

# Том 1

## Технології

### видобутку корисних

### копалин

Андрейчук А.А., студент гр. 184м-17-9ГФ

Наукові керівники: Лубенець М.О., Коровяка Є.А., доценти кафедри транспортних систем та технологій

(Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», м. Дніпро, Україна)

## О МЕТОДЕ РАСЧЕТА КАНАТНЫХ НАПОЧВЕННЫХ ДОРОГ

Канатные напочвенные дороги (КНД), принадлежащие к машинам с гибким тяговым органом, нашли широкое применение на угольных шахтах, как вспомогательный вид транспорта. Кроме того, область их применения расширяется для транспортирования горной массы с подготовительных забоев при проведении слабонаклонных горных выработок, угол наклона которых достигает  $\pm 6^{\circ}$  (до  $\pm 100\%$ ). При этом значительно возрастают нагрузки на тяговый канат и другие узлы машины.

Однако, действующие методы расчета этих машин нельзя признать приемлемыми, поскольку погрешность определения ключевого фактора расчета - натяжения тягового каната, влияющего на их тяговую способность, достигает 30%, что негативно сказывается на эффективности использования КНД [1].

Тяговая способность КНД реализуется трением каната (гибкого тела) о приводной шкив за счет его прижатия под действием усилий натяжения. Ее определение осуществляется в соответствии с законом (уравнением) трения гибких тел Эйлера, которое в опосредованном виде не содержит общепризнанного фактора трения тел - нормальной реакции между телами, от которой линейно зависит сила трения [2].

Определение натяжения тягового каната, в том числе, осуществляется построением диаграммы, которая широко используется при расчетах ленточных конвейеров. В отличие от конвейеров, где груз распределен по одной из его ветвей, груз КНД является сосредоточенным и имеет точечное присоединение к одной из ветвей [1]. Однако, принципиальной разницы между указанными машинами с гибким телом не наблюдается.

Поэтому для установления распределения натяжений в замкнутом натянутом на блоки гибком теле при транспортировании грузов были проведены экспериментальные исследования на стенде – коротком ленточном конвейере, рис. 1:

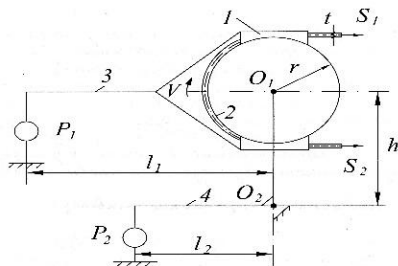


Рисунок 1 – Расчетная схема испытательного стенда: 1 – ленточный тормоз; 2 – блок натяжной станции; 3, 4 – рычаги;  $S_2, S_1$  – сила натяжения ленты на блоке;  $l_1, l_2$  – длина рычагов;  $r$  – радиус блока;  $h$  – расстояние между шарнирами;  $P_1, P_2$  – динамометры;

Сущность метода испытаний состоит в уравновешивании момента силы тяги конвейерной ленты  $S_1$  и  $S_2$  и момента силы трения  $F$  конвейерной ленты о блок при их трении и наблюдение за показаниями динамометров  $P_1$  и  $P_2$  [3].

Определение сил тяги  $S_2$  и  $S_1$  на участках набегающей конвейерной ленты на блок 2 и сбегания с него осуществляются методами теоретической механики в условии равновесия механической системы:

$$S_1 = \frac{P_2 \cdot l_2 \cdot r + P_1 \cdot l_1 \cdot h}{2 \cdot r \cdot h}; S_2 = \frac{P_2 \cdot l_2 \cdot r - P_1 \cdot l_1 \cdot h}{2 \cdot r \cdot h}$$

В результате экспериментальных исследований установлено:

- при различных режимах испытаний реакция  $R$  и усилие натяжения  $P$  конвейерной ленты на приводной и натяжной станциях не изменяются и равны между собой;

- при различных режимах испытаний реализация окружного тягового усилия  $F_0$  трением по приводному блоку осуществляется при неизменной реакции  $R$  на приводной станции;

- при различных режимах испытаний натяжения конвейерной ленты на двух контактах с приводным блоком при передаче различного окружного тягового усилия изменяются (в точке набегания увеличиваются и уменьшаются в точке сбегания) зеркально;

- при различных режимах испытаний удлинение замкнутой натянутой конвейерной ленты не изменяется, что свидетельствует о сохранении ее механической (потенциальной) энергии

Следовательно, были установлены закономерности распределения натяжений в характерных точках замкнутого предварительно натянутого на блоки гибкого тела при перемещении по кольцевой траектории, что наблюдается в машинах с гибким телом.

Оказывается, распределение натяжений гибкого тела в характерных точках при его перемещении отвечает фундаментальным законам классической механики: условиям равновесия механической системы, закону сохранения механической энергии гибкого тела в замкнутой механической системе, закону Гука и др, а не закономерностям, которые присущи перемещению разомкнутого гибкого тела, что, к сожалению, используется в расчетах КНД [4].

Поэтому, натяжение в характерных точках гибкого тела зависит от характера груза – распределенного или сосредоточенного. Кроме того, построение на диаграмме натяжения скачка в точке приложения заданного сосредоточенного груза некорректное. Поскольку распределение натяжения в ветвях происходит за условиями равновесия механической системы, в том числе с учетом его уравнивания от действия блока натяжной станции. Поэтому, часть составляющей сосредоточенного груза учитывается натяжением другой ветви гибкого тела, а оставшаяся часть натяжением первой ветви [1], что не приводит к получению максимального натяжения в контуре гибкого тела.

Приводим порядок построения диаграммы натяжения каната при расчете КНД:

1. определяют силу тяги ветвей и окружное тяговое усилие машины  $F_0$ ;
2. определяют гравитационную составляющую каната и груза  $G_x$ ;
3. определяют минимальное усилие натяжения каната по условию сцепления;
4. на линиях 2,3 выбирают точку (A) и сносят ее на линии 1 и 4 (B,C);
5. на линиях 1,4 вверх или вниз (по положению станций) откладывают значение  $G_x/2$  (Д,Ж);
6. на линиях 1 вверх и 2 вниз или наоборот (по режиму работы) откладывают  $F_0/2$  (З,К);
7. отрезками прямой линии соединяют точки З,А и К – неполная усредненная диаграмма;
8. проводят ось абсцисс диаграммы, руководствуясь условиями по провесу и сцепления.

#### Перечень ссылок

1. Денищенко А.В. О расчете статических натяжений каната / Денищенко А.В. // Науковий вісник НГУ. – Дніпропетровськ, 2014. – № 8 - С. 64 - 65.
2. Лубенец Н.А. Сохранение механической энергии гибкого тела при трении по блоку / Лубенец Н.А. // Збірник наукових праць НГУ. – Дніпропетровськ, 2017. – № 50 - С. 194 -203.

3. Koroviaka Ye. Substantiation of the method for constructing the diagram of the horizontal belt conveyer tightness / Koroviaka Ye., Lubenets T. // Mining of mineral deposits, 2017. – 11(3) - P. 111 - 116. WOS:000426091500013.

**Васильченко Д.А., студент гр. ГРг-14-2**

**Науковий керівник: Коровяка Є.А., доцент кафедри транспортних систем та технологій**

*(Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», м. Дніпро, Україна)*

## **ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ТРУБ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРОСЛИ**

Полиэтиленовые (ПЭ) трубы применяются в нефтегазовой отрасли с 1980-х годов. Существует два способа их применения – для строительства полиэтиленовых трубопроводов и для восстановления корродированных стальных трубопроводов. Полиэтиленовые трубопроводы могут использоваться для транспортировки нефти и других сред, если рабочие давления относительно невысоки – максимум 25 бар. Требования к трубам для различных применений в нефтегазовой отрасли оговорены в стандартах ASTM 2513 и API 15 LE.

Для поддержания пластового давления (ППД) и повышения нефтеотдачи традиционно используются пластовые воды, нагнетаемые в нефтеносные пласты через систему скважин. По мере старения месторождений содержание сероводорода и других примесей в подтоварных водах растет, что ведет к быстрой коррозии стальных труб. Порывы нагнетательных труб наносят большой ущерб окружающей среде, поэтому трубопроводы систем ППД подлежат частой замене.

Технология реконструкции заключается в протягивании внутри корродированных стальных участков подготовленных плетей (лайнера) из полиэтиленовых труб.

Первыми начали использовать технологию восстановления корродированных трубопроводов ПЭ лайнером с плотным прилеганием газовые компании, такие как British Gas и United Pipeline Middle East. Плотное прилегание достигается за счет использования ПЭ трубы с диаметром, превышающим внутренний диаметр санируемой стальной трубы. Перед протяжкой ПЭ трубы так или иначе обжимается – например, при помощи роликов или специальной фильеры, а после протяжки и снятия продольной нагрузки расширяется и плотно прилегает к вмещающей трубе.

