

4. Ильин С.Р. Математическая модель нелинейных колебаний струны и отвеса каната мобильной подъемной установки / С.Р. Ильин, С.В. Самуся // Наукові праці ДонНТУ. – Вип.16(142). – Донецьк: ДВНЗ «ДонНТУ», 2008. – С. 122–131.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Блохіним С.Є.
Надійшла до редакції 28.03.2012*

УДК 622.625.5

© А.В. Денищенко, О.О. Юрченко, И.И. Березкин

ТЯГОВЫЙ ФАКТОР ПРИВОДНОГО ШКИВА ТРЕНИЯ

Проведен анализ конструкций приводных шкивов трения канатных дорог, эксплуатируемых в подземных условиях, и причин выхода из строя их основных узлов. Предложены классификация способов повышения тягового фактора канатоведущих шкивов и оригинальные технические решения по их реализации.

Проаналізовано конструкції приводних шківів тертя канатних доріг, що експлуатуються у підземних умовах, та причин виходу з ладу їх основних вузлів. Запропоновано класифікацію способів підвищення тягового чинника канатоведучих шківів і оригінальні технічні рішення щодо їх реалізації.

The constructions of friction drive pulleys of underground rope roads and causes of its major units failure are analyzed. Classification of methods of hauling factor increase of drive pulleys and original technical decisions for realization are offered.

Канатные напочвенные дороги (далее ДКН), работающие по принципу откатки партии вагонеток замкнутым тяговым канатом, широко применяются в отечественной и зарубежной практике на протяжении последних 50 лет. Внедрение на шахте “ Павлоградская ” этих установок в качестве единого транспортного средства, совмещающего транспорт горной массы и материалов, позволило существенно повысить скорость проведения выработок и безопасность работ на транспорте. Здесь продолжается эксплуатация дороги ДКНП – 1,6, имеющей сложную трассу в плане и профиле протяженностью 3360 метров [1,2].

В настоящее время на шахте работают 16 дорог, общая длина которых достигла 37 тыс. метров, и для их качественного обслуживания создан специальный участок.

В последнее время разработаны технические решения по адаптации транспортных систем с замкнутым тяговым органом к условиям открытых горных работ [3,4].

Эксплуатация этих установок выявила некоторые недостатки, основными из которых являются малый срок службы тягового каната и стальной футеровки канатоведущего шкива (два и шесть месяцев соответственно).

Цель работы – повышение производительности и надежности канатных дорог за счет увеличения тягового фактора приводных шкивов трения.

Под тяговой способностью принято понимать предельное значение силы тяги, которое может быть передано гибкому тяговому органу приводным бло-

ком [5]. Для момента срыва сцепления между канатом и приводным шкивом справедлива формула Эйлера

$$\frac{F_H}{F_C} = e^{f\alpha},$$

где F_H , F_C – натяжение, соответственно, в набегающей и сбегающей со шкива ветвях каната, Н; e – основание натурального логарифма; f – коэффициент трения между канатом и шкивом; α – угол обхвата канатом шкива, рад.

Поскольку тяговая способность шкива

$$F_H = F_C e^{f\alpha}$$

зависит от внешнего регулируемого фактора F_C , при рассмотрении его взаимодействия с канатом удобнее пользоваться термином “тяговый фактор шкива”, который определяется выражением $e^{f\alpha}$.

Для анализа путей повышения тягового фактора приводных шкивов здесь предлагается следующая классификация (рис. 1), разработанная на основе изучения и анализа отечественной и зарубежной технической, патентной литературы.

