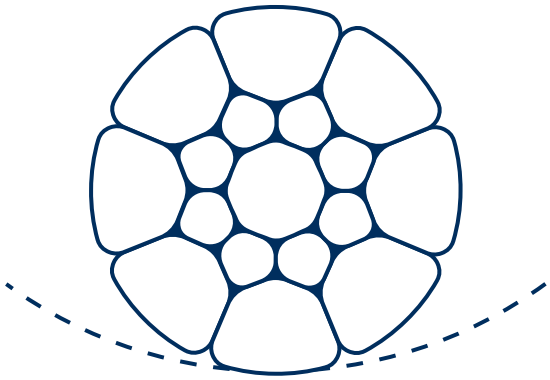


Рис.25: Хорошие контактные условия у канатов с компактными внешними прядями.

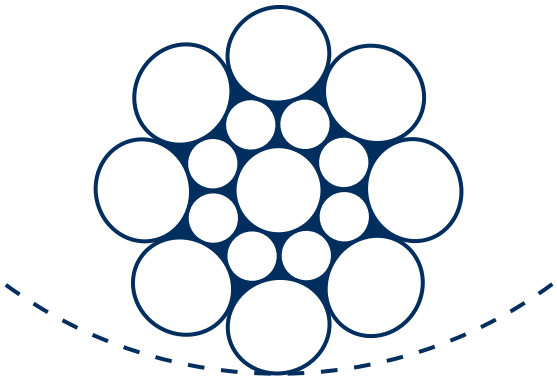


Рис.26: Плохие контактные условия у канатов со стандартными внешними прядями.

пластиковый слой поглощает удар, уменьшая пиковое натяжение проволок. Поскольку ударная нагрузка передается через канат крану, поглотитель удара не только увеличивает срок эксплуатации каната, но и благоприятно отражается на состоянии других частей крана.

$$\lg N = b_o + \left(b_1 + b_4 \sum \lg \frac{D}{d} \right) \sum \left(\lg \frac{S\, d_o^2}{d^2 S_o} \pm 0.4 \sum \lg \frac{R_o}{1770} \right) + b_2 \sum \lg \frac{D}{d} + b_3 \sum \lg \frac{d}{d_o} + \frac{1}{b_5 + \lg \frac{l}{d}}$$

7.2.Решение 2: Оптимизация диаметра каната.

Профессор Фрейер из университета Штутгарта вывел следующую формулу для определения срока службы каната:

Параметры b0...b5 определяются для каждого типа каната в ходе большого количества испытаний на усталость на изгиб. Эти параметры уже определены для большей части стандартных грузовых канатов и канатов серии КАЗАР.
Автор пособия разработал программу определения показателей усталости на изгиб в зависимости от конструкции каната, номинального диаметра каната, диаметра блока и поверхностного натяжения. Если геометрические размеры и рабочие условия крана известны, можно предсказать количество подъемных операций с использованием данного каната до его отбраковки и разрыва.
Если точное определение количества изгибаний каната не представляет необходимости, программу можно использовать для сравнения усталостных показателей канатов различных конструкций.
Программа также предоставляет возможность определения оптимального

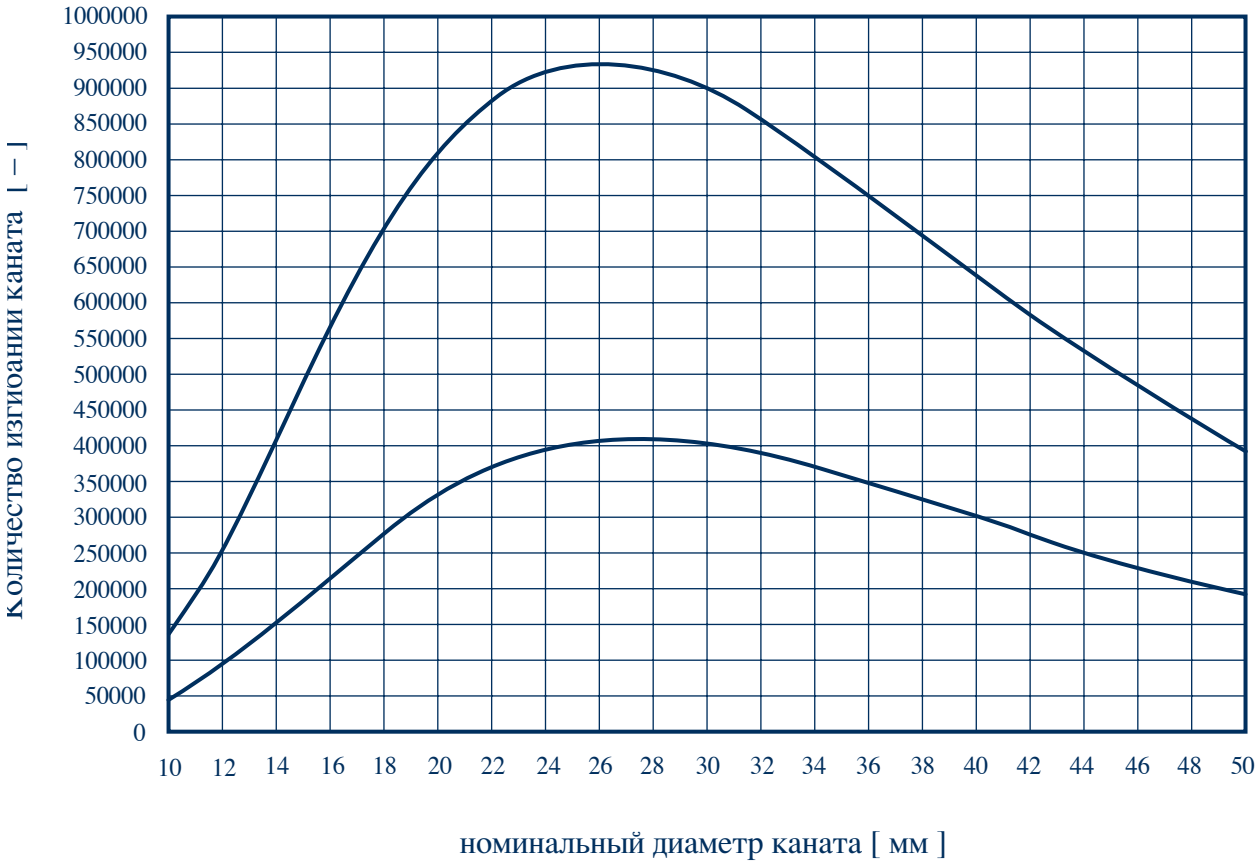


Рис.27: Функции зависимости количества изгибаний каната до отбраковки (нижняя кривая) и разрыва (верхняя кривая) от номинальных диаметров каната.