Для применения технологии лайнирования с плотным прилеганием, где вязкость и стойкость к растрескиванию являются критическими, наиболее приемлемыми являются трубы марки ПЭ 100, обладающей повышенной стойкостью к распространению трещин, образующихся при повреждениях наружной поверхности трубы в ходе строительно-монтажных работ.

При эксплуатации такого трубопровода внутреннее давление воспринимается стальной трубой, а ПЭ труба выступает в качестве барьера, защищающего стальную трубу от контакта с транспортируемой средой и предотвращающего коррозию. Рабочее давление в таких трубопроводах может достигать 350 бар, а температура – до 70°C.

При наличии на реконструируемых участках отводов или тройниковых ответвлений протяжка через них полиэтиленовых труб не рекомендуется. Конденсатосборники, гидрозатворы и задвижки вырезаются. На этих местах предусматриваются котлованы и вырезка соответствующей соединительной детали стального газопровода.

При пересечении восстанавливаемого методом протяжки полиэтиленовых труб газопровода с различными сооружениями и коммуникациями устройства дополнительных защитных футляров, как правило, не требуется. Роль футляра в этом случае может выполнять участок существовавшего стального газопровода.

Все работы, связанные с протягиванием полиэтиленовых труб, допускается проводить при температуре окружающего воздуха не ниже плюс 5 С или с применением специальных отапливаемых модулей (палаток).

Первый полиэтиленовый нефтепровод был построен в 1996 году на месторождении Сим-Сим. Главной проблемой при проектировании трубопроводов

Сим-Сим были условия эксплуатации: коррозионно-агрессивная водонефтяная эмульсия (обводненность 80%) с температурой 50°С под давлением 10 бар. Эти трубопроводы служат для транспортировки сырой нефти с температурой 50°С и не требуют какого-либо ремонта или обслуживания. Эти трубопроводы безотказно работают, несмотря на жесткие условия эксплуатации, признаков ухудшения их технических характеристик не выявлено. По оценкам, сделанным на начальной стадии проекта, экономия за счет эксплуатации только одного нефтепровода протяженностью 1,9 км должна была составить более 1 млн. долларов.

Основные преимущества метода протяжки ПЭ труб в существующие металлические трубопроводы:

- недорогой ремонт газопроводов минимальными техническими сложностями;
  - минимизация помех для движения транспорта;
  - минимальные расходы на земляные восстановительные работы;
  - минимальный риск повреждения существующих коммуникаций по сравнению с открытой прокладкой трубопровода;
  - возможность реконструкции газопровода в нестабильных грунтовых условиях.
- Условия применения метода протяжки ПЭ труб в существующие трубопроводы:
- возможность уменьшения диаметра трубопровода;
  - строительство временного технологического газопровода для бесперебойного газоснабжения потребителей на всем участке реконструкции;
  - защита существующих стальных труб от электрохимической коррозии;
  - углы поворотов (в плане и профиле) существующей трубы не должны превышать допустимые значения изгиба полиэтиленового протаскиваемого газопровода;
  - отрывка котлованов для демонтажа отключающих устройств.
  - работы по реконструкции должны выполняться при наличии специального оборудования и строительной техники.

#### Перечень ссылок

1. [http://journal.plastic-pipes.ru/sites/default/files/journal/2014/04/journal\\_pp\\_2014-1\\_62-66.pdf](http://journal.plastic-pipes.ru/sites/default/files/journal/2014/04/journal_pp_2014-1_62-66.pdf)
2. <http://polypipe.info/56-application-polymers/1186-pe-trybi-v-neftegazovoi-otrasli>
3. <http://www.dissercat.com/content/sozdanie-i-ispolzovanie-plastmassovykh-truboprovodov-v-neftegazovoi-otrasli-rossii>
4. <http://mirznanii.com/a/24475/primeneniye-plastmassovykh-trub-dlya-transportirovki-nefteproduktov>
5. <http://zsvit.com/polietilenovyie-trubyi-v-neftegazovoy-otrasli-na-blizhnem-vostoke/>

УДК 622.625.28

Дунаєнко І., студент гр. 184 – 16ск - 2

Науковий керівник: Денищенко О.В., доцент кафедри транспортних систем та технологій

(Державний ВНЗ "Національний гірничий університет", м. Дніпро, Україна)

## ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СИСТЕМ УЛОВЛЮВАННЯ ШАХТНИХ ВАГОНЕТОК

Безпека експлуатації шахтного рейкового транспорту залежить від ряду факторів: стану колії, досконалості транспортних засобів, контролю виконання вимог техніки безпеки тощо. Не останню роль у цих заходах посідає захист людей у разі обриву тягового канату при канатному відкочуванні у похилих гірських виробках. На сьогодні відома множина пристроїв і систем для уловлювання вагонеток, однак виділити з них найбільш надійні досить проблематично через недостатню кількість дослідних даних та різноманіття умов застосування.

Метароботи – підвищення надійності системи уловлювання вагонеток у похилих гірських виробках на основі аналізу діючих конструкцій та розробки нових.

Відомий парашутний пристрій вагонетки для перевезення людей, що складається з каркаса, рами, ходового візка, гальмівної каретки, брусів амортизаторів, упорів, пружини, центральної тяги, різців, рукоятки ручного гальма, відцентрового регулятора швидкості та шарнірної ланки [1].

Недоліком цього пристрою є те, що він спрацьовує тільки при умові, коли підгрунтя виробки складається з м'яких порід, що суттєво знижує його надійність та безпеку експлуатації в складних гірничо-геологічних умовах.

Найбільш вдалим технічним рішенням є уловлювач вагонеток, що містить систему важелів, через які партія вагонеток вільно проходить в обидві сторони з нормованою швидкістю, а у разі її перевищення здійснюється відокремлення гальмівних черевиків, які рухаються разом з вагонеткою і зупиняють її [2].

Однак, недоліками цього пристрою слід вважати складність конструкції через наявність великої кількості деталей і, як наслідок, зменшення надійності та безпеки експлуатації.

Для виключення означених недоліків авторами пропонується запобіжна система для уловлювання шахтних вагонів у похилих виробках, загальний вигляд якої показано на рис.1.

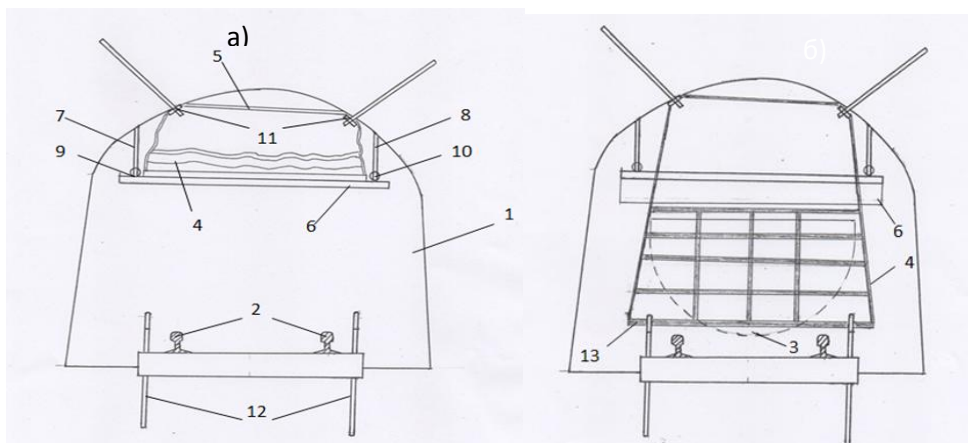


Рисунок 1 – Загальний вигляд запобіжної системи для уловлювання шахтних вагонів у похилих виробках: а) – перед спрацьовуванням; б) – після спрацьовування

Запобіжна система для уловлювання шахтних вагонів у похилих виробках містить шахтні вагони 3, встановлені на рейковий шлях 2 і поєднані канатом з тяговою лебідкою, підвісний полок 6, який встановлено на важелях 7,8 у верхній частині виробки 1 і обладнано керованими шарнірами 9,10. На полку 6 розташовано сітку 4 з пружно-гнучкого матеріалу, наприклад з капронових канатів, яка має міцний канатний контур 5 з тягарем 13 у нижній частині. Система включає чотири анкери: два у верхній частині виробки 11, які утримують канатний контур 5, і два – у нижній, що мають на зовнішніх кінцях гаки, обернуті у сторону підйому виробки 12. До системи входять також кілька датчиків швидкості, встановлених у виробці вище місця розташування перерахованих вище елементів.

Система для уловлювання шахтних вагонів у похилих виробках працює наступним чином.

