

става) необходимо иметь запас мощности двигателя вращателя. С учетом этого выбираем электродвигатель мощностью 4 кВт.

#### ВЫВОДЫ

Как показали расчет и практика бурения скважин серийно выпускаемым станком БЖ45-100Э, мощность его электродвигателя, равная 5,5 кВт, является завышенной. Согласно приведенным выше расчетам, при модернизации станка может быть применен электродвигатель мощностью 4 кВт. Это позволит увеличить срок службы бурового станка, уменьшить его массу и габариты.

Предложенная в статье методика выбора электродвигателя может быть использована при проектировании новых буровых станков для вращательного бурения скважин малого диаметра.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дворников Л.Т. Исследование некоторых вопросов вращательного бурения шпуров в горных породах средней крепости: Дисс....канд. техн. наук. – Томск, 1963. – 182с.
2. Демченко В.С. Обоснование параметров и создание машин для бурения длинных увлажнительных скважин: Дисс....канд. техн. наук – Днепропетровск, 1994. – 167с.
3. Мацейчик В.И. Некоторые вопросы теории работы колонковых бурильных труб при геологоразведочном бурении: Дисс....канд. техн. наук – Днепропетровск, 1970. – 128с.
4. Васильев Л.М., Демченко В.С., Демченко С.В. Обоснование мощности электропривода станка для бурения скважин малого диаметра. – Геотехническая механика: Межведомственный сборник научных трудов. – Институт геотехнической механики НАН Украины – Донецк: ООО Норд Компьютер, 2002. – Вып.36, с. 93-100.

УДК 622.647.83.004.3:621.313.333

С.М. Пилипчук

### **ОБ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ АВАРИЙНОГО КОРПУСНОГО ТОРМОЗА КОНВЕЙЕРНОГО ПОЕЗДА НА РЫБАЛЬСКОМ ГРАНИТНОМ КАРЬЕРЕ.**

Попередні аналізи техніко-економічних показників транспортування гірської маси конвеєрним поїздом в порівнянні з автомобілями, визначив перевагу першого типу транспорту перед другим. Приведені експериментальні дослідження розробленого грузового гальма, показали його спроможність і надійність роботи при гальмуванні конвеєрного поїзду.

### **ON EMERGENCY DECELERATION EXPERIMENTAL INVESTIGATION FOR WHEEL BARROW RAILWAY CONVEYER CASE BRAKING AT RIBALSKY GRANITE QUARRY.**

Preliminary economic and technical comparison parameter analysis for rock mass transportation with wheel barrow railway conveyer and lorries demonstrated advances of first kind transport. Experiment design investigation results are presented. Designed load deceleration demonstrated high efficiency and reliable work in wheel barrow railway conveyer deceleration.

Одним из главных звеньев технологической цепи при добыче полезных ископаемых открытым или подземным способом является транспорт.

Современным направлением технического прогресса на гранитных карьерах

Украины является широкое внедрение циклично-поточной и поточной технологии горных работ, в том числе и транспортирование горной массы конвейерными поездами. В условиях открытой разработки месторождений конвейерные поезда обладают рядом преимуществ перед другими видами транспорта:

- возможность транспортирования крупнокусковой горной массы;
- преодоление участков трассы с уклоном до 25°;
- небольшой радиус поворота в плане – до 20 м;
- снижение стоимости перевозки горной массы;
- повышение производительности труда при уменьшенной численности рабочих;
- улучшение экологии, санитарно-гигиенических условий за счет отсутствия загазованности;
- повышение безопасности работ;
- возможность полной автоматизации транспорта;
- гибкость в управлении, селективность, аккумулирующая способность и многие другие.

На основании Приказа Министра промышленности строительных материалов Украины №151 от 25 мая 1975 года на Рыбальском гранитном карьере Днепропетровской области, с целью научных исследований, был создан опытно-промышленный участок для транспортирования горной массы конвейерными поездами. Длина трассы составила около 800 м, наклон трассы 31 ‰, а у узла загрузки наклон составил 268 ‰ на протяжении 50 м. Особенностью является то, что приводом конвейерного поезда служат линейные асинхронные электродвигатели, расположенные в междупутье. В данном случае они являются статорами, а днища тележек конвейерного поезда – роторами.

Поскольку транспортировка горной массы на Рыбальском гранитном карьере осуществляется автомобилями (КРАЗ, БЕЛАЗ) необходимо произвести расчет энергозатрат для сравнительной оценки при применении транспортирования горной массы конвейерными поездами.

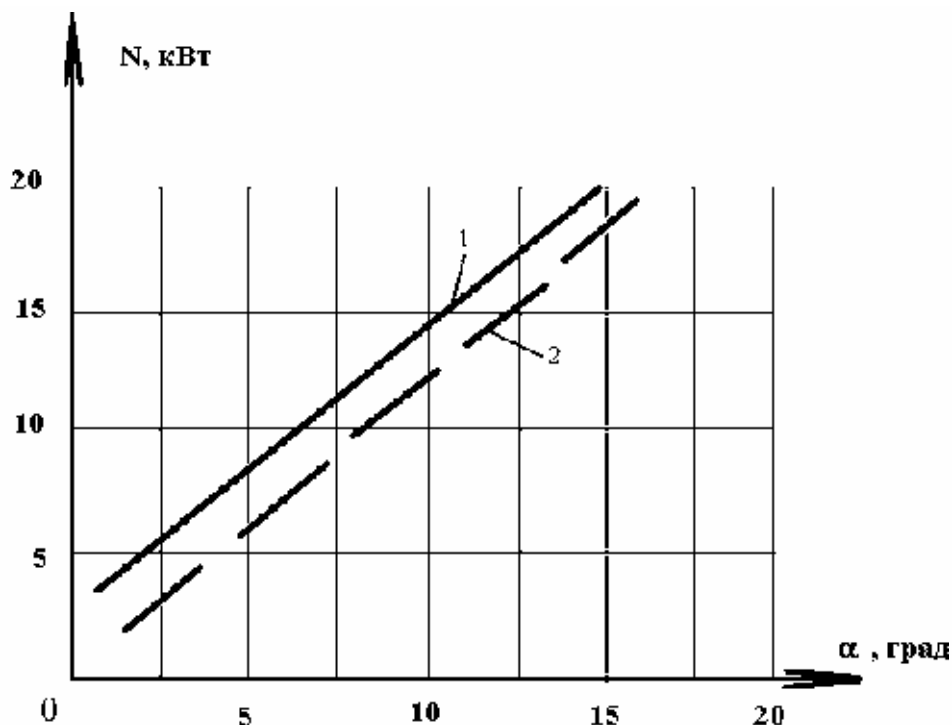
Основные данные по энергозатратам перемещения 1 т груза со скоростью 1 м/с при различных углах наклона трассы приведены в табл. 1.

