

# О ВОЗМОЖНОСТЯХ ВЗАИМНОЙ АДАПТАЦИИ СИСТЕМЫ СТАЛЬНОЙ КАНАТ - МЕХАНИЗМ

(ПО МОТИВАМ ДОКЛАДА НА КОНФЕРЕНЦИИ 2019г.)

Малиновский В.А., доктор техн. наук, профессор, НПП «Вира-Сервис Плюс», г.Одесса

Стальной канат в эксплуатации всегда находится в жестком силовом контакте с узлами крана или другого механизма, в котором он используется. От этого взаимодействия зависит надежность и технический ресурс, как самого каната, так и соответствующих узлов. При определенных неблагоприятных условиях происходит ускоренный износ взаимодействующей пары. Поэтому актуальным является поиск конструктивно-технологических приемов приспособления параметров каната и механизма с целью улучшения условий работы друг для друга.

Идеальным было бы такое сотрудничество конструктора крана и производителя стального каната, при котором они совместно обсуждали и решали, что нужно изменить в конструкции механизма для работы с конкретным канатом или как изменить параметры каната для надежной работы в составе конкретного механизма.

Рассмотрим конструктивно-технологический инструментарий, который могли бы использовать наши воображаемые партнеры при таком идеальном сотрудничестве:

а) в части стального каната:

- конструкция прядей;
- конструкция каната;
- параметры свивки проволок в пряди и прядей в канат;
- технологические приемы по обработке прядей и каната;

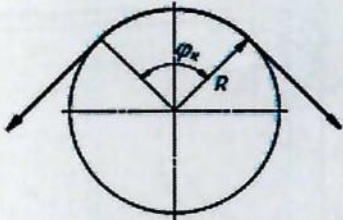
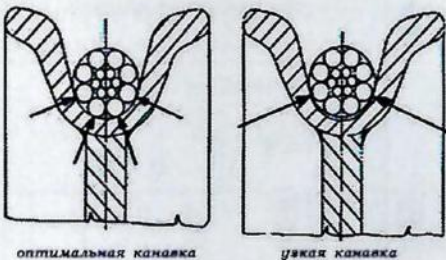
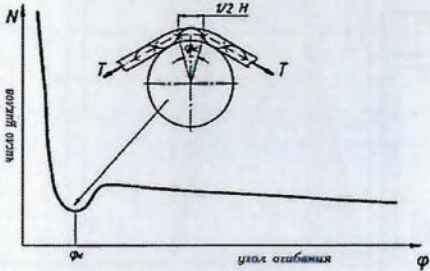
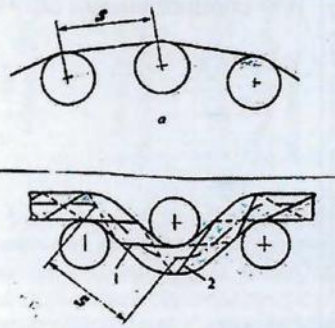
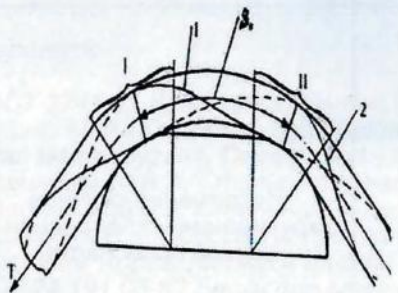
- тип и конструкция сердечника;
- тип и способ смазки;
- б) в части механизма:
  - конструкция канатно-блочной системы;
  - схема запасовки каната;
  - геометрические параметры взаимодействующих с канатом узлов (блоки, барабаны, ролики и др.
  - твердость опорных поверхностей;
  - конструкции узлов крепления концов каната;
  - скоростной и динамический режим привода.

В процессе многолетней эволюции подъемно-транспортной техники многие вопросы уже надежно отработаны и стандартизированы (материалы, типоразмеры, профили ручьев и др.) Однако еще остается ряд вопросов, которые решаются отдельно для каната и отдельно для механизма без учета их силового взаимодействия в процессе эксплуатации. Именно учет такого взаимодействия автор считает целью настоящей публикации.

Ниже в наглядной и компактной форме приведены приемы адаптации параметров каната и узлов механизма для улучшения условий их взаимодействия, известные из литературы или из собственного практического опыта автора. Также даны ссылки на источники, в которых читатель найдет углубленное описание интересующих его вопросов.