Під час транспортування вагонів 3 по виробці 1 за допомогою канату партія вільно проходить під полком 6 і над анкерами 12, здійснюючи робочий цикл. У разі несанкціонованого відчеплення або розриву канату починається прискорений рух вагонетки 3 по спуску, який фіксується датчиками швидкості, розташованими вище у виробці. Сигнал від них є керуючою командою для шарнірів 9 і 10, які спрацьовують, вивільняючи одну сторону полка 6. Останній займає вертикальне положення і сітка 4 падає униз під дією сили тяжіння тягара 13 і також займає вертикальне положення перед гаками нижніх анкерів 12. Вагон 3, що обірвався і рухається по спуску, контактує з сіткою 4, затягує її на гаки та продовжує рух по спуску, але він сповільнюється завдяки пружним властивостям сітки. При цьому остання надійно фіксується двома верхніми 11 і двома нижніми анкерами 12, що дозволяє остаточно зупинити вагон 3 у виробці 1.

Введення у конструкцію підвісного відкидного полка дозволяє оперативно приводити запобіжну систему для уловлювання шахтних вагонів у похилих виробках у робочий стан у разі обриву вагона і, за рахунок цього, підвищити надійність роботи системи та безпеку її експлуатації.

Виконання гальмівного елемента у вигляді пружно-гнучкої сітки дозволяє розмістити його у незначному обсязі гірничої виробки у нормальному режимі роботи і отримати міцну перешкоду у аварійному, що, у свою чергу, призводить до підвищення надійності роботи системи та безпеки її експлуатації.

### Перелік посилань

1. Вирабов, А.А. Рудничний транспорт / А.А. Вирабов. – М.: Недра. – 1971. – 268с.
2. Патент SU 405799. Ловитель вагонеток



УДК 622.625.28

Єгорченко Р.Р., студент гр. 184м-16-1

Науковий керівник: Денищенко О.В., доцент кафедри транспортних систем та технологій

(Державний ВНЗ "Національний гірничий університет", м. Дніпро, Україна)

## УДОСКОНАЛЕННЯ ШАХТНИХ ЛОКОМОТИВІВ

Постійне прослизання привідних коліс шахтного локомотива (буксування) часто досягає таких значних величин, що шкідлива витрата енергії на цей процес може перевищувати 50% від загальної витрати енергії на здійснення транспортування [1]. Залежність ступеня прослизання коліс від сили притиснення їх до рейок в конкретних умовах поки не досліджена. Відомо, що за інших рівних умов це прослизання (буксування) зменшується з збільшенням сили притиснення ведучих коліс до рейок.

Гранична сила тяги по зчепленню теоретично визначається для моменту початку зриву зчеплення однією з привідних осей локомотива залежністю:

$$F_{cy} = P_{cy} \cdot \psi,$$

де  $P_{cy}$  – сила тяжіння локомотива;  $\psi$  – коефіцієнт пропорційності (зчеплення).

З огляду на той встановлений факт, що навіть незначна сила тяги на ободі колеса локомотива супроводжується буксуванням [2], коефіцієнт можна вважати коефіцієнтом тертя ковзання колеса об рейку. Як показали дослідження, величина його в певних умовах може залишатися незмінною або дещо змінюватися при збільшенні швидкості ковзання. Додаткове притиснення коліс локомотива до рейок зможе знизити інтенсивність буксування і зменшити шкідливу витрату енергії, знос коліс локомотива і рейок. Важливі схеми притиснення локомотива до рейок з використанням сили тяжіння для великих кутів нахилу виробки свого часу були розроблені проф. В.С. Берсеневим [3,4]. Для локомотивів, що працюють практично в горизонтальних виробках (штреки, квершлаги), згадані або інші способи і засоби додаткового до ваги притиснення локомотива до рейок в даний час не застосовуються.

Мета роботи – підвищення тягового зусилля шахтних локомотивів шляхом використання маси причіпної частини поїзда.

Пропонується новий спосіб і пристрій, який автоматично, в залежності від сили тяги на гаку, додатково притискає локомотив до рейок за рахунок використання частини ваги причепленої до нього вагонетки. Суть пропозиції полягає в зміні способу причеплення локомотива до состава, за рахунок чого при тязі частина сили тяжіння першої вагонетки притискає локомотив до рейок. Розглянемо схему дії сил між локомотивом та причіпною частиною потяга (рис.1).

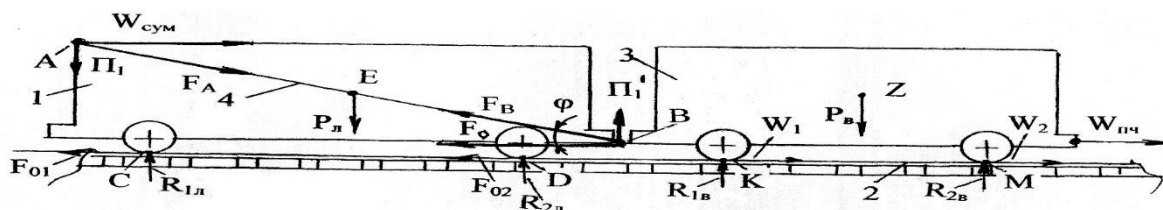


Рисунок 1 – Схема дії сил між локомотивом та причіпною частиною потяга

На схемі показані наступні сили, що діють: – на локомотив (в точках А, С, Д, Е)  $F_{01}$  і  $F_{02}$  – дотичні сили тяги на ободах коліс;  $F_A$  (або її складові  $\Pi_1$  і  $W_{сум}$ ) – сила дії

причіпного пристрою;  $P_1$  – додаткова сила притиснення локомотива до рейок;  $R_{л}$  – сила тяжіння локомотива;  $R_{1л}, R_{2л}$  – сили реакції рейок на силу тяжіння;

– на вагонетку (в точках В, К, М):  $F_в$  (або її складові  $P_1'$  і  $F_0$ ) – сила дії причіпного пристрою;  $F_0$  – сила тяги локомотива;  $P_1'$  – сила підйому вагонетки;  $W_1, W_2, W_{пч}$  – сили опору осей вагонетки, причіпної частини поїзда і сумарна сила опору руху складу відповідно;  $P_в$  – сила тяжіння вагонетки;  $R_{1в}, R_{2в}$  – сили реакції рейок на колеса вагонетки.

З рис.1 видно, що додаткова сила притиснення локомотива до рейок визначається за формулою

$$P_1 = W_{сум} \cdot \operatorname{tg} \varphi$$

де  $W_{сум}$  – сумарна сила опору руху складу;  $\varphi$  – кут нахилу ланцюгів (тяг) причіпного пристрою до площини рейок.

Як наслідок, збільшується гранична сила тяги локомотива по зчепленню:

$$F_{сцл}^{I_{\max}} = (P_{сц} + P_1) \cdot \psi$$

З останнього виразу видно, що за інших рівних умов сила притиснення автоматично збільшується при збільшенні сили опору руху поїзда і кута  $\varphi$ . Наприклад, при  $\varphi = 45^\circ$  сила притиснення  $P_1$  буде дорівнює силі опору руху  $W_{сум}$ . З такою ж силою, але протилежною за знаком, яка додається в місці причеплення вагонетки до гака причіпного пристрою, вона буде піднімати вагонетку вгору. При цьому, в залежності від сили тяжіння передньої вагонетки, може порушитися її поздовжня стійкість з поворотом навколо задньої осі. У подібних випадках, які легко піддаються розрахунку (перевірка поздовжньої стійкості), зменшується кут  $\varphi$ .

Таким чином, тягове зусилля локомотива можливо підвищувати не тільки відомими способами (футерівка коліс, магнітна взаємодія, електропластичний ефект, системи приводу тощо), але й конструктивно за допомогою запропонованого методу.

### Перелік посилань

1. Ренгевич А.А. Энергетический баланс рудничных электровозов // Вопросы рудничного транспорта. – 1961. – Вып.5.- С. 247-257.
2. Ренгевич А.А. Коэффициент сцепления шахтных электровозов // Вопросы рудничного транспорта. – 1961. – Вып.5. – С. 232-247.
3. Берсенев В.С. О развитии самоходных рельсовых транспортных устройств с гладкими ведущими колесами // Записки Ленинградского горного института. – 1970. – т. LX. – Вып. 1. – с.3 – 20.
4. Берсенев В.С. Тяговые устройства с гладкими ведущими колесами и перспективы их применения в горной промышленности // Записки Ленинградского горного института. – 1975. – т.LXVII. Вып.1. – с. 249 – 256.

УДК 662.625.28-592.112(043.5)

**Савченко А.О.** аспірант кафедри. **Транспортних систем і технологій**  
**Науковий керівник: Коптовець О.М.,** д.т.н., професор кафедри **Транспортних систем і технологій**

*(Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», м. Дніпропетровськ, Україна)*

## **КОНСТРУКТИВНЫЕ СВЯЗИ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КОНТАКТНЫХ УСИЛИЙ ПО ДЕФОРМИРОВАННОЙ ШЕРОХОВАТОЙ ПОВЕРХНОСТИ**

Важной проблемой в снижении эффективности работы тормозной системы считается снижение шероховатости и приработка поверхностей тормозной колодки и колеса.