Таблица 1. - Основные данные по энергозатратам

Вид транспорта	Угол подъема, α, °	Сила сопротивления качения, Н	Составляющая силы от веса, Н	Необходимая мощность для перемещения 1т полезного груза со скоростью 1 м/с		
				по горизонтали, кВт	на подъем, кВт	суммарные, кВт
Автомобили	5	1140	1650	3,9	5,6	9,5
	10	1110	3240		11	14,9
	15	1100	4900		16,6	20,5
Конвейерный поезд с линейным приводом	5	225,0	1310	1,7	5,5	7,2
	10	220,0	2600		10,8	12,5
	15	216,0	3880		16,2	17,9

На рис. 1 приведены графики зависимости энергозатрат при транспортиро-

вании 1 т горной массы со скоростью 1 м/с автомобилями и конвейерными поездами с углом наклона трассы до 20°.



1 – при транспортировании автомобилем; 2 – при транспортировании конвейерным поездом

Рис. 1 – Зависимость энергозатрат при транспортировании горной массы с углом наклона трассы 20° для автомобилей и конвейерных поездов

Учитывая все выше приведенные перечисленные преимущества конвейерных поездов, уже подготовлен экспериментальный участок, было принято решение прокладки рельсового пути шириной 1520 мм для рельсового колесного конвейерного поезда. Тележки конвейерного поезда были изготовлены на Днепропетровском заводе ДРРМЗ. Их было изготовлено 50 штук длиной 1 м каждая.

Конструкторско-проектная документация для изготовления тележек конвейерного поезда, пунктов погрузки и разгрузки тормозных систем была выполнена на СКТБ ИГТМ НАН Украины, заказчиком было ПО «Днепронерудпром». После изготовления узлов транспортного комплекса на заводе ДРРМЗ, проводились заводские испытания по специально разработанной программе и методике. Программа включает в себя внешний осмотр; включение всех механизмов комплекса без нагрузки; проверка работы всех механизмов под действием нагрузки; анализ соответствия изделий рабочим чертежам. В случае несоответствия, вносились изменения либо в чертежах, либо в изделиях. Основное несоответствие было в нестабильности величины зазора и параллельности между плоскостями статора и ротора ЛАД. Номинальный зазор между ротором (дном тележки) и статором ЛАД при параллельности плоскостей был принят не более 8 мм.

Поэтому для получения паспортных тяговых и силовых характеристик ЛАД необходимо было отрегулировать величину воздушного зазора до стабильного между его статором и ротором-днищем каждой тележки конвейерного поезда. Для такой регулировки сначала были измерены величины зазора каждой тележки с помощью специально созданного датчика на основе L-C генератора с несущей частотой 40 кГц. Блок-схема датчика представлена на рис. 2.

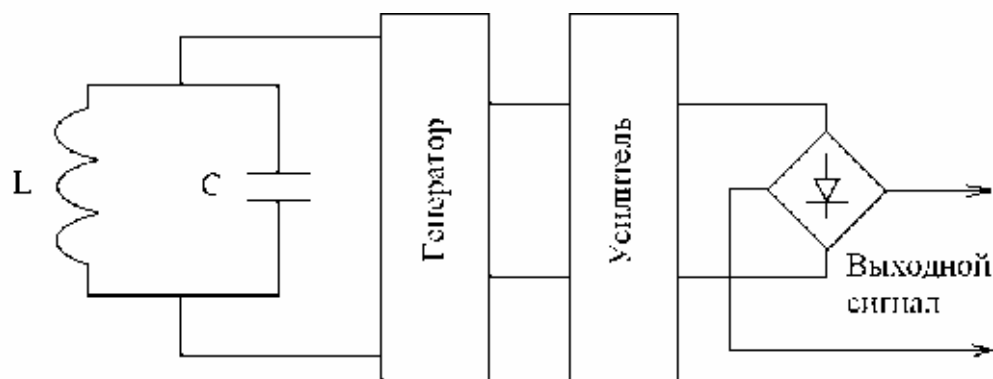


Рис. 2 - Блок-схема датчика измерения величины зазора между ротором и статором ЛАД

С целью достижения параллельности плоскости ротора и статора ЛАД при регулировке, измерение величины зазора производилась по трем линиям (слева, справа и по центру) см. рис. 3.