## Конструктивно-технологические приемы адаптации

Взаимодействующая пара, схема	Рекомендации	Результат
1	2	3
<p>Канат – опорная поверхность</p> 	<p>Оптимизация параметров свивки каната по условию <math>2H/(h\cos\beta) \mp 2z=\lambda</math> - целое четное число  <math>H</math> и <math>\beta</math> – шаг и угол свивки прядей в канат  <math>h</math> – шаг свивки проволок наружного слоя в прядь  <math>z</math> – технологический коэф-т                      + - крестовая свивка                      -- односторонняя свивка [1,2,3]</p>	<p>Контакт с блоком одних и тех же проволок в каждой пряди, увеличение гибкости. Увеличение технического ресурса.</p>

<p>Канат – блок (шкив)</p> 	<p>Длина дуги контакта кратна шагу свивки каната <math>L = nH</math>, <math>n=1,2,3...</math>  Блок – радиус Канат – шаг  <math>R = nH/\varphi_k</math> <math>H = (R\varphi_k)/n</math>  <math>\varphi_k</math> – угол контакта. При <math>\varphi_k = 180^\circ</math>  <math>D = 0,637nH</math> <math>H = 1,57 (D/n)</math>  [4]</p>	<p>Компенсация деформаций всех прядей. Уменьшение дополнительных усилий. Увеличение технического ресурса.</p>
<p>Канат – ручей блока</p>  <p>оптимальная канавка      узкая канавка</p>	<p>Радиус ручья  <math>r_k = 0,525d_n</math> или <math>r_k = 0,51d_{факт}</math>  <math>d_n</math> – номинальный диам. каната  <math>d_{ф}</math> – фактический диам. к-та  Твердость ручья  <math>HRC \gg 50</math> или <math>HRC \ll 50</math>  [6]</p>	<p>Уменьшение износа и каната и ручья. Увеличение технического ресурса пары канат-блок</p>
<p>Канат – ролик</p> 	<p>Плохо  <math>\varphi_k = H/2R</math> или <math>H = 2R\varphi_k</math>  Хорошо  <math>\varphi_k \ll H/2R</math>  <math>\varphi_k = H/R, 2H/R...</math> или  <math>H = R\varphi_k, 2R\varphi_k</math>  R – радиус ролика на оси каната  [4]</p>	<p>Увеличение технического ресурса</p>
<p>Канат – несколько роликов.</p> 	<p>Односторонний изгиб -  кратность полушагу  <math>S = (i+0,5)H</math>, <math>i = 0,1,2,3,...</math>  или <math>H = S/(i+0,5)</math>  Противоположный изгиб -  Кратность шагу  <math>S = (i+1)H</math>, <math>i = 0,1,2,3,...</math>  или <math>H = S/(i+1)</math>  [4]</p>	<p>Компенсация осевых деформаций прядей на соседних роликах. Выравнивание усилий в прядях. Увеличение технического ресурса.</p>
<p>Канат – гак</p> 	<p>Профиль гака с двумя закруглениями, расстояние между которыми по оси каната  <math>S = 0,5H</math>  [4]</p>	<p>Компенсация осевых деформаций прядей, выравнивание усилий. Повышение конструкционной прочности каната.</p>

**Канат – барабан**  
*Канат левой свивки – правило левой руки*

верхняя навивка справа налево  
 нижняя навивка слева направо

*Канат правой свивки – правило правой руки*

верхняя навивка слева направо  
 нижняя навивка справа налево

Канат правый – навивка по левой винтовой.  
 Канат левый – навивка по правой винтовой.

Для многослойной навивке – нарезка Лебус.  
 [3]