Процесс приработки сопряженных поверхностей сопровождается сложными необратимыми явлениями, протекающими в тонком поверхностном слое. При приработке изменяются физико-механические, теплофизические свойства поверхностных слоев, макро-и микрогеометрия. В начальный период приработки происходит интенсивное изнашивание неровностей, полученных при механической обработке, их дробление и пластическое деформирование, обычно сопровождаемое наклепом тонкого поверхностного слоя. В результате приработки происходит сглаживание наиболее выступающих неровностей, частичное или полное уничтожение первоначальных неровностей и установление новых, отличных от первоначальных по форме и размерам.

Изменение шероховатости в процессе приработки носит волнообразный периодический характер. Волнообразный характер изнашивания обнаружен посредством наблюдений за изменением во времени коэффициента трения при истирании образцов.

Во время приработки условия трения и изнашивания постепенно изменяются. Величина фактической площади касания увеличивается, среднее удельное давление и средняя температура на фактической площади касания понижаются. Это приводит к изменению такого параметра, как коэффициент трения, или момент трения, величину которого можно непосредственно проконтролировать на протяжении всего времени приработки. [1]

Было определено, что при относительном скольжении двух твердых тел и их соприкасающихся поверхностях, после завершения процесса приработки устанавливается некоторая воспроизводимая шероховатость, которая не зависит от исходной, а зависит от режима работы пары трения и физико-механических свойств фрикционного контакта.

Исходная шероховатость состоит из совокупности различных по величине и геометрическому очертанию неровностей в процессе приработки эти неровности будут подвержены воздействию различных касательных и нормальных напряжений. Значительным интенсивным воздействиям будут подвержены наиболее высокие неровности, которые за счет больших напряжений будут либо срезаться, либо пластически деформироваться. Наиболее пологие неровности также будут испытывать интенсивное воздействие за счет большой адгезии, что приведет к значительному изменению их геометрического очертания. Поэтому в ансамбле неровностей, имеющих различную высоту и радиус закругления, в более благоприятных условиях окажутся промежуточные по своим размерам неровности. Эти неровности будут превалирующими на приработанной поверхности. Для таких приработанных поверхностей сила трения будет иметь минимальное значение. Таким образом, равновесная шероховатость для установившегося процесса соответствует минимальному значению сил трения при прочих равных условиях.

Проведенные эксперименты показали, что процесс приработки тормозной колодки на первых этапах характеризуется значительным износом и разогревом поверхностей трения, сопровождаемых изменением шероховатости. [2] По истечении некоторого времени температура в зоне контакта уменьшается и достигает постоянного значения, при этом шероховатость стабилизируется, коэффициент трения падает и далее при сохранении режима трения не меняется. Как показали эксперименты, значение, до которого падает коэффициент трения, является минимальным для данных условий работы пары трения, что значительно ухудшает работоспособность тормозной системы подвижного состава.

В период приработки поверхностей происходит переламывание и наклеп старых неровностей, полученных при механической обработке, и образование новых неровностей, получающихся в процессе приработки. После приработки неровности меняют форму, размер и направленность. В отличие от первоначальных неровностей теперь неровности оказываются направлены в сторону движения скольжения при трении. Эта новая шероховатость является оптимальной в течении дальнейшего изнашивания, протекающего после приработки. Характер разрушения неровностей поверхности определяется условиями изнашивания. [3]

Поверхности с одной и той же шероховатостью изнашиваются различно при изменении материала трущихся пар, удельного давления, температуры на поверхности трения, наличия загрязнений и абразивных частиц в контакте трения.

Экспериментами установлено, что в процессе изнашивания обычно более грубые поверхности становятся более чистыми, а более чистые – более грубыми. При одних и тех же условиях изнашивания, при любой шероховатости в конце приработки обе трущиеся поверхности приобретают одинаковую шероховатость. На фиг. 1 показана схема изменения шероховатости (величины  $H_{СК}$ ) с изменением времени изнашивания  $T$ . Чем ближе исходная шероховатость к шероховатости, получающейся после приработки, тем быстрее происходит сама приработка поверхностей. Если заранее выбрать  $H_{СК}$  обработанной поверхности максимально противоположным к  $H_{СК}$ , которое получится после приработки, то время приработки будет максимально продолжительным.

На фиг.2 показана зависимость  $H_{СК}$  после приработки (по оси ординат) и  $H_{СК}$  до приработки (по оси абсцисс). Из диаграммы видно, что в процессе изнашивания поверхность приобрела среднюю шероховатость ( $H_{СК}=0,15\text{мк}$ ).

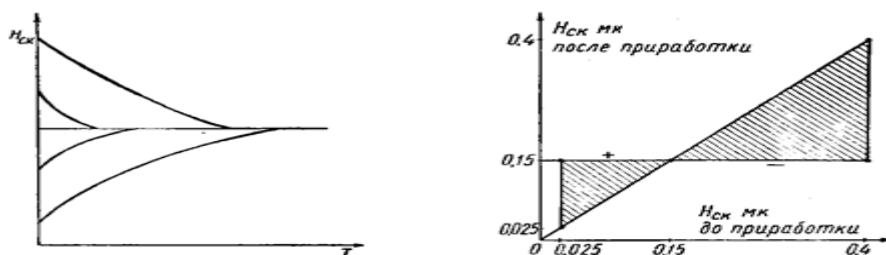


Рисунок 1 –Изменения микрогеометрии в процессе изнашивания

### Перелік посилань

1. Справочник по триботехнике. Т. 3. Теоретические основы / под общ. ред. М. Хейты, А.В. Чичинадзе. – М.: Машиностроение, 1989. – 400 с.
2. Крагельский И.В. Развитие науки о трении / И.В. Крагельский, В.С. Щедров. – М.: Изд-во АН СССР, 1956. – 234 с.
3. Вуколов Л.А. Сравнительные характеристики тормозных колодок различных поставщиков / Л.А. Вуколов, В.А. Жаров // Вестник ВНИИЖТа. – М., 2005. – № 2. – С. 18 – 28.

УДК 622.625.28

**Коробка В.Д, студент гр. 184 – 16ск - 2****Науковий керівник: Денищенко О.В., доцент кафедри транспортних систем та технологій***(Державний ВНЗ "Національний гірничий університет", м. Дніпро, Україна)*

## **ЛОКОМОТИВИ ДЛЯ ЗМІННОГО ПРОФІЛЮ КОЛІЇ**

В даний час середньозважена протяжність маршрутів підземного локомотивного транспорту на шахтах України постійно збільшується, що пов'язано зі старінням шахтного фонду і продовженням терміну служби шахт за рахунок прирізки запасів біля кордонів полів. При цьому енерговитрати на транспортування і вагова норма поїзда залежать від характеристики траси – ухилів шляху і протяжності маршруту, а основні конструкції електровозів, для яких шлях пробігу безпосередньо залежить від ємності батарей, залишаються незмінними.

На шахтах Павлоградського та Красноармійського регіонів зіткнулися з проблемою: часто ємності батарей електровозів АМ8Д (АРП8Т) недостатньо для виконання рейсів до найбільш віддалених вантажних пунктів і доводиться використовувати спарені локомотиви 2АМ8Д або включати до складу два локомотива. На маршрутах меншої протяжності заряду батарей достатньо для виконання лише одного рейсу. Для виходу з цієї ситуації поблизу кордонів шахтного поля обладнують камери заміни батарей, а при наявності відокремленого провітрювання встановлюють зарядні камери, що тягне за собою значні фінансові і трудові витрати.

Рішення завдання забезпечення заданої продуктивності в зазначених умовах можливо шляхом:

- застосування електровозів, які отримують енергію із зовнішнього джерела неконтактним способом;
- застосування локомотивів з двигунами внутрішнього згорання;
- збільшення енергоємності хімічних джерел струму, які застосовуються на акумуляторних електровозах;
- створення спеціальних конструкцій локомотивів, що дозволяють долати ділянки з підвищеними ухилами шляху без зриву зчеплення коліс з рейками.

Можливості реалізації перших трьох варіантів розглянуті в [1].

Мета даної роботи – підвищення ефективності систем примусового ведення локомотива на ділянках шляху, де не забезпечується передача тягового зусилля зчепленням коліс з рейками.

Найбільш близькою до транспортної системи, що пропонується, по технічній сутності і результату є зубчаста надгрунтова дорога, що містить ходову частину з дизель-гідравлічним привідним блоком, ведучі і опорні котки, рейкові направляючі, до якої, з метою збільшення сили тяги на похилих ділянках траси транспортування, введено привідне зубчасте колесо, що взаємодіє із зубчастою рейкою, розташованою в межах рейкового шляху [2].