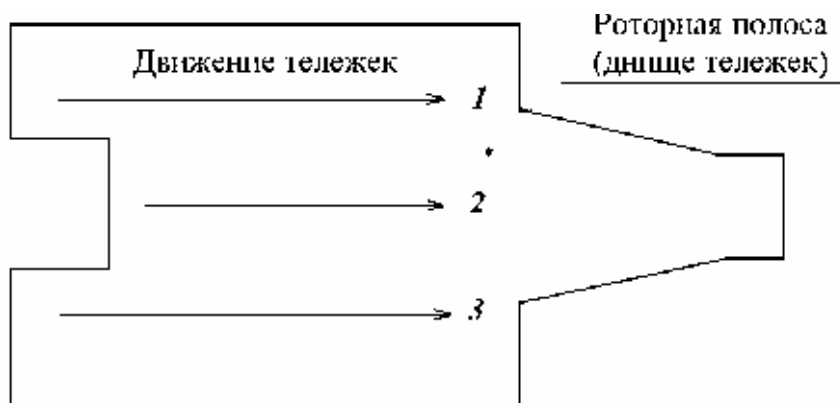


Рис. 3 – Схема измерений величины зазора между ротором и статором ЛАД

Активным элементом датчика является катушка индуктивности, которая устанавливается на одном уровне с поверхностью статора ЛАД. При измерении величины зазора в контуре L-C происходит изменение частоты, что приводит к изменению уровня выходного сигнала, который поступает на гальванометр светового осциллографа. График тарировки датчика представлен на рис. 4.

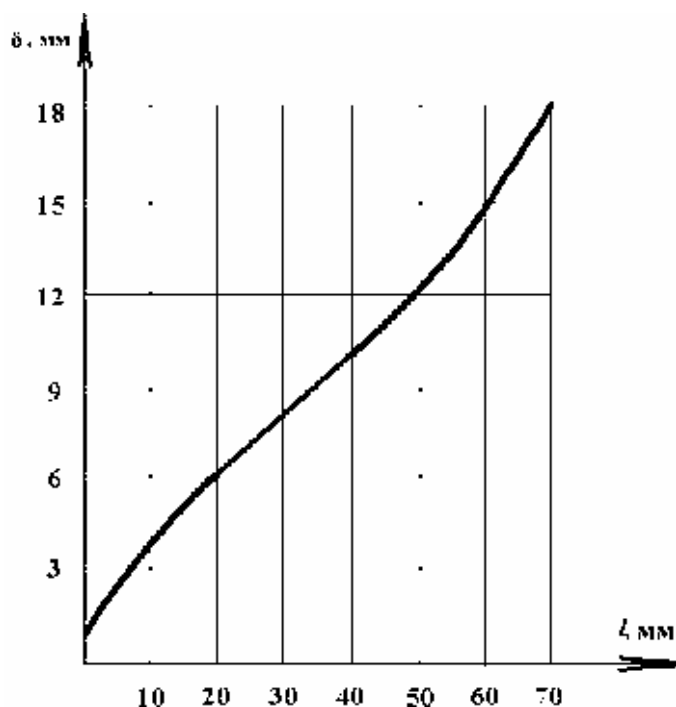


Рис. 4 – График тарировки датчика измерения зазора между ротором и статором ЛАД

После измерения величины зазоров под каждой тележкой по трем линиям была получена информация отклонений по всем тележкам конвейерного поезда. Регулировка до величины номинального зазора по центру тележек производилась с помощью восьмигранной эксцентричной обоймы, установленной в сцепках тележек. Поворот обоймы на  $45^\circ$ , т.е. на одну грань, поднимал или опускал переднюю часть тележки на 2,5 мм. Величины зазоров левой и правой сторон тележек регулировались опусканием или подъемом колесной оси относительно рам тележек.

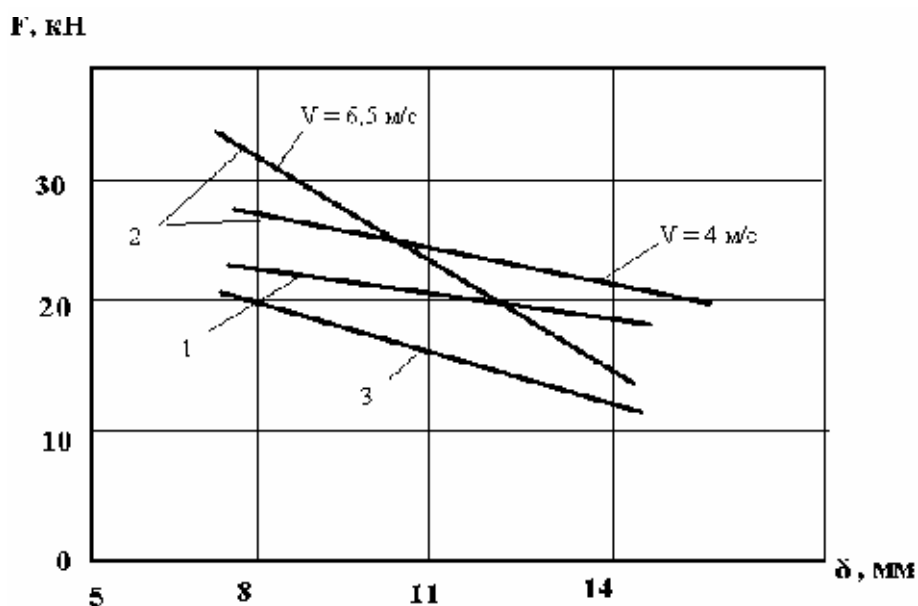
Экспериментальные исследования ЛАД при нескольких стабильных величинах зазора между статором и ротором по всему поезду позволили получить зависимости тормозных и тяговых характеристик от размеров зазоров. График зависимости тормозных и тяговых усилий от величины зазора между ротором и статором ЛАД представлен на рис. 5.