номинального диаметра каната. На рис. 27 представлены функции зависимости количества изгибаний каната до отбраковки (нижняя кривая) и разрыва (верхняя кривая) от номинальных диаметров каната определенной конструкции, поверхностное натяжение 40 000N, диаметр блока 600мм.

Канат с номинальным диаметром 10мм будет отбракован после только 50000 изгибаний. Соотношение D/d равное 60 очень выигрышно для 10мм каната, но очевидно поверхностное натяжение 40 000N слишком велико для каната такого маленького диаметра.
При увеличении номинального диаметра каната до 20мм, количество изгибаний возрастает до 340 000, что почти в 7 раз превышает предыдущий результат. Соотношение D/d уменьшилось до 30, но металлическое сечение каната увеличилось в 4 раза и соответственно уменьшилось удельное поверхностное натяжение. 20мм канат значительно лучше справится с поверхностным натяжением 40 000N, чем канат диаметром 10мм.
Если диаметр каната снова увеличить в 2 раза до 40мм, количество изгибаний каната больше не возрастет. Работа 40мм каната достигает 300 000 изгибаний,

что ниже, чем у каната диаметром 20мм. Металлическое сечение 40мм каната в 16 раз превосходит металлическое сечение 10мм каната. Высокая усталостная прочность достигается за счет неблагоприятного соотношения диаметров D/d, равного 15.

В левой части рис.27 грузовые канаты имеют благоприятные соотношения D/d. Они отказывают из-за слишком высоких значений удельного поверхностного натяжения.

В правой части рис.27 благоприятны значения удельного поверхностного натяжения. Однако они проигрывают из-за высоких напряжений на изгиб, вытекающих из низких соотношений D/d.

Между этими зонами располагается кривая максимальной прочности на изгиб, где сумма негативного влияния поверхностного натяжения и напряжений на изгиб минимальна. Диаметр каната, для которого количество изгибаний достигает максимального значения, определяется как «оптимальный номинальный диаметр каната». На рис.27 оптимальный номинальный диаметр равен 27мм. При данном диаметре каната достигается среднее количество изгибаний 410 000.

Проектировщик крана не должен выбирать номинальный диаметр каната больше оптимального значения. В противном случае, затратив больше денег, он получит меньший срок эксплуатации. Напротив, следует выбрать номинальный диаметр немного меньше оптимального значения: В нашем примере (рис.27)

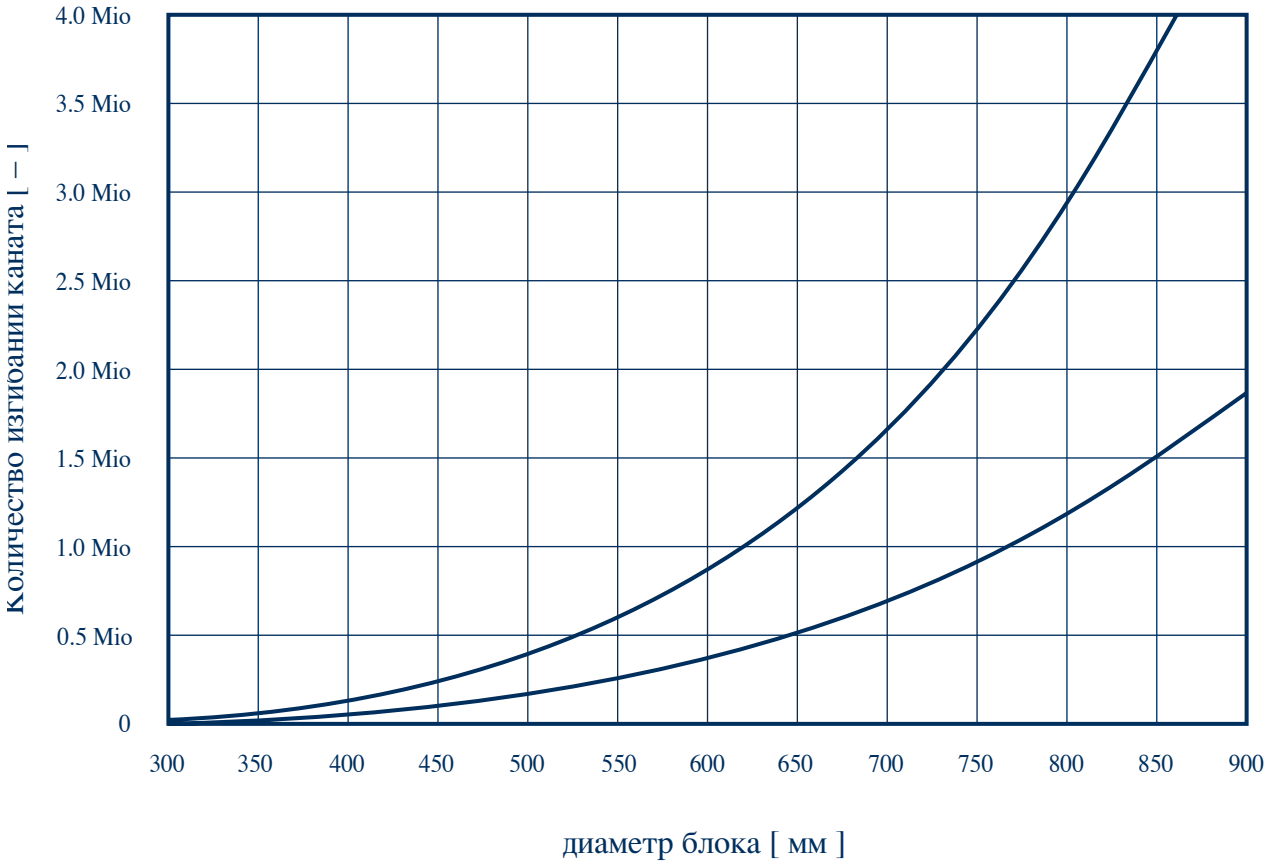


Рис.28: Функции зависимости количества изгибаний каната до отбраковки (нижняя кривая) и разрыва (верхняя кривая) от диаметра блока.