Незважаючи на значне підвищення сили тяги цього пристрою у порівнянні із традиційними рейковими засобами, що переміщуються завдяки фрикційному зв'язку коліс з рейками, він має суттєвий недолік, а саме – неможливість синхронізації руху привідного зубчастого колеса з положенням нерухомої зубчастої рейки у момент переходу з горизонтальної ділянки рейкового шляху на похилу, що призводить до попадання зубу колеса на виступаючий зуб рейки і, як наслідок, до виходу зі строю одного з них, що знижує надійність та безпеку експлуатації транспортної системи. Окрім того, виконання зубчастої рейки суцільною металевую призводить до значної витрати металу і збільшенню вартості машини.

На основі морфологічного аналізу технічних варіантів авторами пропонується транспортна система, яка дозволяє уникнути цих недоліків ( рис.1)

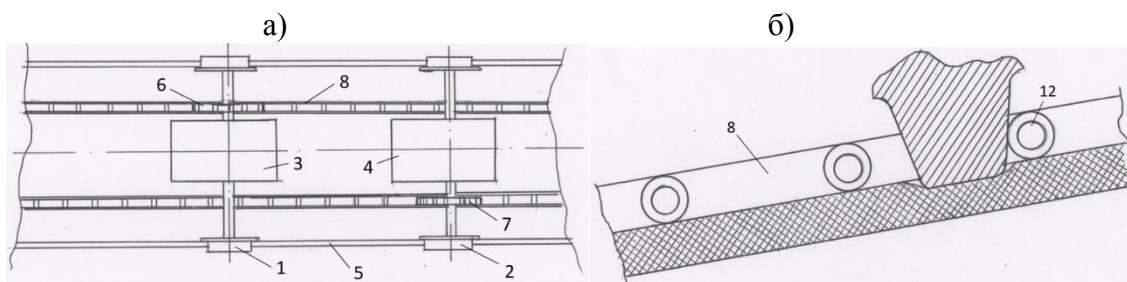


Рисунок 1 – Транспортна система для змінного профілю: а) – вигляд згори (ходова частина без рами); б) – схема взаємодії привідного зубчастого колеса з ланцюгом

Тягові зусилля від привідних блоків 3 і 4 передаються колісним парам 1 і 2 електровоз починає рух по горизонтальній ділянці гірничої виробки за рахунок сили зчеплення між колесами та рейками 5, при цьому зубчасті колеса 6 і 7 вільно обертаються. На початку похилої ділянки рейкового шляху з завищеним більше 50% ухилом вони вступають у взаємодію з ролико-пластинчастими ланцюгами 8 і 9 і далі на протязі всієї похилої ділянки сила тяги привідних блоків 3 і 4 передається транспортній системі через зачеплення зубчастих коліс 6 і 7 з ланцюгами 8 і 9. При початковому контакті зубчастих коліс 6 і 7 з ланцюгами 8 і 9 у разі попадання вершини зуба 11 на ролик 12 (виступ) пружний елемент 10 стискається, ланцюг опускається, пропускаючи зуб 11 далі. При цьому здійснюється пружна витяжка ланцюгів 8 та 9 і наступний зуб потрапляє у простір між роликами, що є ознакою нормальної взаємодії силової пари. Після закінчення похилої ділянки траси зубчасті колеса 6 і 7 виходять із зачеплення з ланцюгами 8 та 9 і рух транспортної системи продовжується завдяки фрикційному зчепленню колісних пар 1 і 2 з рейками 5.

Введення в конструкцію транспортної системи ролико-пластинчастих ланцюгів та приводних зубчастих коліс дозволяє забезпечити її стабільний рух на похилих (ухилом більше 50%) ділянках рейкового шляху і, за рахунок цього, підвищити продуктивність, довговічність, безпеку експлуатації з одночасним зменшенням металомісткості та вартості.

Застосування введених пружних елементів під ролико-пластинчастими ланцюгами призводить до виключення можливості руйнування самих ланцюгів і зубчастих приводних коліс у процесі транспортування і, як наслідок, до підвищення продуктивності, довговічності та безпеки експлуатації.

### Перелік посилань

1. Денищенко, А.В. Развитие шахтного локомотивного транспорта / А.В. Денищенко, С.Е. Барташевский, Р.Р. Егорченко // Наук.-техн. збірник «Гірничі електромеханіка та автоматика». – 2016. – №97. – С. 74 – 80.

2. <http://ferrit.cz/ru>

УДК 621.85.01

Лубенець Т.М. аспірант кафедритранспортних систем та технологій  
(Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», м. Дніпро, Україна)

## ОЦЕНКА ПРАВИЛЬНОСТИ НОВОГО УРАВНЕНИЯ ТРЕНИЯ ГИБКИХ ТЕЛ СУЧЕТОМ ЕГО ЦЕНТРОБЕЖНЫХ СИЛ

Обоснование рациональных режимов эксплуатации ленточных конвейеров осуществляется его расчетом, который, отчасти, основан на использовании действующего закона (уравнения) трения гибких тел Эйлера 1775 г.

Однако, указанное уравнение не отвечает практике. Его неточность исследователи на протяжении столетий обосновывали экспериментально - по косвенной вероятностной оценке значения коэффициента трения гибкого тела при плоском скольжении.

Вместе с тем, установлено, что уравнение не отвечает представлениям о трении тел, сложившимся на протяжении столетий - труды философа Аристотеля 15 ст. до НЭ, авторов законов трения тел Леонардо да Винчи 1519 г., Амонтона 1699 г., самого Эйлера 1775 г. и Кулона 1779 г., поскольку в опосредованном виде не содержит общепризнанной нормальной реакции между телами, от которой линейно зависит сила трения [1].

Для преодоления указанных недостатков в рамках нового решения классической задачи Эйлера о скольжении гибкого тела по неподвижному блоку, было выведено новое уравнение трения, в том числе, учитывающее влияние центробежных сил гибкого тела [2,3].

Приводим теоретическое подтверждение правильности нового уравнения трения гибких тел, учитывающего его центробежные силы – путем установления его соответствия фундаментальным условиям равновесия сил и моментов классической механики.

Рассмотрим расчетную схему горизонтального ленточного конвейера, рис. 1:

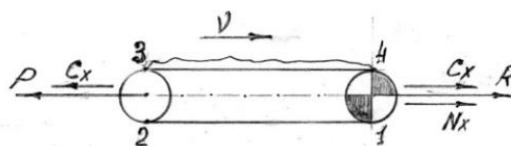


Рисунок 1 – Расчетная схема горизонтального ленточного конвейера:  $P$  – усилие предварительного натяжения конвейерной ленты на натяжной станции;  $N_x$  – расчетная составляющая нормальной реакции между конвейерной лентой и приводным блоком в направлении транспортирования;  $C_x$  – составляющая центробежной силы гибкого тела;  $R$  – составляющая реакции между конвейерной лентой и приводным блоком;  $v$  – скорость движения конвейерной ленты; 1,2,3,4 – характерные точки контактов конвейерной ленты с блоками конвейера.

На рис. 2, приведена эпюра нормальных напряжений на контакте гибкого тела с блоком при скольжении для угла его обхвата, равного  $180^\circ$ .

Определим суммарно расчетное значение реакции  $N_x$  на блоке в направлении транспортирования и окружную силу трения  $F$  для нового и известного уравнения трения гибких тел Эйлера.

Из условия равновесия силы моментов механической системы известно:  $N_x + C_x = S_1 + S_2$  и  $F = S_1 - S_2$ , соответственно. В расчетах используем обоснованное Эйлером

уравнение равновесия сил для элементарного участка гибкого тела с учетом его центробежных сил:  $dN = (S - qv^2) da$ .

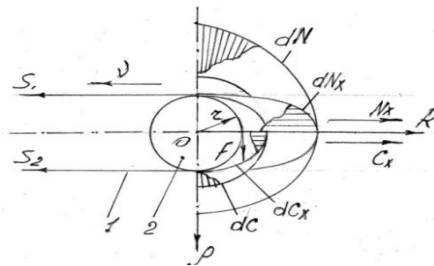


Рисунок 2 – Эпюра напряжений по поверхности блока: 1 – гибкое тело; 2 – блок;  $S_1, S_2$  – большая и меньшая силы, приложенные к концам гибкого тела;  $v$  – скорость движения конвейерной ленты;  $dN$  – нормальная реакция между элементарным участком гибкого тела и блоком;  $dN_x$  – проекция нормальной реакции между элементарным участком гибкого тела и блоком;  $N_x$  – расчетная нормальная реакция в направлении действия усилий натяжения  $S_1$  и  $S_2$ ;  $dC$  – центробежная сила элементарного участка гибкого тела;  $dC_x$  – проекция центробежных сил элементарного участка гибкого тела;  $C_x$  – центробежные силы гибкого тела в направлении транспортирования;  $R$  – реакция на блоке;  $\rho$  – ось полярной системы координат.