Итак, при стабильной величине зазора между статором и ротором ЛАД  $\delta=8$  мм, при противовключении тормозное усилие, полученное экспериментально равнялось  $F_{\text{торм}} \approx 20,0$  кН. При увеличении зазора тормозное усилие уменьшается (см. рис. 5, зависимость 3).

Торможение конвейерного поезда противовключением ЛАД может успешно осуществляться при горизонтальном положении трасс. Но так как конвейерные поезда и другие виды карьерного транспорта работают в основном на участках наклонных трасс до  $20^\circ$ , поэтому такой способ торможения не может быть применен.

Существующие широко известные различные колесные тормоза при наклонах трасс более  $3^\circ$  также не могут быть применимы из-за ограничения сцепления колеса с рельсом «юз». На известных конвейерных поездах отечественных

и зарубежных конструкций, как правило, тормозом служит привод.



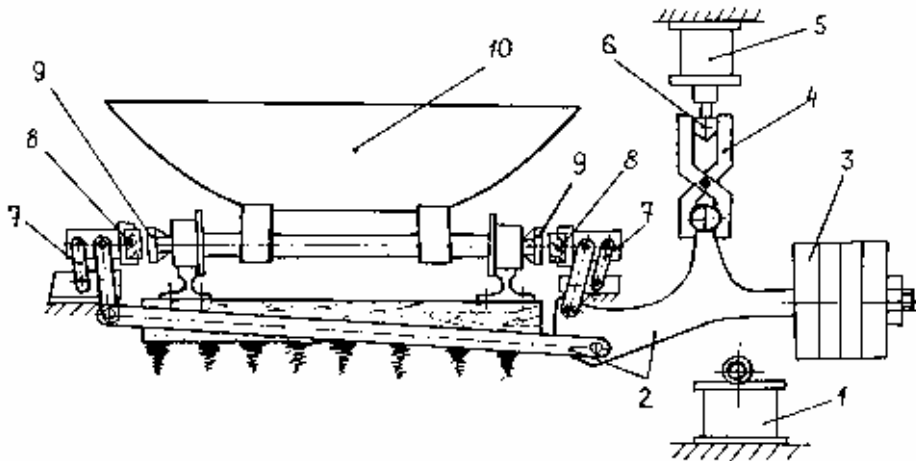
1 – при пуске конвейерного поезда; 2 – при пуске движущегося конвейерного поезда; 3 – при торможении конвейерного поезда противовключением

Рис. 5 – График зависимости тяговых усилий  $F_T$  ЛАД от воздушного зазора  $\delta$ , мм в режимах

Изготовленный для Рыбальского опытно-промышленного участка конвейерный поезд с приводом ЛАД в своем подвижном составе не содержит источника энергии. В случае аварийного отключения электроэнергии конвейерный поезд, движущийся по наклонному участку трассы, становится неуправляемым. Из-за приведенных выше ограничений существующих тормозов было проработано несколько тормозных систем, которые можно применить в данном случае. После проверки работоспособности надежности нескольких тормозных систем, было принято решение детальной проработки и изготовления тормоза с внешним захватом. Такая тормозная система удовлетворяет основным требованиям и обеспечивает безопасность и надежность работы конвейерного поезда в данных условиях, а также может служить как для рабочего, так и для аварийного торможения.

На рис. 6 представлена принципиальная схема принятого к изготовлению аварийного тормоза.

Аварийный колодочный тормоз работает следующим образом: при обесточивании электромагнита, подпружиненный распорный клин выходит из рычагов клещеобразного ловителя. При этом освобождается траверса контргруза. Контргруз, опускаемый под действием силы тяжести и при помощи рычажной системы, воздействует на тормозные колодки, которые смещаются на 30 мм каждая, оставаясь параллельными одна другой, прижимаются к тормозным лонжеронам конвейерного поезда и тормозят его.



1 – подъемник; 2 – система рычагов; 3 – контрогруз; 4 – ловитель; 5 – электромагнит; 6 – распорный клин; 7 – поддержки колодок; 8 – тормозная колодка; 9 – тормозной лонжерон; 10 – тележка конвейерного поезда

Рис. 6 – Схема аварийного колодочного грузового тормоза конвейерного поезда

Плавность опускания контргруза обеспечивает пневмоамортизатор (демпфер), поршень которого жестко связан с траверсой контргруза. Скорость падения контргруза регулируется пневмоамортизатором и принята равной 0,5-0,6 секунды. Обесточиться электромагнит может случайно или управляемо. В первом случае тормоз срабатывает автоматически. При необходимости расторможения конвейерного поезда, оператор включает на пульте управления пусковую кнопку. При этом рейки двух стрелочных переводов втягиваются, поднимая траверсу контргруза, замковое устройство которой входит в захватный зев ловителя. В этом положении включается электромагнит, который вводит распорный клин между рычагами ловителя, фиксируя траверсу контргруза в верхнем положении. После втягивания реек стрелочных переводов происходит переключение приводов на реверс, и рейки выдвигаются, обеспечивая подготовку аварийного грузового тормоза к очередному срабатыванию. Стрелочные переводы в этом положении отключаются автоматически.

На основании «Правил Безопасности» и тормозных расчетов, тормозной путь конвейерного поезда, был принят в пределах 46-47 м, то есть, меньше длины поезда на 3-4 м. При таком решении вопроса установка тормозов по трассе производилась на расстоянии 46 м друг от друга. При таком расстоянии тормозов обеспечивается непрерывность процесса торможения.