срок эксплуатации каната диаметром 24мм практически такой же, как у каната диаметром 27мм. Однако номинальный диаметр 24мм на 10% меньше, чем оптимальный номинальный диаметр. Это означает, что при практически таком же сроке эксплуатации может быть использован канат значительно дешевле. Кроме того, при использовании каната меньшего диаметра, становится возможным сильно уменьшить ширину барабана, что приведет к дальнейшему снижению общих издержек.
Наиболее экономичный номинальный диаметр каната всегда немного меньше оптимального, приблизительно 90% от оптимального номинального диаметра.
Для стальных конструкций, обыкновенно, «больше» означает «дольше служит». Однако, для канатов часто справедливо обратное.

7.3.Решение 3: Оптимизация диаметра блока.

Срок эксплуатации каната всегда возможно увеличить путем увеличения диаметра блока. Вышеупомянутая программа позволяет также определить, насколько необходимо увеличить диаметр блока для достижения желаемого результата.
На рис.28 изображена зависимость количества изгибаний каната до отбраковки (нижняя кривая) и разрыва (верхняя кривая) от диаметра блока. При диаметре блока 600мм количество циклов до отбраковки 400 000. Увеличение диаметра блока, например, на 150мм (+25%) увеличит количество циклов до 900 000 (+125%).

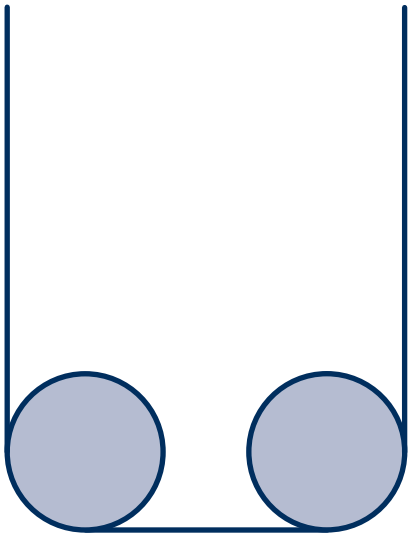


Рис.29: Полиспаст с двумя маленькими блоками.

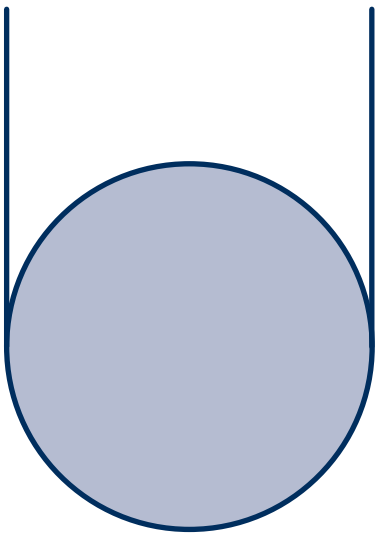


Рис.30: Полиспаст с одним большим блоком.

7.4.Решение 4: Избежание излишнего изгибания.

Весьма часто грузовые канаты подвергаются излишнему изгибанию. Например, сравним сроки службы двух канатов, эксплуатируемых при одинаковых условиях, но в различных полиспастах крана.
На рис.29 изображен полиспаст с двумя маленькими блоками. В ходе каждой подъемной операции канат, проходящий через блоки, изгибается дважды.

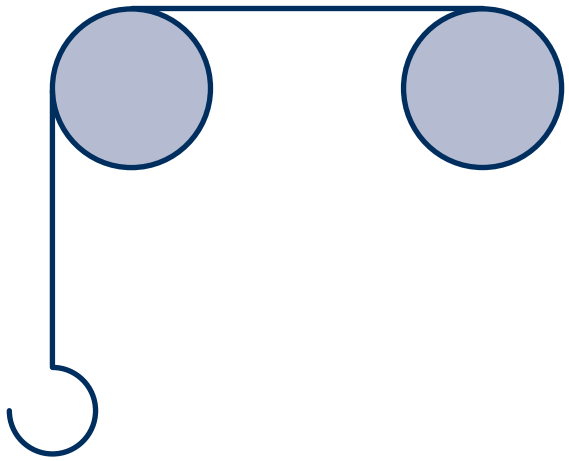


Рис.31: Подъемник с простым изгибом.

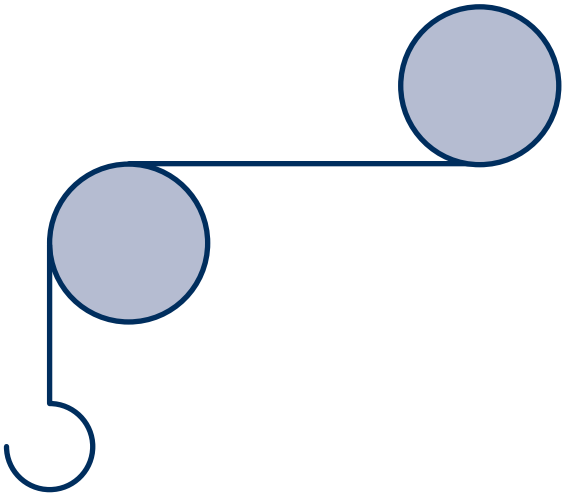


Рис.32: Подъемник с обратным изгибом.

На рис.30 изображен полиспаст с одним большим блоком. В ходе каждой подъемной операции канат, проходящий через блок, изгибается лишь один раз. Только этот факт позволяет удвоить срок эксплуатации каната. Однако диаметр блока в данном полиспасте в 2.5 раза превышает диаметр блока в первом полиспасте, что позволяет избежать лишних 9 изгибаний каната по сравнению с первым полиспастом.

Следовательно, срок эксплуатации также увеличится в 9 раз, что в целом повысит срок службы каната в 18 раз по сравнению с первым полиспастом!
Обратный изгиб каната уменьшает усталостную прочность каната в 2-7 раз больше, чем простой изгиб. Таким образом, канат подъемника, изображенного на рис.31 будет служить в 1.5-4 раза дольше, чем канат подъемника на рис.32.