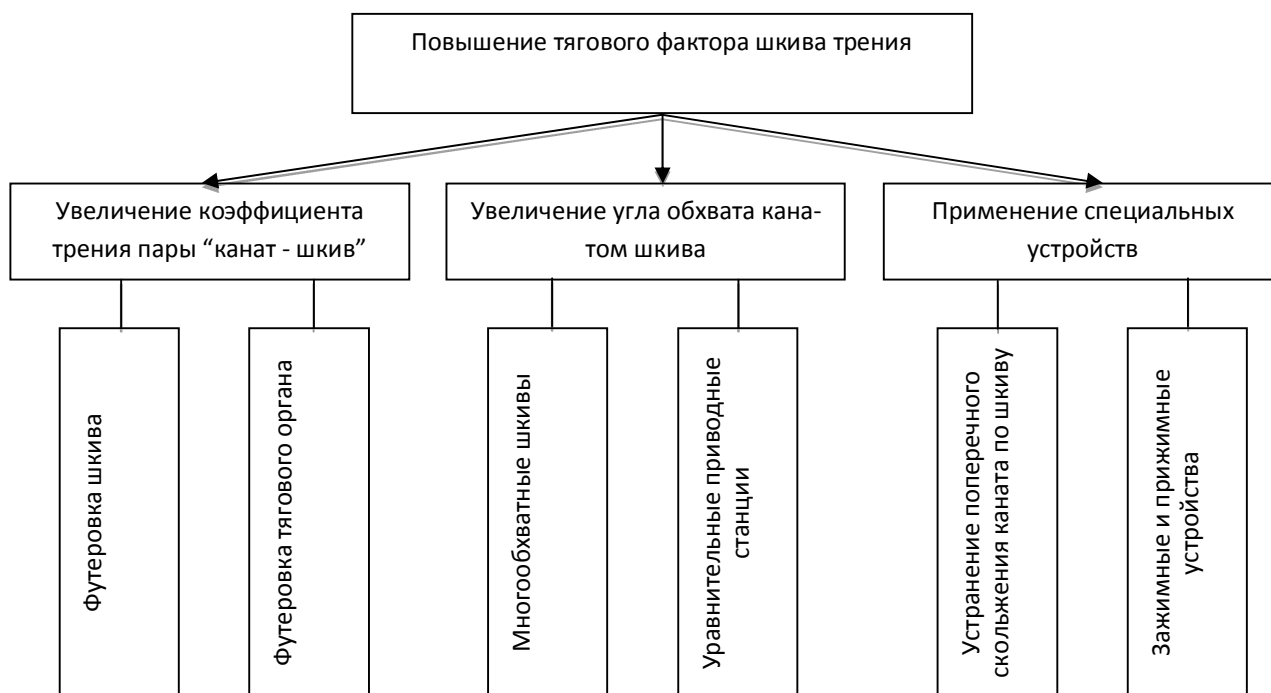


Рис.1. Классификация способов повышения тягового фактора

Приводные шкивы канатных дорог имеют параболическую рабочую поверхность, на которой размещаются несколько витков каната. При работе привода возникающее осевое перемещение каната сопровождается непрерывным поперечным сползанием его витков и интенсивным межвитковым трением. Кроме того, часто происходит захлестывание каната – набегающий виток ложится поверх сбегающего, в результате чего происходит рывок.

Известные технические решения приводных станций (уравнительные, многожелобчатые) в шахтных условиях имеют ряд недостатков: значительные габариты, сложность конструкции и потому не получили распространения на подземном канатном транспорте.

Зажимные и прижимные устройства, повышающие сцепление каната со шкивом, представлены широким спектром конструктивных решений и применялись в различных подъемно-транспортных машинах. Однако, опыт их эксплуатации вскрыл существенные недостатки, а именно: снижение сроков службы: каната – вследствие точечного поперечного его сжатия зажимными кулачками либо прижимными колодками и шкива – из-за наличия большого количества этих устройств по периметру шкива, а также увеличение стоимости последнего. Кроме того, зажимные устройства под действием силы натяжения в набегающей ветви каната проседают на большую величину, чем под действием силы натяжения в сбегающей ветви, а это значит, что ветви каната постоянно находятся на разных радиусах от центра вращения шкива, что приводит к значительному взаимному проскальзыванию каната и шкива, следствием которого является повышенный их износ и снижение долговечности.

На кафедре транспортных систем и технологий НГУ предложено использовать для канатных напочвенных дорог тяговый орган специальной конструкции, состоящий из нескольких стальных канатов, заключенных в эластичную, например, резиновую оболочку [6]. Применение такого агрегата позволяет существенно повысить эксплуатационные характеристики элементов дороги: уменьшить износ линейных элементов дороги путем снижения давления в зоне контакта; исключить абразивный и коррозионный износ тягового органа; сохранить достаточно высокую тяговую способность привода за счет повышения коэффициента трения пары «тяговый орган–шкив»; уменьшить габариты и металлоемкость установки.

В качестве тягового органа, обладающего перечисленными достоинствами, представляется возможным использовать стандартную резинотросовую ленту либо производить его по специальной технологии. Использование резинотросовой ленты позволяет существенно снизить затраты на производство тягового органа, поскольку в этом случае пригодна бракованная или вышедшая из эксплуатации лента.

