

Асп. П.А. Дьячков  
(Национальный горный университет),  
инж. А.А. Кузнецова  
(ООО "Углемеханизация")

## **ВЫБОР СПОСОБОВ И СРЕДСТВ ОПЕРАТИВНОЙ СТЫКОВКИ ТЯГОВОГО ОРГАНА ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ**

У статті розглянуті засоби способи та засоби оперативного стикування конвеєрної стрічки. А також дані рекомендації що до використання даних способів для різних типів конвеєрів.

## **SELECTION METHODS AND TOOL EFFECTIVE JOINING COUPLER ORGAN CONVEYOUR BELT**

The methods and means of effective joining coupler organ of conveyour belts are considered in the article. Recommendation of use these means for diferent models of conveyour belt are propose.

Основным направлением концентрации подземных горных работ является конвейеризация технологических схем транспорта. Эксплуатация участковых конвейерных линий осуществляется в сложных горно-технических условиях связанных с изгибом трассы подземных выработок, неравномерностью скорости движения тягового органа, налипанием горной массы, порционным поступлением груза различной кусковатости. Указанные факторы значительно снижают эксплуатационную надежность конвейерных лент, стоимость которых достигает до 90% стоимости конвейерной установки за весь период эксплуатации. Поэтому эффективность работы ленточных конвейеров в шахтных условиях во многом определяется безотказной работой тяговых органов.

Обычно к основным отказам относят: поперечные и продольные порывы конвейерных лент, расслоение ленты, разрушение стыковых соединений [1]. Простои на устранение последних составляют 60 % общего времени ремонтов современных отечественных конвейерных линий, следствием чего являются потери производства. Опыт эксплуатации показал, что выход из строя стыка или ленты приводит не только к простоям установки, но и к потерям горной массы. Обусловлено это тем, что традиционно применяемые в шахтных условиях стыковые соединения лишь частично удовлетворяют требованиям эксплуатации. В подземных горных условиях возникают производственные ситуации, когда время приведения в рабочее состояние тягового органа является более желаемым критерием, чем его надежность.

Исследованиями [2] установлено, что 10% ремонтных работ выполняется в добычные смены, когда остановка хотя бы одного конвейера в цепочке приводит к простоям всей линии конвейеров и остановке очистного забоя. Потери добычи от простоя конвейеров составляют до 10%.

Опыт эксплуатации резиновых и резиноканевых лент показывает, что надежность работы конвейеров во многом зависит не столько от прочности и качества самой ленты, сколько от прочности и долговечности стыкового соединения, т. е. эксплуатационная надежность определяется прочностью стыка.

Целью данной работы являются: на основании анализа способов стыковки конвейерных лент обосновать методику расчета надежности работы соединенных конвейерных лент при стохастических нагрузках.

В настоящее время известны три способа стыковки конвейерных лент: механический, холодная и горячая вулканизации. Каждый из приведенных выше способов имеет свои достоинства и недостатки.

Механические соединения резинотканевых лент обычно применяются на конвейерах малой мощности и в условиях, затрудняющих стыковку другими способами. В участковых горных выработках и на конвейерах с изменяемой длиной става в процессе эксплуатации используют неразъемные и разъемные механические соединения. Последние, до сих пор находят применение во всех отраслях народного хозяйства. Обусловлено это незначительными затратами времени и простотой их изготовления. Тем не менее, они имеют следующие эксплуатационные недостатки: малый срок службы (1-3 мес), повышенный износ роликов и барабанов, значительный расход ленты на перестыковку. К выше перечисленным недостаткам можно отнести также нецелесообразность применения резиновых футеровок на приводных и отклоняющих барабанах.

Разъемные механические соединения просты в монтаже, имеют незначительный расход ленты и низкие затраты времени на изготовление стыкового соединения. К недостаткам таких соединений можно отнести низкую прочность и долговечность, а также просыпи транспортируемого груза.