7.5.Решение 5:Оптимизация усталостной прочности натяжения уменьшением диаметра каната.

В испытаниях каната на усталостную прочность натяжения с заданной амплитудой нагрузки, срок эксплуатации опытного образца обычно сокращается

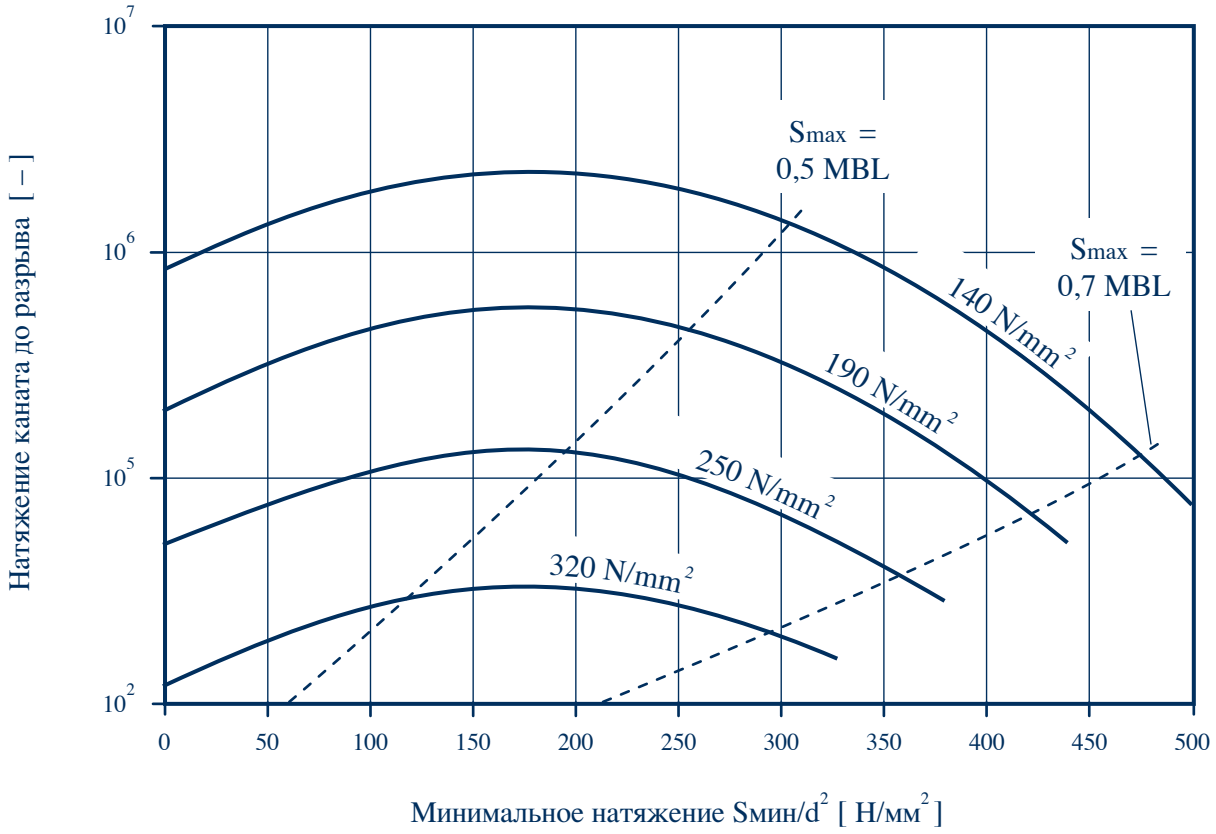


Рис.33: С увеличением заданной нагрузки до 50% разрушающей нагрузки, усталостная прочность натяжения образца увеличивается.