Стабильная рядовая укладка витков, исключение защемления каната

**Канат – анкер (прочность каната)**

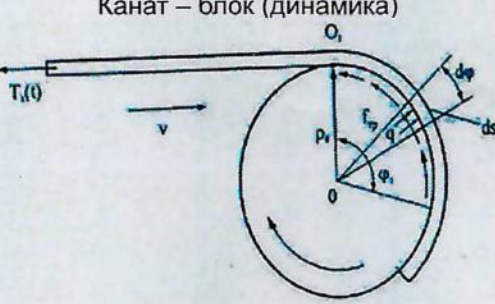
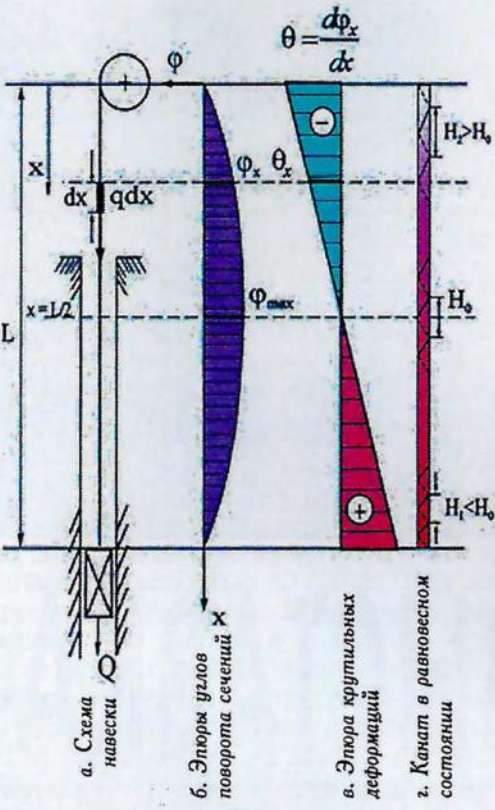
<p><b>Зачалка (заплетка)</b></p> <p>80%</p> <p><i>Прочность концевого крепления каната способом заплетки может снижаться до 50%, если концы каната закреплены с возможностью вращения</i></p>	<p><b>Клиповый замок</b></p> <p>80%</p>	<p><b>Отпрессовка в стальные наконечники</b></p> <p>90%</p>
<p><b>Канатные зажимы</b></p> <p>85%</p> <p><i>Концевые крепления каната при помощи канатных жимов могут применяться как временная мера и при этом необходим постоянный контроль затяжки болтов</i></p>	<p><b>Отпрессовка в стальные или алюминиевые втулки</b></p> <p>90%</p>	<p><b>Заливка в гильзы легкоплавким материалом</b></p> <p>100%</p>

Прочность 100% дают заливки расплавом металлов или специальными смолами.

**Канат – полиспаст**

Условия равновесия для 2-х и 4-кратных полиспастов  
 $L < S^2 / 4000md$  или  $S > \sqrt{4000mdL}$   
 для 3-кратных полиспастов  
 $L < S^2 / 6000md$  или  $S > \sqrt{6000mdL}$   
 d – диам. каната, мм  
 [S]=[мм], [L]=[м]  
 коэфф. крутящего момента:  
 m = 0,07 – 0,08 – для 6-пр. канатов  
 m = 0,04 – для малокрутящихся канатов  
 m = 0,008 – для некрутящихся канатов  
 [5]

Исключение случаев скручивания (схлестывания) ветвей полиспаста.

<p>Канат – блок (динамика)</p>  <p>при резком изменении натяжения каната на блоке происходит упругое скольжение (кинематический крипп)</p>	<p>Критическая скорость каната  <math>V_{кр} =  dT/dt  \rho_0 / \mu T</math>          условие скольжения  <math>V &lt; V_{кр}</math>          условие «прилипания»  <math>V \geq V_{кр}</math> (*)          [4]</p>	<p>Для уменьшения износа каната и блока условие (*) следует учитывать при программировании режима работы привода механизма.</p>
<p>Канат – гравитация</p>  <p>а. Схема навески          б. Эпюры углов поворота сечений          в. Эпюры крутильных деформаций          г. Канат в равновесном состоянии</p> <p>С учетом собственного веса натяжение вертикального каната является переменным, вследствие чего возникает гравитационное кручение (середина вращается, верх раскручивается, низ закручивается). Шаг свивки становится переменным по длине каната.</p>	<p>Вертикальный канат большой длины «хочет» иметь переменный шаг свивки, поэтому его следует уже на заводе изготовить с таким переменным шагом свивки. В результате получаем канат, адаптированный к будущим условиям эксплуатации. [3]</p>	<p>Адаптированные канаты позволили решить проблему подъемных канатов для глубоких шахт Украины. Производятся "ЧАО ПО "Стальканат-Силур"" с 1999 года.</p>

#### Литература

1. ГОСТ 3241-91 Канаты стальные. Технические условия. Приложение 2.
2. Глушко М.Ф., Козаченко В.Д. Критерий оптимизации параметров стальных канатов двойной свивки // Черная металлургия, Серия: НТИ.- 1968 - №6 С.49-50.
3. Малиновский В.А. Стальные канаты. Аналитический справочник. Одесса: Астропринт, 2016 – 252с.
4. Малиновский В.А. Стальные канаты. Часть II. Основы теории изгиба и взаимодействия с опорной поверхностью. – Одесса: Астропринт, 2002. – 180с.
5. Steel Wire Ropes. Каталог фирмы BRIDON
6. ОСТ 24.191.05-82 Блоки для стальных канатов. Конструкция и размеры.