Практически во всех допустимых случаях концы ленты следует соединять вулканизацией. Конструкция, внешний вид и взаимодействие с основными узлами конвейера у стыков вулканизированных методом холодной вулканизации приближаются к соответствующим показателям целой ленты. Обычно жесткость клеевых стыков в продольном направлении ниже, чем целой части ленты, что приводит к более равномерному распределению общего натяжения по ширине при взаимодействии с переходными участками конвейера, перегибами трассы и по толщине при изгибах на барабанах и роликах.

Метод холодной вулканизации – наиболее прогрессивный способ соединения концов стыкуемых лент. Он применим при любых условиях эксплуатации конвейерных лент, менее трудоемкий и длительный, не требует специального вулканизационного оборудования. К основному недостатку способа холодной вулканизации можно отнести продолжительность времени простоя конвейера от начала стыковки до момента пуска конвейера, которое составляет от 6 часов и более.

Горячая вулканизация резинотросовых конвейерных лент ввиду высоких прочностных и эксплуатационных качеств (малые упругие и остаточные удлинения, возможность контроля за состоянием тросов, хорошая способность к образованию желоба, долговечность) с каждым годом получают все более широкое применение.

Прочность стыкового соединения методом горячей вулканизации определяется прочностью связи резиновых прослоек с тросами противоположных концов ленты, которые раскладываются в стыке по различным схемам.

Недостатками метода горячей вулканизации являются большая трудоем-

кость и длительность выполнения стыка, использование громоздкого дорогостоящего оборудования, ограничение возможности стыковки условиями эксплуатации.

Компромиссным решением при выборе метода стыковки, каждый из которых удовлетворяет лишь ряду требований, предъявляемых к стыковым соединениям (для конкретных эксплуатационных условий) зачастую выступают технико-экономические показатели.

В литературных источниках [3] как правило описываются достоинства каждого вида стыковых соединений для конкретных условий эксплуатации конвейеров, однако отсутствует сравнительный анализ эффективности работы тяговых органов и надежность указанных видов соединений, а также слабо освещены вопросы потерь времени, трудовых затрат на выполнение стыковых соединений. Это обусловлено отсутствием единого критерия оценки технико-экономических затрат.

Основными критериями оценки при выборе конструкции стыка являются прочность на разрыв каркаса, прочность на расслоение, возможность качественного изготовления, трудоемкость, возможность механизации предварительных работ по стыковке [3].

Кроме того, в настоящее время не существует методик расчета надежности работы механических соединений конвейерных лент при стохастических нагрузках.

В последнее время как у нас в стране так и за рубежом для определения надежности работы конвейерных лент при переменных стохастических нагрузках используют принцип наследственности ленты, который позволяет учитывать влияние скорости деформирования ленты на функцию, учитывающую напряжения.

При этом интегральное уравнение Больцмана-Вольтерра, учитывающее мгновенное деформирование, соответствует бесконечно большой скорости деформации. Вместо модуля упругости в теории наследственности вводится понятие кривой мгновенного деформирования, которая соответствует бесконечно большой скорости деформации [4] и определяется уравнением Вольтерра второго рода:

$$\varphi(\varepsilon(x)) = \sigma(x) + \int_0^x K(x,t)\sigma(t)dt \quad (1)$$

где  $\varphi(\varepsilon(x))$ - функция мгновенного деформирования;  $K(x,t)$ - ядро наследственности;  $\sigma(t)$ - мгновенное напряжение.

Обычно для решения интегрального уравнения (1) используют ядро наследственности в виде ядра Абеля:

$$K(x,t) = K(t-\tau) = \frac{b}{(t-\tau)^\alpha} \quad (2)$$

где  $\alpha$  и  $\nu$  - параметры, подлежащие определению из эксперимента.

Для определения модуля Юнга в данной работе предлагается следующая методика поэтапного установления ядра Абеля  $K(x,t)$ :

На первом этапе исходя из формулы (1) теоретически определяют модуль Юнга по формуле:

$$E = \frac{d\sigma(x)}{d\varepsilon(x)} = 1 - \lambda \int_0^t K(x,t)\sigma(t)dx \quad (3)$$

где  $\lambda = \frac{1}{d(\varepsilon(x))}$  – размерный коэффициент.