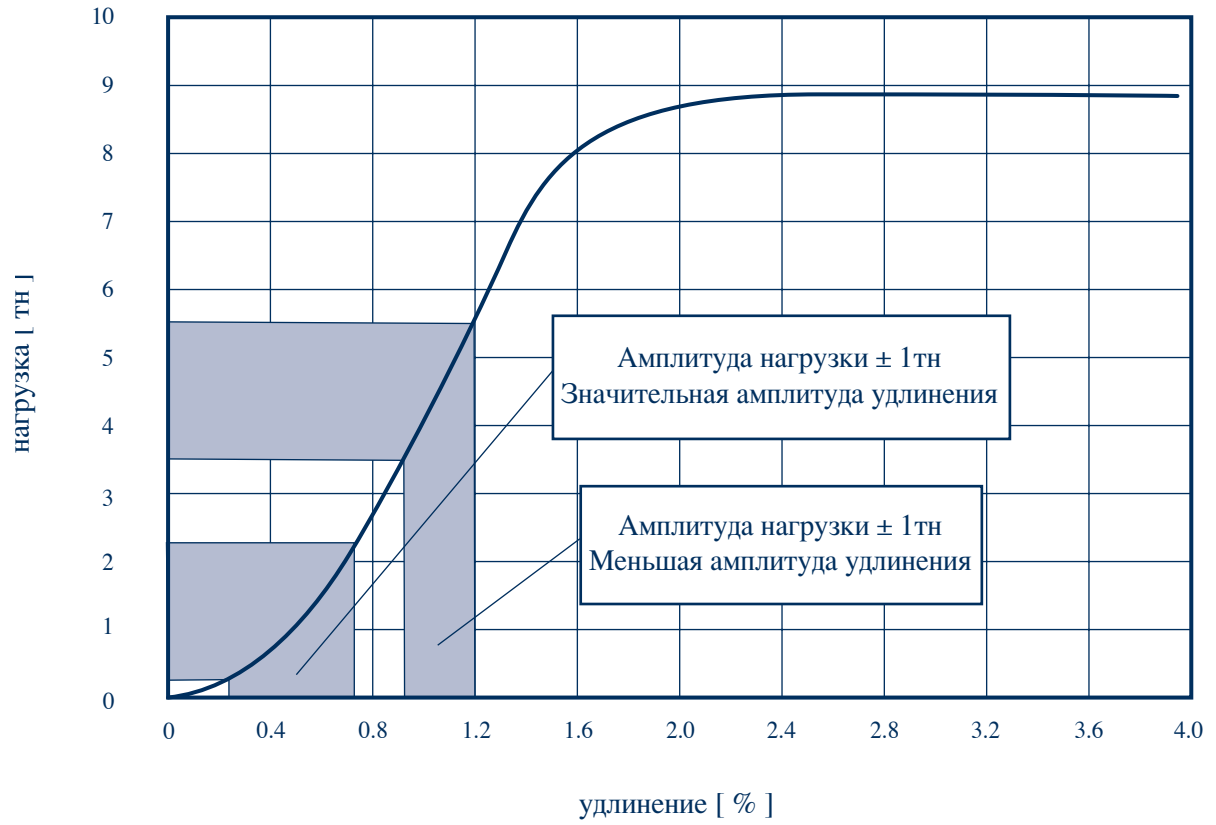


Рис.34: Кривая удлинения типичного грузового каната в зависимости от нагрузки. При заданной амплитуде нагрузки деформация при больших нагрузках значительно меньше, чем при малых нагрузках.

по мере увеличения заданной нагрузки. Однако недавние испытания на усталостную прочность натяжения в Университете Штуттгарта установили, что до достижения общей нагрузки, равной 50% разрушающей нагрузки, верно обратное: с увеличением заданной нагрузки усталостная прочность натяжения образца увеличивается (см. рис.33).
Объяснением для этого феномена может быть тот факт, что, в отличие от обыкновенных цельных опытных образцов, канаты состоят из множества элементов, которые сдвигаются друг относительно друга во время изменения нагрузки. Как видно на кривой удлинения типичного грузового каната в зависимости от нагрузки при заданной амплитуде нагрузки (см. рис.34), деформация при больших нагрузках значительно меньше.
Это означает, что срок эксплуатации грузового каната для крана может быть увеличен путем уменьшения диаметра каната и работы с меньшими режимами нагружения!

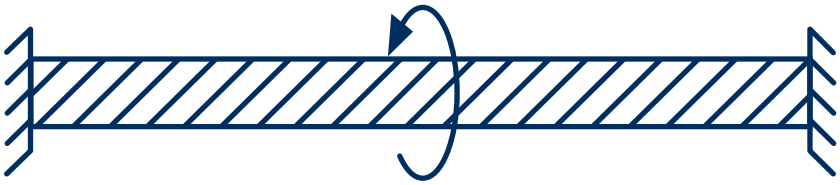


Рис.35: Принудительное кручение каната...

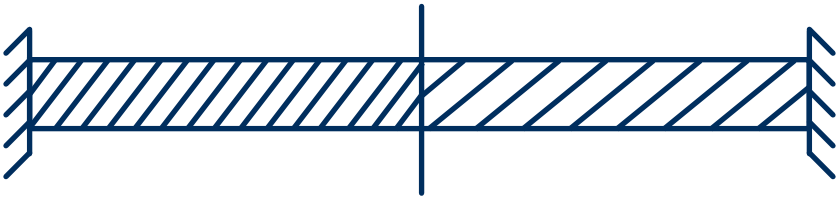


Рис.36: Приводит к уменьшению шага свивки с одной стороны (слева) и увеличению с другой (справа)

8. Проблема: Корзинообразная деформация прядей и выдавливание сердечника

Иногда в кранах встречаются такие виды деформаций каната, как корзинообр азнаядеформация прядей и выдавливание сердечника. Их часто списывают на ударные нагрузки, однако, в большинстве случаев это неправильно.
В большинстве случаев это возникает в результате кручения каната вокруг своей оси. Например, рассмотрим канат, закрепленный на обоих концах. Предположим, что мы захватим канат посередине и прокрутим его один раз

Рис.37: Излишняя длина внешних прядей, вызванная кручением каната

Рис.38: Излишняя длина внутренних прядей, вызванная увеличением шага свивки того же каната.

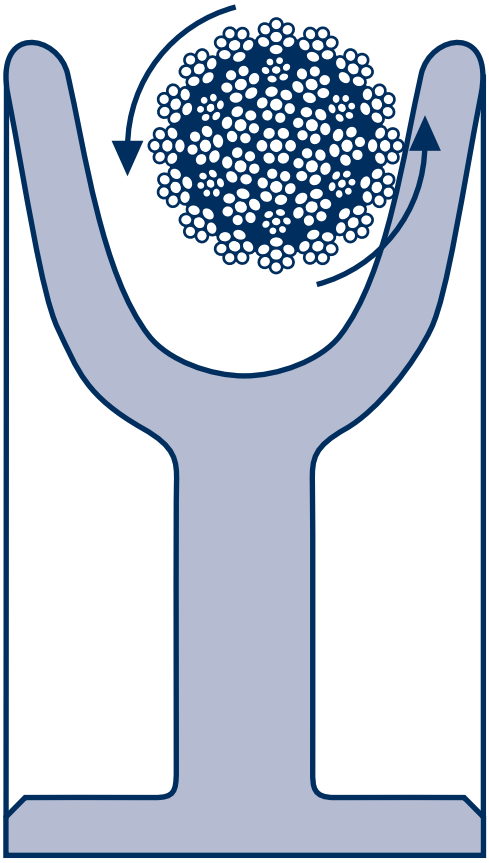


Рис.39: Канат скатывается в желоб. В процессе этого канат будет прокручиваться.

вокруг его оси (см. рис.35). При этом канат удлинится с одной стороны и укоротится с другой (см. рис.36). В результате, внешние пряди станут слишком длинными с одной стороны (см. рис.37), а внутренние пряди – слишком длинными с другой стороны (см. рис.38).

Что же может привести к кручению каната вокруг своей оси в кране? Это возможно в любом блоке и в любом барабане.
Если канат входит в блок даже под минимальным углом, он сначала ляжет на фланец, а затем скатится вниз в желоб (см. рис.39). В процессе этого канат будет прокручиваться.
С увеличением угла, прокручивание станет больше. На рис.40 и рис.41 изображена последовательность сечений каната, входящего в шкив с углом скоса 35 град. (в соответствии со стандартом США).

Если канат входит в блок под углом 1 град., он попадет на фланец очень глубоко и будет скручен только на 5 град.
Если канат входит в блок под углом 5 град., он попадет на фланец высоко и будет скручен на 50 град!