Для увеличения тягового фактора резинотросового тягового органа было предложено выполнять его клиновидной формы [7], при этом острый угол между его рабочими поверхностями должен совпадать по величине с углом между рабочими поверхностями шкива. Благодаря клиновому эффекту в контакте резинотросового элемента и шкива возникает дополнительная нормальная сила прижатия, зависящая от натяжения тросов, угла между боковыми рабочими гранями тягового органа (шкива) и коэффициента трения между ними. Это техническое решение сулит существенное приращение тяговой способности шкива, однако требует тщательной опытной проверки в шахтных условиях.

Эффективным способом повышения долговечности каната и приводного шкива является использование однообхватного желобчатого шкива со сменной футеровкой, имеющей высокий коэффициент трения.

Для футеровки канатоведущих и направляющих шкивов используется резина, полиуретаны и композиты. Наряду с высокой износоустойчивостью полиуретаны, обладая способностью сохранять высокую эластичность при высоких значениях модуля упругости и твердости до 99 единиц по Шору, могут выдерживать нагрузки, существенно выше допустимых для резин. Однако, стоимость полиуретанов в 2-3 раза выше по сравнению с резиной, что сдерживает их широкое применение. В последние годы на подъемных машинах со шкивами трения используется фрикционная футеровка Бекорит со следующими параметрами: минимальный коэффициент трения – 0,25; допустимое давление – 3МПа; твердость по Шору – 55 единиц. Расчеты показывают, что ее можно использовать в конструкциях канатных напочвенных дорог с тяговым усилием до 40 кН.

В последнее время разработаны, изготовлены и испытаны конструкции футеровки приводного шкива трения канатной напочвенной дороги [8], представляющие собой разъемные конструкции со сменными вкладышами. При опытах износ обеспечивал работоспособность упругой футеровки шкива в течение 1,5 – 2 мес. Этот относительно низкий результат обусловлен тем, что по техническим причинам не удалось реализовать работу резины в условиях, близких к всестороннему сжатию. Перспективной, с этой точки зрения, является фенолокапроновая футеровка, износоустойчивость которой в несколько раз превышает аналогичные показатели для резины и даже выше показателей полиуретановой композиции.

В рассмотренных выше конструкциях повышение тягового фактора достигается либо увеличением значения коэффициента трения пары “канат-шкив” либо увеличением силы прижатия в контакте, поскольку для однообхватного шкива угол огибания его канатом в продольном направлении ограничен. Однако, возможен вариант конструкции, сочетающий продольный изгиб с поперечным, при помощи которого можно увеличить суммарный угол обхвата канатом шкива и, тем самым, тяговый фактор последнего. Также представляется перспективным сочетание такого решения со сменной фрикционной футеровкой (рис.2).