И строится ряд теоретических кривых  $\sigma(x) = f(\varepsilon(x))$  для различных значений постоянных коэффициентов  $\alpha$  и  $\nu$ .

На втором этапе экспериментально, для различных скоростей нагружения конвейерной ленты (например  $\dot{\sigma} = 0,1$  Н/мм<sup>2</sup>с,  $\dot{\sigma} = 1$  Н/мм<sup>2</sup>с,  $\dot{\sigma} = 10$  Н/мм<sup>2</sup>с) ищется экспериментальная зависимость  $\sigma(x) = f(\varepsilon(x))$ . И по совмещению теоретических и экспериментальных кривых определяются константы  $\alpha$  и  $\nu$ . При этом нагружение ленты с различными скоростями проводятся в диапазоне  $(10-8 \cdot 10^6)$  Па [5].

Следует отметить, что при экспериментальном определении модуля Юнга конвейерных лент, они подчинялись зависимости  $E_n = E_{n-1}e^{c\varepsilon}$ , или логарифмируя это выражение, получим

$$\varepsilon = \frac{1}{c} \ln \frac{E_n}{E_{n-1}} \quad (4)$$

Для определения значений  $E_0$  и  $c$  имеет ряд дискретных значений деформаций:

$$\varepsilon_n = \frac{1}{c_n} \ln \frac{E_0 + c\sigma_n}{E_0} \quad (5)$$

А постоянная  $c$  вычисляется из выражения [5]:

$$c = \frac{1}{\varepsilon_{n+1} - \varepsilon_n} \ln \frac{\sigma_{n+2} - \sigma_{n+1}}{\sigma_{n+1} - \sigma_n} \quad (6)$$

На рисунке 1 показана схема нагружения опытной ленты

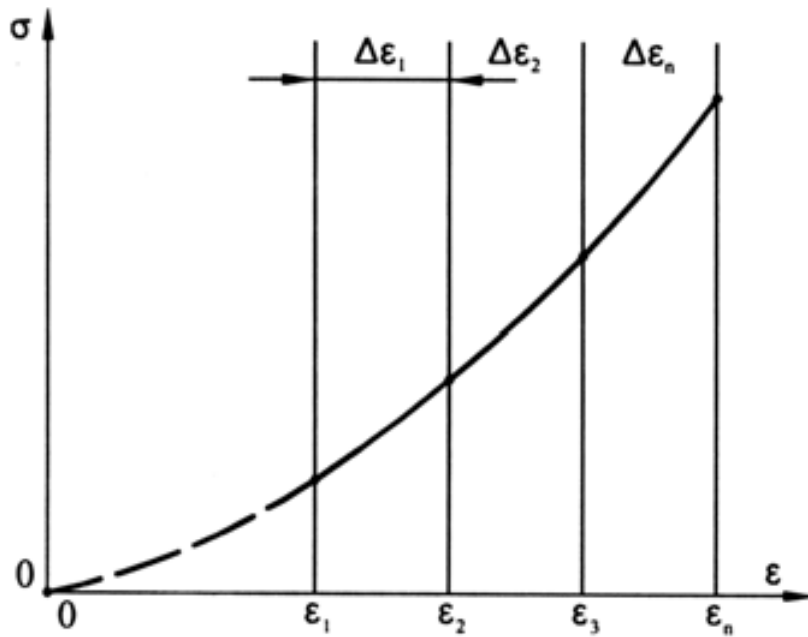
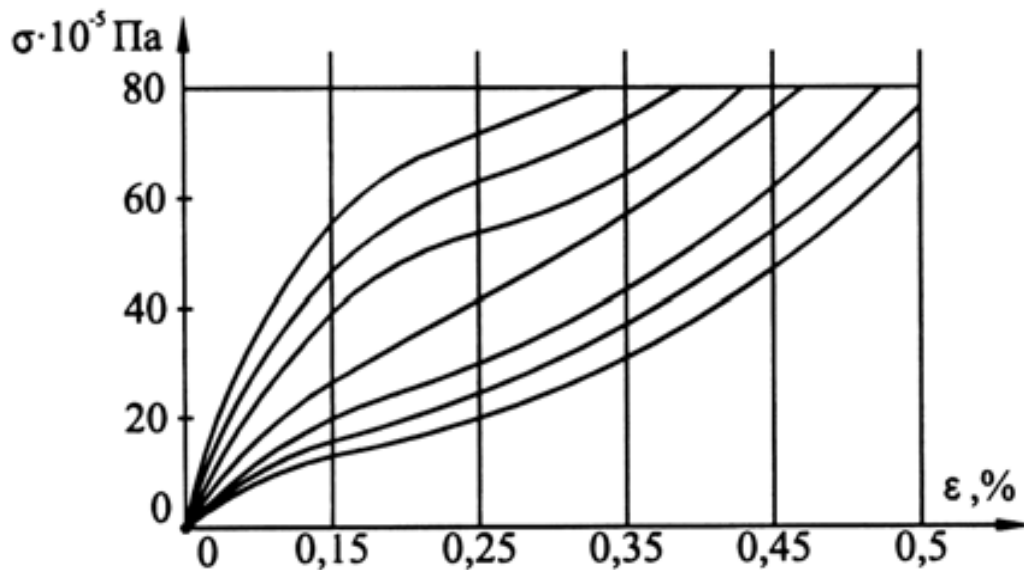