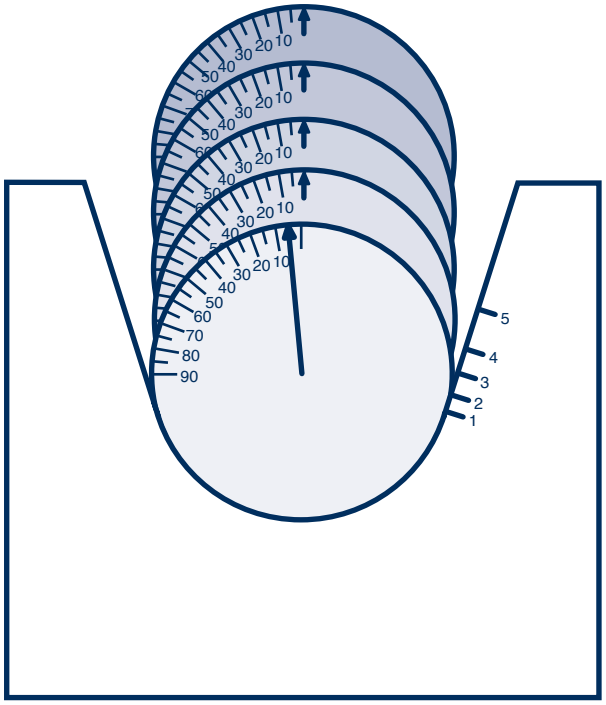


Рис.40: Угол скоса 35 град. Небольшое скручивание каната при входе в блок под углом 1 град.

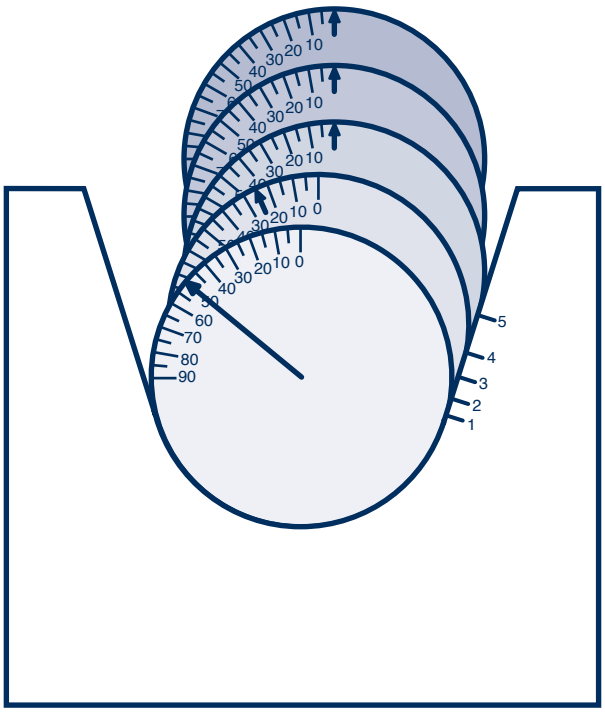


Рис.41: Угол скоса 35 град. Сильное скручивание каната при входе в блок под углом 5 град.

Несомненно, канат не всегда катится вниз как колесо. Движение вниз сочетает в себе качение и скольжение. Величина скручивания каната в значительной мере зависит также от трения между канатом и блоком.

8.1.Решение 1: Смазывание каната.

Самым простым способом уменьшения коэффициента трения между канатом и блоком является смазывание каната. Хорошо смазанный канат значительно меньше подвергается кручению, чем сухой или корродированный.

8.2.Решение 2: Стальные блоки вместо пластиковых.

Коэффициент трения между металлом и пластиком выше, чем между металлом и металлом. Скручивание каната в стальном блоке будет значительно меньше, чем в пластиковом блоке с такими же геометрическими параметрами. Пластиковые блоки могут использоваться только для каната при маленьких углах входа.

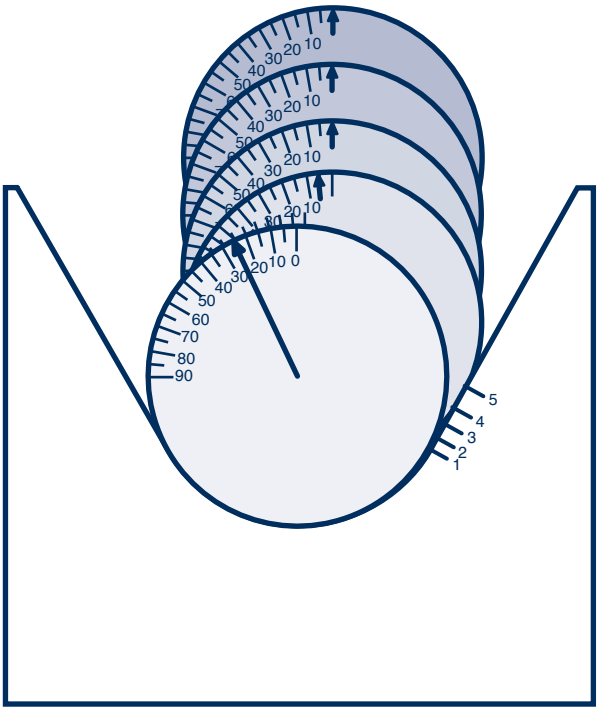


Рис.42: Угол скоса 60 град. Уменьшение скручивания каната при входе в блок под углом 1 град.