Зная скорость движения конвейерного поезда в момент начала торможения и время торможения от  $V_n$  до  $V_0$ , можно определить замедление

$$a = \frac{V_n - V_0}{t}, \text{ м/с}^2;$$

или же по длине тормозного пути и скорости в момент начала торможения

$$a = \frac{V_n^2}{2S}, \text{ м/с}^2.$$

Тормозной путь определится по формуле:

$$S = \frac{V_n^2}{2a}, \text{ м.}$$

Время торможения: если  $V_0=0$ , то  $t = \frac{V_n}{a}$ , с.

Учитывая, что конвейерный поезд работает на наклонной трассе при расчетах необходимо учитывать составляющую силы от веса на данном уклоне

$$F_{ск} = Q \cdot \sin \alpha, \text{ Н}$$

и сопротивление движению  $\omega$ , которое в данном случае определяется экспериментально.

Определение сопротивления движению конвейерного поезда ( $\omega$ ) производилось специально проведенными опытами по измерению ускорения поезда ( $a_y$ ) при свободном движении вниз на наклонном прямолинейном участке трассы и замедления ( $a_z$ ) при движении поезда вверх на том же участке. Фактические значения ускорений и замедлений были определены на осциллограмме по отметкам датчика скорости и отметкам датчика времени осциллографа. Зная значения ускорения ( $a_y$ ), замедления ( $a_z$ ) и массу конвейерного поезда ( $Q$ ) сила сопротивления движению определится по формуле:

$$\omega = \frac{Q}{2} (a_z - a_y), \text{ Н.}$$

Тормозное усилие  $F_{торм}$ , действующее на конвейерный поезд, можно записать в виде формулы

$$F_{торм} = \kappa \cdot P_{пр} \cdot n \pm (Q \cdot \sin \alpha - \omega), \text{ Н,}$$

где  $\kappa$  – коэффициент трения тормозной колодки о тормозной лонжерон конвейерного поезда;  $P_{пр}$  – усилие прижатия колодки к лонжерону;  $n$  – число тормозных колодок;  $Q$  – масса конвейерного поезда;  $\alpha$  – угол наклона трассы;  $\omega$  – сила сопротивления движению поезда;  $Q \cdot \sin \alpha$  – составляющая силы от веса на уклоне.

Коэффициент трения ( $\kappa$ ) определяется





$$\sigma = \frac{P \cdot h}{b \cdot S^2}, \text{ Па,}$$

$$6$$

где  $P$  – усилие, вызывающее изгибные напряжения рычага при торможении;  $h$  – плечо действия силы;  $b$  – ширина сечения тела рычага в месте ослабления;  $\sigma$  – принятые напряжения по чувствительности тензодатчиков, Па;  $d$  – толщина рычага в ослабленном месте.

По значениям напряжений ( $\sigma$ ), удовлетворяющим точности и надежности измерений тензометрическим методом, геометрическим размерам, по условиям прочности, определим толщину рычага в месте выполнения измерительной площадки

$$d = \sqrt{\frac{6 \cdot P \cdot h}{\sigma \cdot b}}.$$

По расчетным данным при торможении конвейерного поезда будут возникать напряжения 40-50МПа, что достаточно для точности измерений принятым методом. Наклеенные тензодатчики в данном случае соединялись по схеме полного измерительного моста, а для повышения чувствительности в каждое плечо измерительного моста включалось по два тензодатчика рис.8.

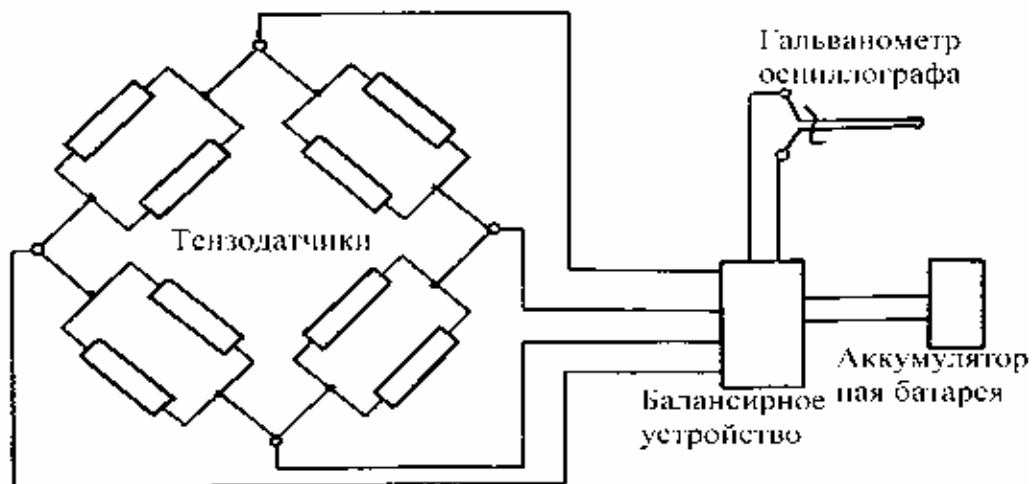


Рис. 8 – Схема измерительного моста с двумя тензодатчиками в плече

Тарировка датчиков измерительных рычагов тормоза производилась с помощью тали на 100 кН и динамометра NY78 с индикаторной головкой N243544, которые прошли Госпроверку перед измерениями, через каждые 5,0 кН до 30,0 кН. Результаты тарировки каждой тормозной колодки записывались на осциллограмму светолучевым осциллографом типа Н004.