Поэтому, для нового уравнения трения гибких тел. проверим:

- условия равновесия сил:

$$N_x + C_x = \int_0^\pi (S - qv^2) \sin \alpha da + \int_0^\pi qv^2 \sin \alpha da = \int_0^\pi (S_2 + \frac{S_1 - S_2}{\pi} a - qv^2) \sin \alpha da + 2qv^2 =$$

$$= (-S_2 \cos \alpha + \frac{S_1 - S_2}{\pi} (\sin \alpha - a \cos \alpha)) / \pi_0 = S_1 + S_2.$$

- условия равновесия моментов ( известно:  $M_0 = F_0 r = F_{н-с} r \rightarrow F_0 = F_{н-с} = S_1 - S_2$ ):

$$F_{н-с} = F = f \cdot \varphi \frac{S_1 + S_2 - qv^2}{2} = f \cdot N = \frac{S_1 - S_2}{N} \cdot N = S_1 - S_2;$$

где  $M_0$  – внешний крутящий момент,  $H^*M$ ;  $F_0$  – окружное тяговое усилие,  $H$ ;  $F_{н-с}$  – реализуемое трением  $F$  круговое тяговое усилие на блоке,  $H$ .

Для уравнения трения гибких тел. Эйлера также проверим ( $C_u$  – не учитывается):

- условия равновесия сил:

$$N_x = \int_0^\pi S \cdot \sin \alpha da = \int_0^\pi S_2 e^{f \cdot a} \sin \alpha da = (\frac{S_2 e^{f \cdot a}}{f^2 + 1} (f \sin \alpha - \cos \alpha)) / \pi_0 \neq S_1 + S_2$$

- условие равновесия моментов:

$$F_{н-с} = F = S_2 (e^{f \cdot \varphi} - 1) = S_2 (e^{\frac{S_1 - S_2}{N} \cdot \varphi} - 1) \neq S_1 - S_2$$

Следовательно, новое уравнение трения гибких тел, учитывающее его центробежные силы, в отличие от уравнения Эйлера, отвечает фундаментальным условиям равновесия механической системы, что однозначно и исчерпывающе свидетельствует о его правильности.

### Перечень ссылок

1. Лубенец Н.А. Влияние центробежных сил гибкого тела на реализацию тягового усилия трением / Н.А.Лубенец, Т.Н. Лубенец // Науковий вісник НГУ. – Дніпропетровськ, 2012. – № 5. - С. 28 – 33.

2. Lubenets M. Friction of flexible friction effect and general law on friction in operation of transport machines with flexible tie body / Lubenets M. // Mining of mineral deposits, 2017. – 11(4) - P. 104 - 110. WOS:000426093700012.



3. Коровяка Е.А. Обоснование режимов эксплуатации ленточных конвейеров горных предприятий / Коровяка Е.А., Н.А., Лубенец Т.Н. // Наук.-техн. сб. науковихробіт НГУ. – Дніпропетровськ, 2015. – № 49. – С. 116 – 121.

УДК 658.155:622.33

Малихин С.А., студент групи 184 – 17ск-5

Научный руководитель: Ширин Л.Н., д.т.н., профессор.

(Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», м. Дніпро, Україна)

### ПАРОТУРБИННАЯ ТРИКОГЕНЕРАЦИОННАЯ СТАНЦИЯ

По результатам исследований [1] запасы газа угольных месторождений Донбасса превышают 3 триллиона м<sup>3</sup>. В работе [2] приведены разработанные научно-технические основы добычи, транспортирования и утилизации газов угольных месторождений с помощью шахтных когенерационных энергетических комплексов. Строительство таких комплексов обеспечит надежность электро- и теплоснабжения угледобывающих предприятий, а также примыкающих к ним жилых массивов и предприятий. При этом существенно сократится расход импортного природного газа за счет замены его шахтным метаном в отопительных газовых котельных и отпадет необходимость в закупке шахтой электроэнергии.

Для добычи и утилизации газов угольной шахты круглый год необходимо полезное их использование в неотапливаемый период, путем преобразования энергии тепла в энергию холода. Поэтому станции должны быть трикогенерационными. Структурно-функциональная схема трикогенерационной станции утилизации метана угольной шахты представлена на рис.1.

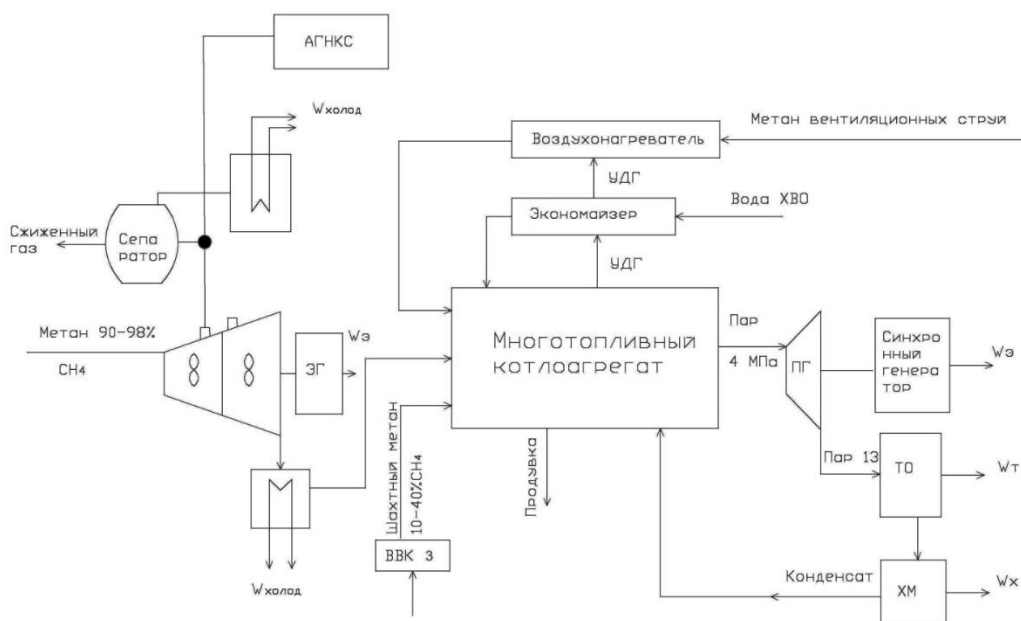


Рисунок 1 - Структурно-функциональная схема трикогенерационной для утилизации газов угольной шахты

На вход многотопливного котлоагрегата подается шахтный метан, добытый подземными дегазационными скважинами с низкой концентрацией метана от 10-40 % и метан высокой концентрации, после двухступенчатого турбодетандера. Для утилизации метана вентиляционных струй шахты с процентным содержанием в воздухе до 1% CH<sub>4</sub>, его необходимо подогреть воздухонагревателями за счет тепла уходящих дымовых газов и подать вместо воздуха в многотопливный котлоагрегат

С выхода котлоагрегата, пар высокого давления (4 МПа) подается на вход паровой турбины на валу которой установлен синхронный генератор, вырабатывающий электроэнергию  $W_{э}$ .

Пар низкого давления с выходом паровой турбины подается в теплообменник, где вырабатывается тепловая энергия  $W_t$  для отопления шахтных зданий. Тепло выходящее из теплообменника  $T_0$  подается на холодильную машину (ХМ). На выходе получается холод  $W_x$ , направляемый в подземные горные выработки. Конденсат пара после теплообменника и холодильной машины возвращается в котлоагрегат. На вход котлоагрегата подается также очищенная вода со станции химической водоочистки (ХВО), подогретая в экономайзере теплом уходящих дымовых газов. Газ с высокой концентрацией метана после первой ступени турбодетандера подается в сепаратор, который очищает его от сжиженного пропан-бутана. После сепаратора газ направляется на станцию АГНКС. Выработанный холод после первой и второй ступени турбодетандера также отправляется в шахту для нормализации температуры воздуха.

#### **Вывод**

Разработанная структурно-функциональная схема рекомендуется для создания трикогенерационных станций утилизации газов угольной шахты на основе многотопливных котлоагрегатов, серийно выпускаемых в Украине, надежность работы которых широко апробирована в металлургии при утилизации доменных и коксовых газов.