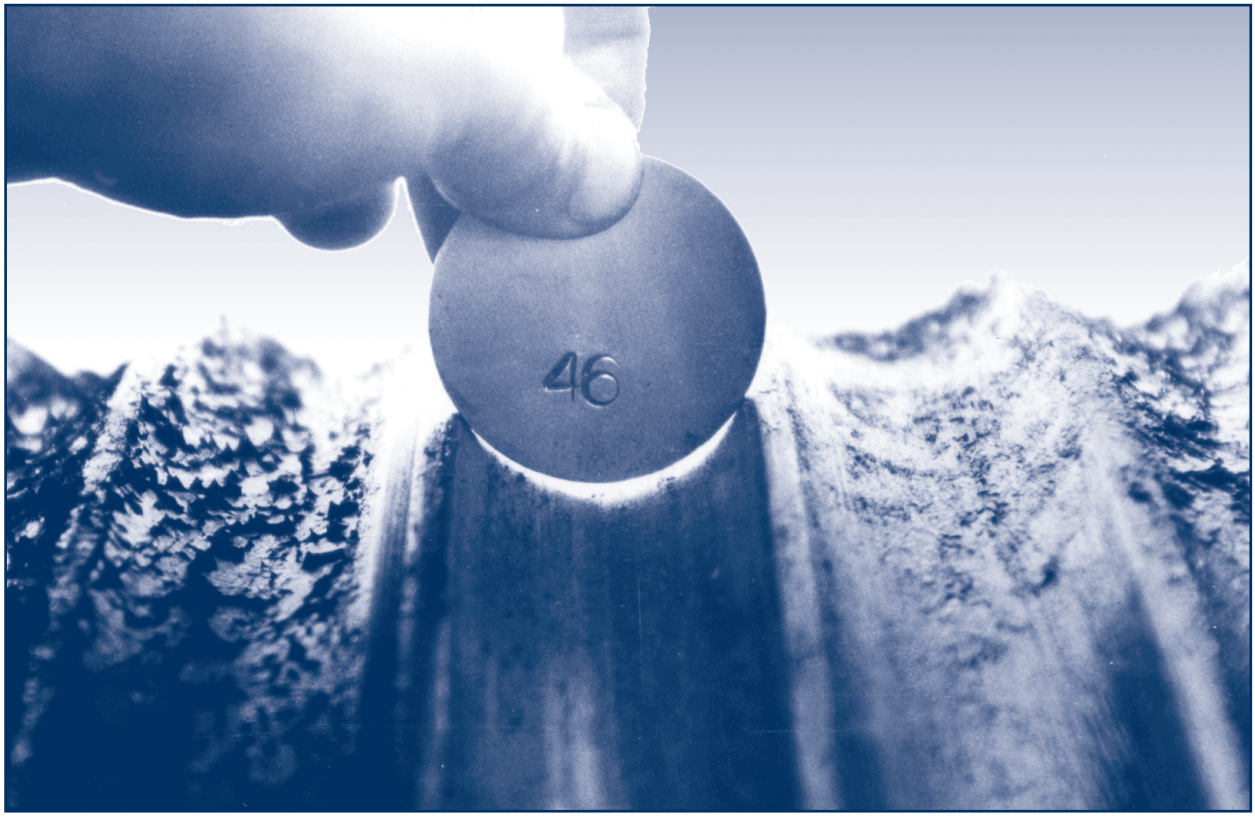


Рис.43: Узкий желоб.

8.3.Решение 3: Блоки с широкими желобами.

В блоке с широким желобом канат входит в желоб значительно глубже прежде чем соприкасается с фланцем. Поэтому, следует использовать блоки с углом скоса как минимум 45 град. (например, DIN 15061). Предпочтительнее даже 52 град. (британский стандарт).
На рис.42 изображена последовательность сечений каната, входящего в блок с углом скоса 60 град. под углом 5 град. Канат касается фланца значительно глубже, чем на рис.39 и скручивается только на 25 град. Путем увеличения угла скоса с 35 град. до 60 град. удалось добиться уменьшения скручивания каната на 50%.

8.4.Решение 4:Использование стальных канатов с пластиковым слоем.

Грузовые канаты с внутренним пластиковым слоем (напр., КАЗАР СТРАТОПЛАСТ, КАЗАР ТУРБОПЛАСТ, КАЗАР ДУРОПЛАСТ) значительно меньше подвержены образованию деформаций, чем канаты любых других конструкций.

8.5.Решение 5: Избежание узких блоков.

Чрезмерно узкие блоки тоже могут приводить к образованию корзинообразной деформации прядей и выдавливанию сердечника. Если радиус желоба слишком мал (см. рис.43), канат будет сжиматься, проходя через блок. В результате внешние пряди станут слишком длинны для уменьшившегося диаметра каната, и излишняя длина будет накапливаться в одном месте (обыкновенно в конце движения блока), где и образуется корзинообразная деформация.
Радиус желоба должен быть 0.53-0.54 от номинального диаметра каната. Если радиус меньше требуемого, необходимо откорректировать или заменить блок. Если это невозможно, следует заменить канат другим, равной грузоподъемности, но меньшего номинального диаметра, удовлетворяющим этому требованию.

09. Проблема: Повреждение в барабане.

Грузовые канаты часто подвергаются механическому повреждению в барабанах. Например, если канат накручивается под небольшим углом, он может притереться к соседнему витку (см. рис.44), и внешние проволоки могут повредиться в месте контакта.

Рис. 44: Если канат накручивается под небольшим углом, он может притереться к соседнему витку. Внешние проволоки будут повреждены в месте контакта.

9.1.Решение 1: Барабаны с желобами и системы наматывания Лебус.

Барабаны с желобами предпочтительнее гладких. Для многослойного наматывания следует использовать намоточные системы Лебус.

9.2.Решение 2: Канаты свивки Лэнгс с пластически обжатыми внешними прядями.

Внешние проволоки двух соседних витков в канате крестовой свивки могут зацепиться друг за друга, поскольку все они выровнены по направлению к оси каната. При вхождении витка в барабан сверху вниз и выходе наверх зацепившиеся витки могут повредить друг друга.
При использовании канатов свивки Лэнгс, внешние проволоки двух соседних витков не могут сцепиться, поскольку в точке контакта с одной стороны проволоки направлены наверх, а с другой стороны - вниз. Поэтому, такие проволоки значительно реже страдают от повреждений при намотке витка на барабан или его разматывании.

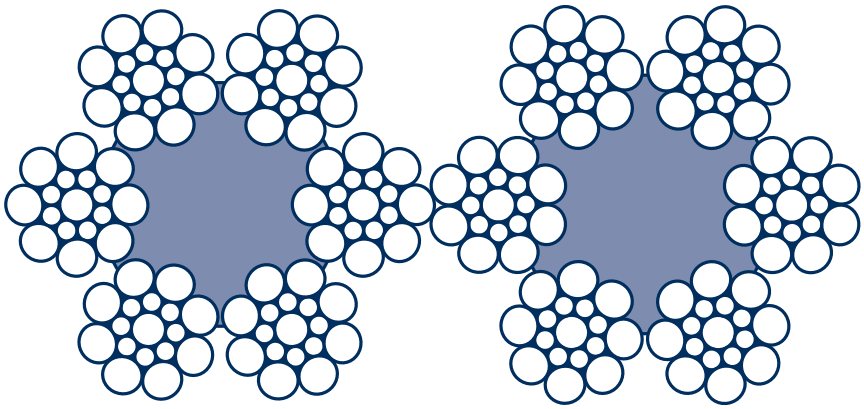


Рис.45: Внешние проволоки двух соседних витков в канате крестовой свивки могут зацепиться друг за друга.