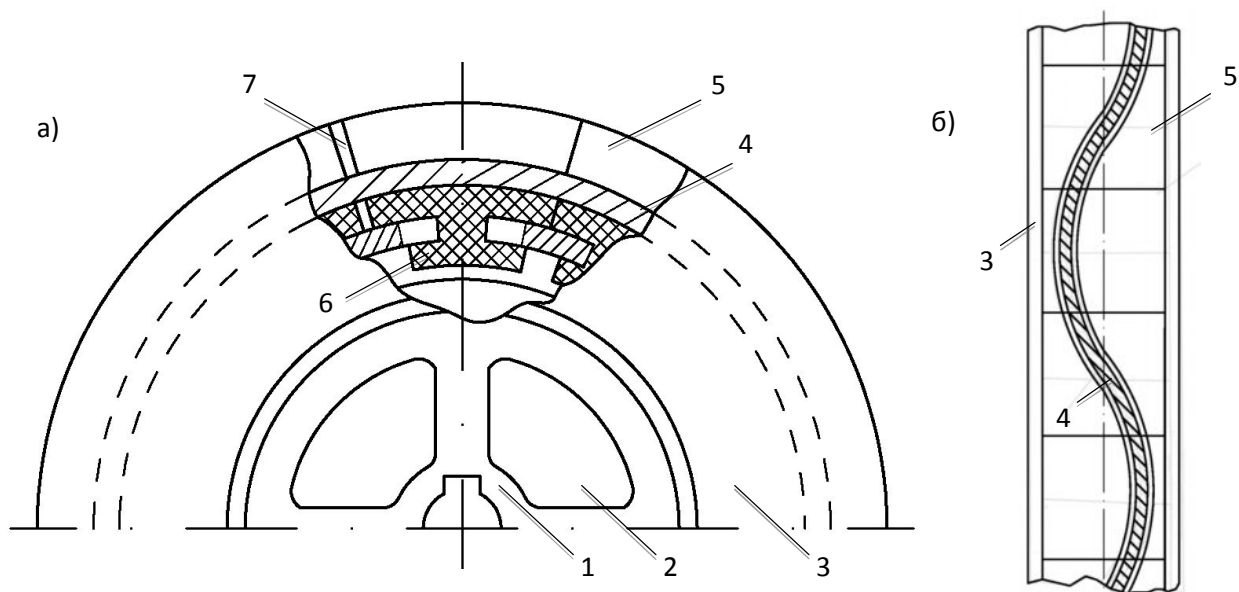


Рис.2. Шкив трения: а - общий вид; б – вид сверху, развернутый на плоскость

Тяговое усилие от стальной ступицы 1 через диск 2, обод 3 и зафиксированные на нем в виде волнистой рабочей канавки элементы фрикционной футеровки 5 передается с помощью тягового каната 4 составу вагонеток, который перемещается в горной выработке. При этом от смещения элементов футеровки вдоль поверхности обода их удерживает упор 7, а от движения в радиальном направлении – хвостовики 6, размещенные в проточке обода. Последний элемент футеровки удерживается от радиального перемещения болтом.

Исследования показывают возможность роста тягового фактора приводных шкивов и их долговечности на основе создания упругой футеровки, материал которой имеет достаточно высокий коэффициент трения и устойчиво работает в условиях предварительного напряженно-деформированного состояния, и специальных конструкций тяговых органов для шахтных канатных дорог.

Список литературы

1. Денищенко А.В. Технология горнопроходческих работ с использованием канатных напочвенных дорог [Текст] / А.В.Денищенко, С.В.Федоренко, Г.П. Сидоренко // Уголь Украины. – 1991. – №7. – С.44-46.– библиогр.: с. 46.
2. Ширин Л.Н.. Канатные напочвенные дороги при отработке засбросовой части шахты «Павлоградская» [Текст] / Л.Н. Ширин, А.В. Денищенко, П.П. Корж, А.В. Мухин // Уголь Украины. – 2006. – №1. – С.18-21.– библиогр.: с. 21.
3. Спосіб транспортування гірничої маси у кар'єрі [Текст]: пат. на корисну модель 58384, на корисну модель Україна, МПК E21C47/00/ О.В.Денищенко, О.О.Юрченко, В.В.Мамчур; заявник і патентовласник Націон. гірн.ун-т. – № u201002483; заявл. 05.03.2010;опубл. 11.10.2011, Бюл.№ 19. – 3с.
4. Канатна транспортна установка [Текст]: пат. на корисну модель57014, на корисну модель Україна, МПК E21C47/00/ О.В.Денищенко, О.О.Юрченко; заявник і патентовласник Націон. гірн.ун-т. – № u201007372; заявл.14.06..2010;опубл.10.02..2011, Бюл.№ 3. – 4с.
- 5.Дукельский А.И. Подвесные канатные дороги и кабельные краны/ А.И. Дукельский.– М.: Машиностроение, 1966. – 397с. – библиогр.: с. 395-396.
6. Канатна дорога [Текст]: пат. на винахід 79503, на винахід Україна, МПК B61B 7/00 / О.В.Денищенко;А.В.Мухін, О.М.Коптовець; заявник і патентовласник Націон. гірн.ун-т. – № u200503657; заявл. 18.04.2005;опубл. 25.06.2007, Бюл.№ 9. – 3с.
7. Тяговий орган канатної дороги[Текст]: пат. на корисну модель 44030, на корисну модель Україна: МПК F16H 55/00, B61B 15/00 / О.В.Денищенко; заявник і патентовласник Націон. гірн. ун-т. – № u200904876; заявл. 18.05.2009; опубл. 10.09.2009, Бюл.№ 17. – 2с
8. Шків тертя [Текст]: пат. на винахід 31089., на винахід Україна, МПК B61B 7/00 / О.В.Денищенко, О.М.Коптовець; заявник і патентовласник Націон. гірн.ун-т. – № u200713178; заявл. 27.11.2007;опубл. 25.03.2008. Заявник і патентовласник – Національний гірничий університет. – Бюл.№ 6. – 3с.

*Рекомендована к публикации д.т.н. Самусей В.И.
Поступила в редакцию 19.04.2012*