Рис. 1 – Схема нагружения ленты

Считая функцию  $\sigma = f(\varepsilon)$  монотонной, начальное значение  $\varepsilon_1$  при начальном нагружении  $\sigma_1$  вычисляется по формуле:

$$\varepsilon_1 = \frac{1}{c} \ln \frac{(\sigma_{n+1} - \sigma_n)^2}{(\sigma_{n+1}^2 - \sigma_n \sigma_{n+2})} \quad (7)$$

На рисунке 2 представлены результаты теоретических кривых зависимостей  $\sigma = f(\varepsilon)$  для лент типа TG 100 ER, ШТК-200, EP-250:



Для 1 -  $\dot{\sigma} = 0,1$  Н/мм<sup>2</sup>с; 2 -  $\dot{\sigma} = 0,5$  Н/мм<sup>2</sup>с; 3 -  $\dot{\sigma} = 1$  Н/мм<sup>2</sup>с; 4 -  $\dot{\sigma} = 2$  Н/мм<sup>2</sup>с;  
5 -  $\dot{\sigma} = 4$  Н/мм<sup>2</sup>с; 6 -  $\dot{\sigma} = 6$  Н/мм<sup>2</sup>с; 7 -  $\dot{\sigma} = 8$  Н/мм<sup>2</sup>с.

Рис. 2 – Кривые деформирования образца конвейерной ленты в режимах  $\dot{\sigma} \equiv const$

В результате теоретических и экспериментальных исследований для некоторых типов лент были установлены определяющие уравнения конвейерных лент, эксплуатирующихся в горной промышленности. Коэффициенты  $\alpha$  и  $\beta$  приведены в таблице 1.

Таблица 1. - Значение коэффициентов  $\alpha$  и  $\beta$  для различного типа конвейерных лент

Тип ленты	коэффициенты	
	$\alpha$	$\beta$
TG 100 ER	0,83	0,05
ШТК-200	0,93	0,05
EP-250	0,85	0,03

В соответствии с предлагаемым методом расчета функций напряжения и деформации подобным образом проводились исследования для лент с определенным количеством стыковых соединений и сравнивались параметры цельной ленты и ленты со стыковыми соединениями. В итоге коэффициент надежности лент рассчитывался:

$$\eta = \frac{\sigma_i}{\sigma_j} \cdot 100\% \quad (8)$$

где  $\sigma_i$  – прочность при разрыве ленты со стыковыми соединениями;  $\sigma_j$  – прочность при разрыве ленты без стыковых соединений.