Величина и характер усилий прижатия тормозных колодок к лонжеронам

конвейерного поезда в процессе торможения регистрировались тензометрическим методом. Для этого был разработан и рассчитан тензометрический палец, на две противоположно расположенные площадки которого, были наклеены фольговые тензодатчики с базой 10 мм. Механические напряжения, возникающие в сечении тензометрического пальца, определялись по формуле

$$\sigma = \frac{M}{W}, \text{ Па,}$$

в данном случае  $M=P \cdot l$ , Н·м;  $W = \frac{d^3}{6}$ , м<sup>3</sup>, но  $b=d$ , поэтому  $W = \frac{b^3}{6}$ , м<sup>3</sup> а

$$\sigma = \frac{P \cdot l}{\frac{b^3}{6}}, \text{ Па,}$$

где  $P$  – действующее усилие, Н;  $l$  – плечо, м.

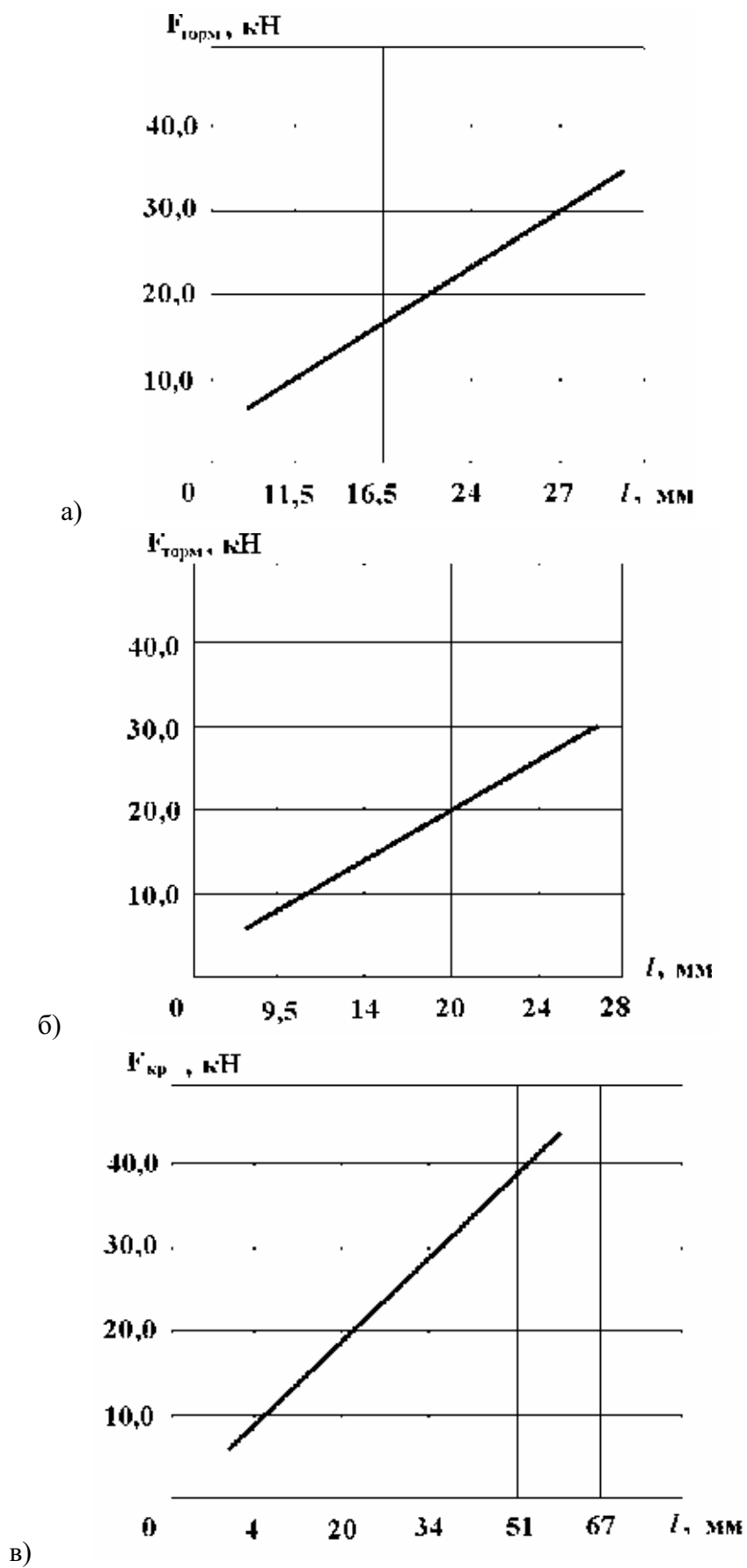
Соединение, наклеенных на площадках тензометрического пальца тензодатчиков, производилось по схеме полного измерительного моста рис. 8

Тарировка датчика тензометрического пальца производилась при помощи винтового пресса непосредственно на исследуемом тормозе с помощью специальной рамы и того же динамометра, что и при тарировке датчиков тормозных колодок через каждые 5,0 кН до 50,0 кН. Графики тарировок датчиков тормозных колодок и тензометрического пальца приведены на рис.9.

Измерение скорости движения конвейерного поезда перед началом и на всем пути процесса торможения до остановки производилось специально разработанным датчиком. На осциллограмме фиксировалась скорость движения поезда на каждом метре пройденного пути. С помощью отметчика времени осциллографа определяется изменение скорости движения по времени через каждые 0,1 с.