#### **Перечень ссылок**

1. Рябцев Г.Л. Нетрадиционные углеводороды: настоящее и будущее [Текст]: монография / Г.Л. Рябцев, С.В. Сапегин, М.И. Кривогуз. – К.: Психея, 2014. – 352 С.
2. Софийский К.К., Стасевич Р.К., Бокий Б.В., Шейко А.В., Гаврилов В.И., Московский О.В, Дудля Е.Е. (2017), *Безопасность и энергоэффективность метаноугольных шахт*, ФЛП Халиков Р.Х., Донецк, Украина

**Малихин С.А., студент групи 184 – 17ск-5**

**Научний керівник: Ширин Л.Н., д.т.н., професор.**

(Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», м. Дніпро, Україна)

## **ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ ТРАДИЦИОННЫХ МЕТОДОВ УТИЛИЗАЦИИ ГАЗОВ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

В соответствии с законом Украины «О газе (метане) угольных месторождений», «газ угольных месторождений (метан) – это газовая смесь, которая сопровождает угольные пласты и породы». В практике разработки угольных месторождений различают:

- метан угольных пластов – природный газ с высоким содержанием метана, естественным образом сопровождающего угольные пласты и вмещающие породы;
- шахтный метан – природный газ, каптируемый из действующей угольной шахты при помощи дегазации источников метана в подземных выработках;
- метан вентиляционной струи – природный газ, выделившийся из угленосного массива и попавший в вентиляционную струю, выводимую из вентиляционного ствола шахты в низкой концентрации.

Указанные виды метана считаются полезным ископаемым, попутно извлекаемым при разработке угольных месторождений, и имеют характерные для них достоинства и недостатки. Метан, извлекаемый поверхностными скважинами до начала очистных работ, имеет высокую степень чистоты (до 80%) и рассматривается как альтернативный энергоресурс. В тоже время шахтный газ с объемной долей метана 4,5 - 17% взрывоопасен и не может быть использован методами прямой утилизации. Для сжигания в котлах его разбавляют вентиляционным воздухом до концентрации метана 2,5%.

К преимуществам метана угольных пластов, по сравнению с традиционными видами топлива, относятся:

- высокое содержание метана (92-98%), добываемого поверхностными скважинами;
- значительно низкая стоимость добычи;
- значительно выше производительность труда, чем при добыче угля и нефти.

Высокая теплота сгорания метана угольных пластов делает целесообразным транспортирование его по магистральным газопроводам на значительные расстояния. При этом обеспечивается полнота сгорания при трикогенерации и облегчаются условия труда обслуживающего персонала.

Отсутствие в угольных газах оксида углерода предотвращает возможность отравления при утечках газа, что особенно важно при газоснабжении коммунальных и бытовых потребителей. Более того вовлечение попутно добываемого метана в систему газоснабжения населенных пунктов и предприятий значительно улучшает экологическое состояние их воздушного бассейна, а высокая жаропродуктивность (более 2000 °С) позволяет эффективно применять угольный газ в качестве энергетического и технологического топлива.

Отечественный и зарубежный опыт использования угольного газа в качестве промышленного топлива [1] позволил выделить следующие его технологические достоинства:

- при сжигании угольных газов требуется минимальный избыток воздуха, и достигаются нужные температуры в топках;
- угольный газ содержит наименьшее количество таких вредных химических примесей, как сероводород;
- при сжигании газа можно обеспечить более точную регулировку требуемой температуры, чем при сжигании других видов топлива. Это позволяет экономить

топливо, так как из-за более широких колебаний регулирования диапазонов температур при сжигании других видов топлива приходится часто вести процесс на верхнем температурном пределе, что влечет за собой перерасход топлива;

- использование угольного газа позволяет осуществить сравнительно быстрый разогрев тепловых агрегатов и свести к минимуму тепловые потери при остановке этих агрегатов, что также способствует экономии топлива.

Шахтный метан, добываемый подземной дегазацией, позволяет повысить производительность выемки угля по газовому фактору. Вместе с тем газовому топливу присущи и негативные свойства, а именно:

- газы угольных месторождений взрыво- и пожароопасны;

- Правилами безопасности угольных шахт Украины нормируется недопустимая объемная доля метана в каптируемой смеси дегазационных трубопроводов в пределах 3,5–25%.

Недостатком этого способа нормирования является то, что объемная доля метана дегазационных трубопроводов 3,5–25% является типичной для большей части дегазационных трубопроводов Украины и не может быть использована как топливо теплоэнергетическими потребителями, а должна сжигаться на факелах. На практике газ угольных месторождений преимущественно выбрасывается в атмосферу.

В этой связи для расширения области эффективного использования шахтного метана в качестве альтернативного энергоносителя, включая взрывоопасные концентрации и метан вентиляционных струй, необходимо проводить специальные исследования для разработки взрывобезопасных методов его утилизации.

## Литература

1. Софийский К.К., Стасевич Р.К., Бокий Б.В., Шейко А.В., Гаврилов В.И., Московский О.В., Дудля Е.Е. (2017), *Безопасность и энергоэффективность метаноугольных шахт*, ФЛП Халиков Р.Х., Донецк, Украина.

Таран В.О. студент гр.185м-17-1

Науковий керівник Ширін Л.Н. професор кафедри транспортних систем і технологій

(«Державний ВНЗ «Національний гірничий університет» м.Дніпро, Україна)

## ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗАВАРІЙНОЇ РОБОТИ ГАЗОЗБІРНОЇ СИСТЕМИ ПРОЛЕТАРСЬКОГО ПСГ

З розвитком газовидобувної промисловості з'явилась проблема газових гідратів, які ускладнюють технологію добування, транспортування, зберігання та переробки газу в Україні. Вартість методів попередження та ліквідації гідратів в системах видобутку та транспорту газу зростає. За умов існуючих методів боротьби з гідратами, витрати пов'язані із попередженням гідратоутворення досягають 30% собівартості газу що транспортується.

Через невирішену проблему попередження гідратоутворення при низькотемпературній обробці газу фактична температура процесів нерідко перевищує проектну, унаслідок чого з газу недостатньо повно відокремлюється рідина. Наявність у газі вологи, рідких вуглеводнів, агресивних і механічних домішок знижує пропускну здатність газопроводів, збільшує витрату інгібіторів, посилює корозію. Все це знижує надійність роботи газозбірної системи, збільшує ймовірність виникнення аварійних ситуацій.

В умовах Пролетарського підземного сховища газу (ПСГ) вирішення питань попередження гідратоутворення є актуальним для газової промисловості регіону, а розробка новітніх технологій дозволить поліпшити екологічну характеристику і показники ефективності роботи систем видобутку та транспортування газу.

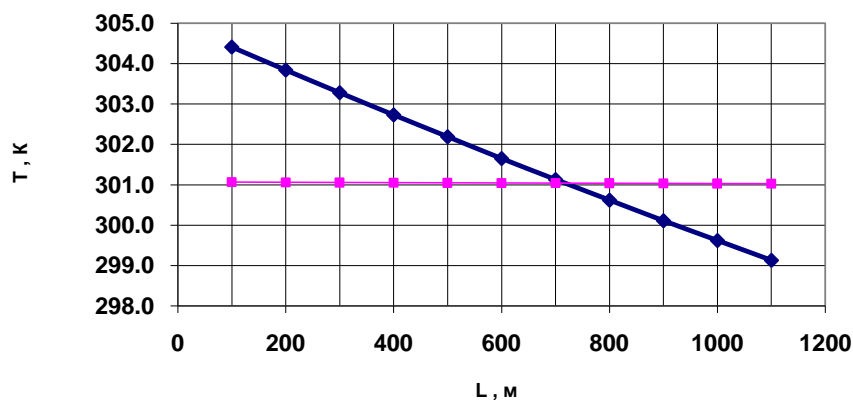


Рисунок 1 – Графік зміни температури по довжині шлейфу та лінії гідратоутворення.

По графіку зміни температури по довжині шлейфу визначається можливе місце гідратоутворення в шлейфі. Слід відзначити, що на установках НТС температура нерідко перевищує проектну. З метою забезпечення безаварійної роботи газозбірної системи Пролетарського ПСГ виникла необхідність впровадження новітніх технологій для контролю за температурою та тиском газу на фонтанних арматурах.

По результатам аналізу і оцінки вітчизняного і зарубіжного досвіду у цій сфері для уникнення аварійних ситуацій у зв'язку з повним загідрачуванням шлейфа та гирла свердловини було рекомендовано впровадити на Пролетарському ПСГ системи безпровідного контролю параметрів роботи газозбірної системи, яка дозволить:

- в режимі реального часу визначати тиск та температуру газу безпосередньо на фонтанній арматурі свердловин з диспетчерської;
- виконувати оперативний контроль за параметрами роботи окремо по кожній свердловині;
- визначати місце та початок загідрачування в газозбірній системі;
- підвищити точність і достовірність показів датчиків;
- оперативно приймати рішення про подальші дії при виникненні аварійної ситуації.

### **Висновок**

Не можливо уникнути процесу гідратуутворення в газозбірній системі, тому попередження його є вимушеною та необхідною частиною під час роботи ПСГ, як при відборі так і при закачуванні газу. Об'єм газу та інгібіторів гідратуутворень, що використовуються при боротьбі із гідратами є значним, а тому необхідно працювати в напрямку розробки нових методів попередження цього явища та отримання більш економічного ефекту.