Данная методика позволяет производить оценку надежности конвейерных лент при различном количестве прокладок.

В результате анализа исследований эксплуатационных параметров конвейерных лент с различным количеством стыковых соединений проведенных ООО "Углемеханизация" возникла необходимость выбора и обоснования применения того либо иного метода стыковки, разработки комплексного критерия оценки способов и средств соединения, которые бы учитывали такие параметры как: прочность, скорость возведения стыкового соединения, жесткость конвейерной ленты, расход ленты на изготовление стыкового соединения.

Анализ исследований показал, что с позиции прочности и взаимодействия с приводными и близ-расположенными барабанами (на современных участковых конвейерных установках на длине до 40м количество таких барабанов в районе приводной станции достигает 7шт) наиболее эффективным способом стыковки является стыковка методом горячей вулканизации, менее эффективным – холодная вулканизация.

Кроме того, было установлено, что стыковка конвейерных лент методом горячей вулканизации целесообразнее использовать для магистральных конвейеров использующих резиноканевую конвейерную ленту, а холодную – использовать для бремсберговых и уклонных конвейеров (которые не изменяют свою длину в процессе эксплуатации), использующих резиноканевую ленту.

Механическую стыковку резиноканевых лент при помощи разъемных со-

единений целесообразно использовать для участковых конвейеров, а также при экстренной стыковке на магистральных конвейерных линиях.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Е.М. Высочин, Е.Х. Завгородний, В.И. Заренков Стыковка и ремонт конвейерных лент на предприятиях черной металлургии.-М.: Металлургия, 1989.-192 с.
2. Транспорт на горных предприятиях. 3-е изд. Днепропетровск, НГУ, 2005.-636 с.
3. Работнов Ю.Н. Механика деформируемого тела.-М.: Наука, 1979.-744 с.
4. Определение упруго-вязких свойств конвейерных лент. Л.И. Чугреев, Н.В. Ампилогова. МГИ.

**УДК 662.65/654.001.57**

Инж. О.И. Ананьева,  
инж. С.П. Сердюкова  
(ИГТМ НАН Украины)

### **РАЗРАБОТКА ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕСТНОГО ТОПЛИВА И ОТХОДОВ ТЕХНОГЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ**

Запропоновано економіко-математичну модель будівництва паливно-енергетичного комплексу (ПЕК) на базі шахт. Застосування розробленої моделі дає можливість визначити ефективність будівництва ПЕК з метою зменшення витрат та збільшення прибутку шахт.

### **DEVELOPMENT OF ECONOMIC-MATHEMATICAL MODEL OF POWER SUPPLY SYSTEMS WITH USE OF LOCAL FUEL AND TECHNOGEN WASTES**

The economic-mathematical model of construction of power-generating complex (PGC) on the basis of mines is offered. Employment of this model will enable to determine efficiency of construction of PGC with the purpose of decrease of expenses and increase of profit of mines.

С 70-х гг. сложность и стоимость добычи угля и газа в Украине стали резко увеличиваться в связи с истощением или значительным сокращением их запасов в легкодоступных месторождениях.

В статье выполнен анализ опыта реализации проектов по привлечению в топливный баланс регионов местного низкокалорийного топлива путем создания новых или реконструкции существующих систем энергоснабжения. Соответствующее развитие собственной топливной базы регионов позволит решить ряд острых социальных проблем, стоящих перед регионами Украины.

Во исполнение Указа Президента Украины "Про невідкладні заходи щодо забезпечення України енергоносіями та їх раціонального використання в Україні" (Постанова КМ України №285 від 2.04.97 р.) впервые разработана и соответствующим постановлением Кабинета Министров Украины одобрена Программа государственной поддержки развития нетрадиционных и возобновляемых источников энергии и малой гидро- и теплоэнергетики, которой были определены направления увеличения объемов привлечения к теплоэнергетиче-