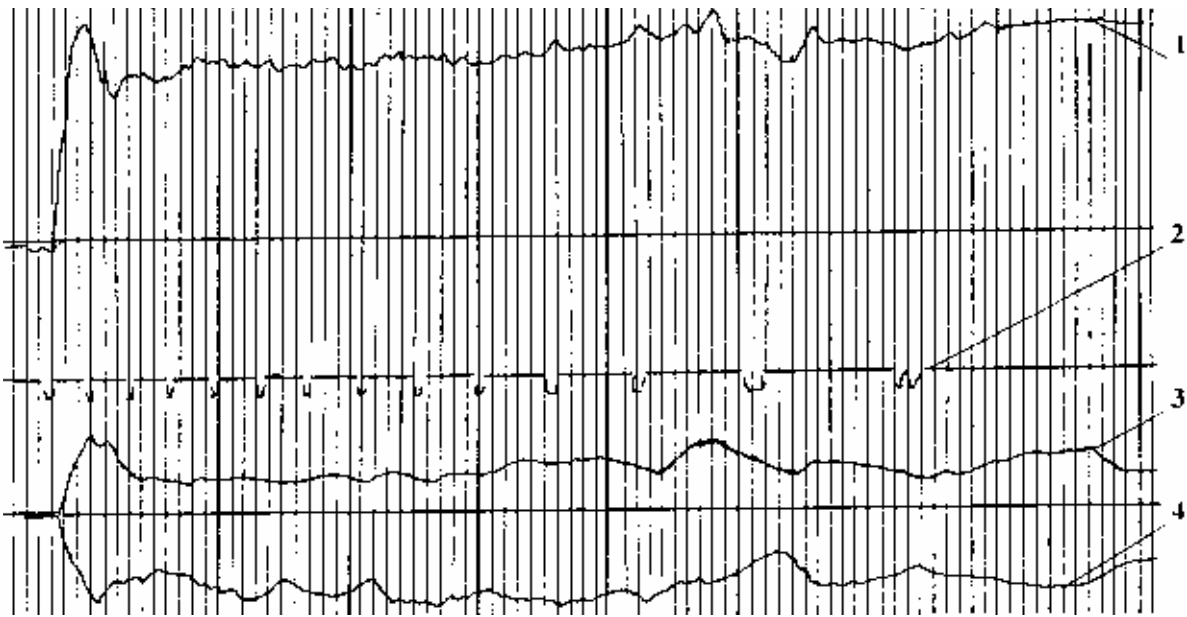
На рис. 10 представлена осциллограмма, на которой записаны следующие параметры экспериментальных исследований тормоза:

1. – Усилие прижатия тормозных колодок к лонжеронам.
2. – Отметки датчика скорости.
3. – Тормозное усилие левой тормозной колодки.
4. – Тормозное усилие правой тормозной колодки.



а – левая тормозная колодка; б – правая тормозная колодка; в – тензометрический палец

Рис. 9 – Графики тарировки датчиков тормозных и прижимных усилий

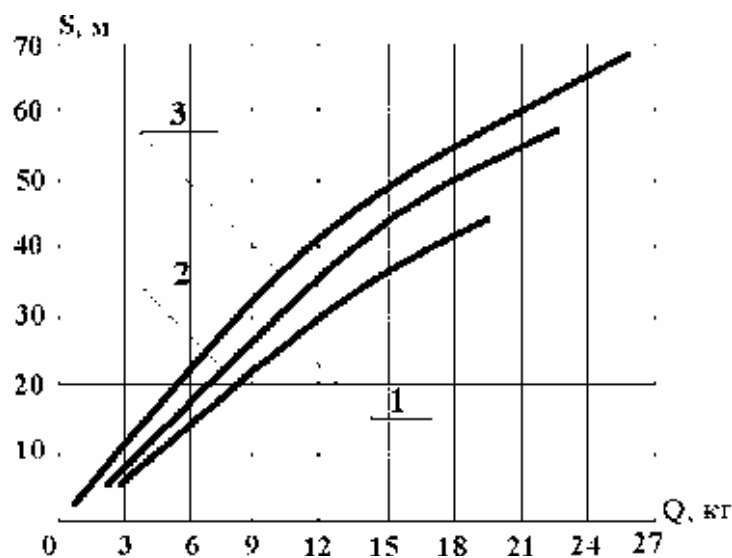


1 – прижимное усилие колодок к лонжерону, кН; 2 – отметки датчика скорости, м/с;  
3 – тормозное усилие левой колодки, кН; 4 - тормозное усилие правой колодки

Рис. 10 – Осциллограмма значений процесса торможения

На осциллограмме тормозное усилие после остановки поезда соответствует составляющей силы от веса, за вычетом силы сопротивления движению, так как поезд остановлен на наклонном участке трассы.

Согласно методики проведения экспериментальных исследований тормоза, проводилась запись параметров процесса торможения, при уменьшении на 20% и увеличении на 20% тормозного груза. Графики полученных зависимостей  $S_T=f(t_{\text{торм.}})$ ,  $F_T=f(m_{\text{торм.гр.}})$ ,  $S_T=f(V_{\text{н.торм.}})$  приведены на рис. 11-13.



1 – при массе тормозного груза  $m=600$  кг; 2 – при массе тормозного груза  $m=500$  кг; 3 – при массе тормозного груза  $m=400$  кг