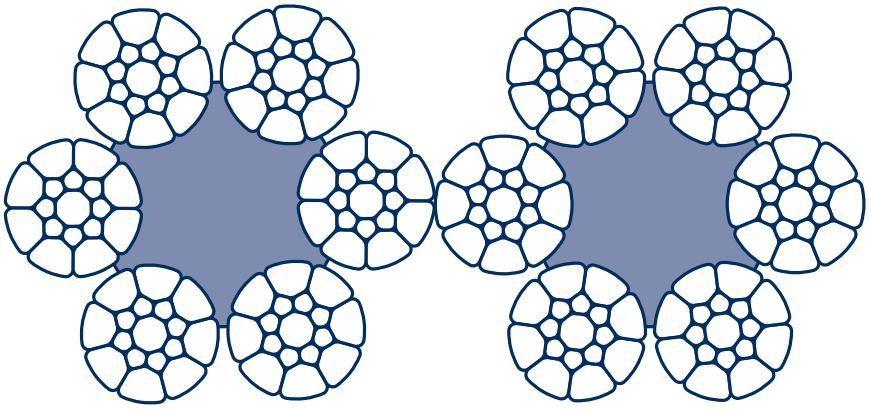


Рис.46: Зубцы и впадины внешних проволок сглажены, и металлическое сечение больше, что позволяет противостоять истиранию и повреждению.

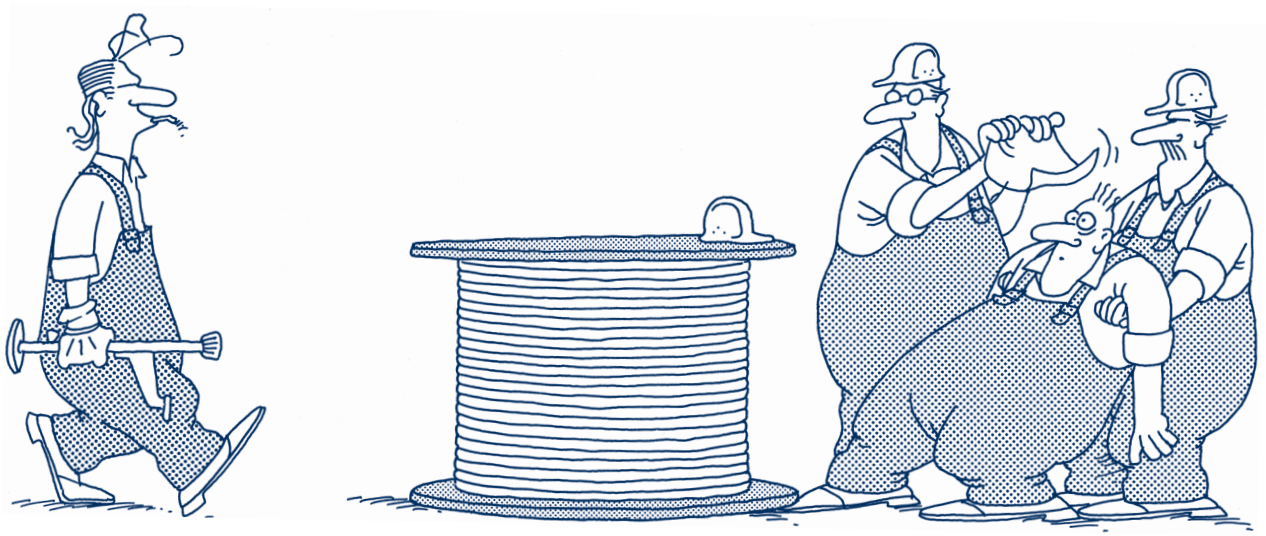
Пластически обжатые внешние пряди имеют дополнительные преимущества (см. рис.46): зубцы и впадины внешних проволок сглажены, и металлическое сечение больше, что позволяет противостоять истиранию и повреждению.
Для многослойных намоток следует использовать только канаты свивки Лэнгс с пластически обжатыми внешними прядями.

10.Проблема: Высокая цена качественных грузовых канатов.

Сложные высокотехнологичные грузовые канаты стоят дороже, чем простые типовые.

10.1 Решение: Подумайте об общих издержках!

Плохие канаты дешевле, чем хорошие. Однако вам придется сменить три плохих каната за то время, пока можно эксплуатировать один хороший.
Кроме того, транспортировка и установка плохого каната по стоимости равна транспортировке и установке хорошего. Но с плохим канатом это пришлось бы проделать три раза, а с хорошим только один.
Таким образом, покупка более дорогого, но качественного каната в конечном итоге позволит сэкономить много денег.
Качество всегда соответствует цене. Это справедливо для грузовых канатов более, чем для любой другой части крана.



Для любой проблемы с канатом существует решение.
Спросите нас!

Автор: Дипл.Инженер Роланд Верит (Roland Verreet)
Wire Rope Technology Aachen - Grunenthaler str. 40A - D -52072 Aachen
тел. + 49 (0)241 173147 факс + 49 (0)241 112982 E-mail: R.Verreet@t-online.de

2001 PR GMBH Аахен. Первое издание выпущено в 2002 году. Набор текста и верстка: PR GMBH, Аахен. Художественное оформление: Рольф Бунзе, PR GMBH. Никакая часть данного издания не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме без письменного разрешения владельцев авторских прав.

Для заметок

Ingenieurbüro für Fördertechnik
Dipl.-Ing. Roland Verreet

Grünenthaler Str. 40a • 52072 Aachen
Tel.: 0241- 173147 • Fax: 0241- 12982
Mail: R.Verreet@t-online.de
www.seile.com