Запропонований метод є дієвим і ефективним, а також цікавий тим, що впровадження цього методу не потребує великих капіталовкладень та часу. Завдяки простоті його введення в дію на фонтанній арматурі свердловин не потребує допомоги сторонніх організацій, бо встановлення датчиків, створення та оптимізацію програмного забезпечення можна виконати власними силами.

Постійний контроль за температурою та тиском газу на фонтанній арматурі забезпечує вчасне і оперативне реагування на будь-які зміни цих параметрів, що призводить до безаварійної роботи газозбірної системи та зменшує трудовитрати обслуговуючого персоналу.

Швидке та систематизоване надходження інформації про параметри роботи газозбірної системи в диспетчерську дозволить отримувати повну і достовірну інформацію щодо режимних параметрів газозбірної системи і занесення їх в електронні журнали в автоматизованому режимі.

Застосування форсунки, яка розпилює метанол, значно підвищить якість процесу боротьби з гідратуутворенням та призведе до скорочення витрат метанолу.

Впровадження системи безпровідного контролю параметрів роботи газозбірної системи та застосування розпилюючої форсунки є доцільним та вельми актуальним на Пролетарському ПСГ.

### **Перелік посилань**

1. Макогон Ю.Ф. Газовые гидраты, предупреждение их образования и использование. – М.: Недра, 1985, 232 с.
2. Стандарт підприємства «Правила технічної експлуатації магістральних газопроводів, СТП 320.30019801.018-2000.
3. Розгонюк В.В., Руднік А.А., Коломєєв В.М., Григіль М.А., Болокан О.О., Хачікян Л.А., Герасименко Ю.М. Довідник працівника газотранспортного підприємства - К.:Росток, 2001.
4. М.П. Химко, А.В. Дацюк, В.А. Фролов, Ю.В. Пономарьов Довідник інженера диспетчерської служби – К.:ВАТ УЦЕБОПнафтогаз 2007.
5. Технологічний регламент установки відбору і підготовки газу до транспортування на Пролетарському ПСГ. с. Пролетарське, 2008.

УДК 625.144.5

Троян В.О., Крошка А.І., студенти гр. 185 – 17ск - 1 ГФ

Наукові керівники: Денищенко О.В., Коровяка Є.А., доценти кафедри транспортних систем та технологій

(Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», м. Дніпро, Україна)

## РОЗШИРЕННЯ СФЕРИ ЗАСТОСУВАННЯ МАНЕВРОВИХ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ЗАЛІЧНИЧНИХ ВАГОНІВ

В системі залізничного транспорту важливу роль займають маневрові та навантажувально-розвантажувальні роботи та технічні засоби для їх виконання, частка яких у загальному обсязі робіт з перевезення вантажів сягає 20%. Особливе значення ці операції мають при перевезеннях сипучих будівельних матеріалів, нафтопродуктів, зерна тощо. Застосування для маневрових робіт локомотивів (тепловозів і електровозів) має свої переваги, однак потребує суттєвих фінансових затрат через високі вартість енергії та заробітню платню.

Нині розроблені і серійно виробляються цілий ряд технічних засобів для виконання маневрових та навантажувально-розвантажувальних робіт на залізничному транспорті – спеціальні тягачі, лебідки, маневрові пристрої, але їх застосування не завжди відповідає умовам ефективної експлуатації.

Мета роботи – визначити сфери ефективного застосування технічних засобів для виконання маневрових та навантажувально-розвантажувальних робіт на залізничному транспорті та запропонувати заходи з підвищення їх продуктивності та безпеки експлуатації.

Світова практика застосування залізничного транспорту для перевезення сипучих і наливних вантажів знає багато маневрових пристроїв, класифікація яких наведена на рис.1.

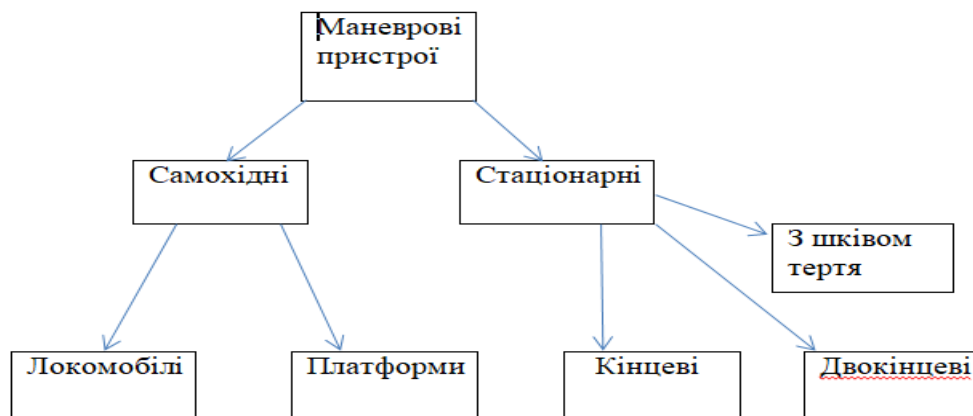


Рисунок 1 – Класифікація маневрових пристроїв

Останнім часом почали використовуватися на маневрових роботах локомотівлі – автомобілі або трактори, які мають додаткову рейкову ходову частину, що дозволяє їм рухатися як по звичайній автомобільній дорозі, так і по рейковій колії. При цьому тягове зусилля від привідних коліс передається через їх контакт з рейками, а залізничні колеса з ребордами лише направляють рух машини і утримують її в межах колії.

Інший принцип дії застосовано у платформі на базі виделкових навантажувачів: тут навантажувач наїжджає на платформу, встановлену на рейковий шлях, і його привідні колеса контактують із барабанами, що зв'язані через ланцюгову передачу з



залізничними колесами. Таким чином, обертальний рух коліс навантажувача передається на рейки, а завдяки футерівці самих коліс фрикційними матеріалами з високим коефіцієнтом тертя, досягається значна сила тяги машини по зчепленню, яка одночасно обмежується сумарною зчіпною масою платформи і машини.

Окрім означених серед самохідних машин з'явилися тягачі з автономним живленням – акумуляторні системи E-MAXI, маневрові вагонні тягачі ВР, які знаходять застосування на маневрових роботах.

Що ж стосується лебідок, то не зважаючи на багатовіковий досвід їх застосування, специфіка залізничних навантажувально-розвантажувальних робіт накладає ряд вимог до їх конструкції, які іноді породжують суттєві технічні протиріччя.

По-перше, значні (біля 100 кН) зусилля у тяговому органі потребують використання канатів великого діаметру – 20 мм і більше задля збереження нормативного запасу міцності. Водночас, відомо, що термін служби канатів суттєво обмежується напруженнями вигину, які виникають під час проходження ним барабанів, блоків, шківів, і тому у різних галузях виробництва вводяться обмеження на мінімальне відношення діаметрів означених вузлів до діаметру канату (від 12 до 100), при цьому визначено, що термін служби залежить від квадрату цього відношення [1,2]. Відносно маневрових лебідок цей показник знаходиться у межах 18 – 20 і при проектуванні таких систем треба збільшувати його у кілька разів для збільшення довговічності канату.

По-друге, маневрові пристрої можуть працювати як по односторонній схемі відкатки, так і по реверсивній. Остання реалізується завдяки застосуванню лебідок із привідним шківом тертя, на якому завдяки кільком виткам тертя передається тягове зусилля на канат. На вітчизняних установках натяг збігаючої з привідного шківа гілки канату для збереження зчеплення між ними здійснюється відомими способами: вантажною або жорсткою натяжними станціями. При цьому, остання нерідко недостатньо виконує свої функції, що призводить до ковзання канату по шківу, набігання витків один на одного, зниження продуктивності та безпеки робіт [3,4].

Таким чином, можна констатувати, що проблема маневрових та навантажувально-розвантажувальних робіт та технічних засобів для їх виконання є актуальною не тільки у нашій країні, а існуючі маневрові залізничні пристрої не завжди відповідають вимогам безпеки експлуатації та довговічності. Зокрема, для маневрових лебідок необхідно збільшувати діаметри барабанів, шківів, блоків та застосовувати вантажні натяжні станції.

### Перелік посилань

1. Денищенко, А.В. Шахтные канатные дороги: Монография/ А.В. Денищенко. – Д.: Национальный горный университет, 2011. – 172 с.
2. Александров А.П. Подъемно-транспортные машины / А.П. Александров . – М.: Высшая школа, 1979. – 458 с.
3. ДНАОП 0.00 – 1.01 - 74. Правила будови і безпечної експлуатації пасажирських підвісних канатних доріг (ППКД).
4. ДНАОП 0.00 – 1.04 - 87. Правила будови і безпечної експлуатації вантажних підвісних канатних доріг (ВПКД).