Рис. 11 – График зависимости тормозного пути ( $S$ , м) от времени торможения, с

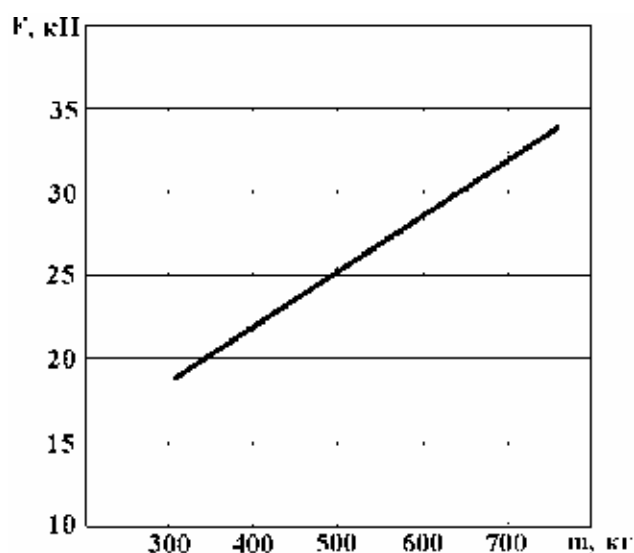
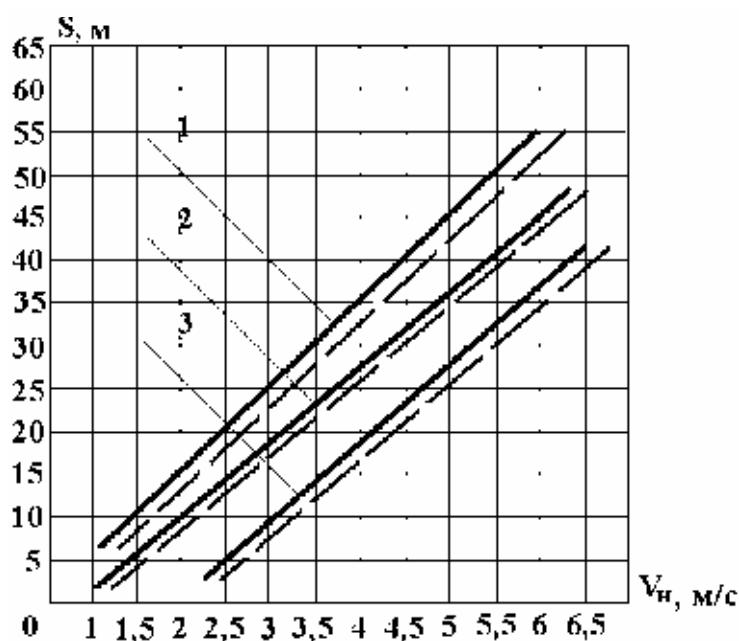


Рис. 12 – График зависимости тормозных усилий от массы тормозного груза



1 – при уменьшенной массе на 20% тормозного груза; 2 – при расчетной массе тормозного груза; 3 – при увеличенной массе на 20% тормозного груза. Сплошная линия – экспериментальные данные, пунктирная линия – расчетные данные

Рис. 13 – График зависимости тормозного пути  $S$ , м от скорости начала торможения  $V_n$

Зависимости  $S_T=f(t_{\text{торм.}})$ ,  $F_T=f(m_{\text{торм.гр.}})$ ,  $S_T=f(V_n \text{ торм.})$ , показывают, что при увеличении массы тормозного груза исследуемого тормоза от 400кг до 600кг они изменяются почти линейно. Для надежности процесса торможения и обеспечения параметров торможения в принятом диапазоне, номинальной массой тормозного груза была принята масса  $m=600$  кг.

При исследованиях тормоз в таком режиме работал безотказно, тормозной путь конвейерного поезда не превышал допустимого, замедление находилось в диапазоне  $a_z \approx 0,3-0,4$  м/с<sup>2</sup>, что не превышает допустимого (0,8 м/с<sup>2</sup>), при котором происходит перемещение горной массы вдоль тележек конвейерного поезда

да.

## ВЫВОД

Таким образом, исследования технико-экономических показателей при транспортировании горной массы конвейерными поездами или автомобилями определили преимущества первого вида транспорта перед другим.

Приведенные результаты экспериментальных исследований разработанного грузового аварийного тормоза, показали его работоспособность и надежность работы при торможении конвейерного поезда.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тартаковский Б.Н., Вишняков В.С., Пригунов А.С. и др. Конвейерные поезда конструкции ИГТМ АН УССР. Обзор ЦНИЭП. – М., 1980.
2. А.С. №962073, СССР МКИ В61К 7/02. – Тормозное и аварийное устройство. – Б.Н. Тартаковский, С.М. Бро, В.Т. Куприй, Э.М. Паршкин и С.М. Пилипчук, опубликовано в БИ, 1982, №36.
3. Шуткевич Б.А. Основы тензометрии. – Изд-во «Высшая школа». – Минск, 1975..
4. Байда Л.И., Добровольский Н.С. и др. Электрические измерения. – Энергия. – Л., 1980.

УДК 622.012:620.92

И.Ф. Чемерис

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ШАХТНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ С РАЗЛИЧНЫМИ КОГЕНЕРАЦИОННЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ

Показано перевагу створення шахтних енергетичних комплексів з когенерацією на базі газових двигунів. Ці енергокомплекси при менших капітальних витратах і однаковому річному виробітку теплової енергії дозволяють виробляти майже в два рази більш електричної енергії, чим комплекси з когенерацією на базі парових турбін.

## THE COMPARATIVE ANALYSIS OF EXPONENTS OF MINE POWER COMPLEXES WITH DIFFERENT TECHNOLOGIES OF COGENERATION

The preferability of making of mine power complexes with cogeneration on the basis of gas engines is rotined. These power complexes at smaller investment costses and identical annual development of a thermal energy allow to work out almost twice more electrical energy, than complexes with cogeneration on the basis of steam turbines.

Одним из наиболее перспективных направлений реструктуризации угольной промышленности является диверсификация угледобывающих предприятий в направлении углубленной переработки угля на месте его добычи путем производства тепловой и электрической энергий в шахтных энергетических комплексах [1]. Экономическая эффективность энергетических комплексов на базе угольных шахт обусловлена:

- низкой стоимостью используемого топлива (низкосортный необогащенный уголь, отходы углеобогащения, шахтный метан);
- реализацией принципа когенерации, т.е. выработкой электроэнергии на тепловом потреблении;