

С.В. Тынына, мл. науч. сотр.  
(ИГТМ НАН Украины)

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ТЕМПЕРАТУРЫ ТУПИКОВЫХ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК ГЛУБОКИХ ШАХТ

**Аннотация.** Описана экспериментальная лабораторная установка модели тупиковой подготовительной выработки с регулируемыми геометрическими и термодинамическими параметрами. Приведен пример моделирования процесса нормализации температуры методом полного многофакторного эксперимента при варьировании четырьмя безразмерными параметрами.

**Ключевые слова:** экспериментальная модель, тупиковая выработка, активный эксперимент, нормализация температурных условий

S.V. Tynyna, Junior Researcher  
(IGTM NAS of Ukraine)

## THE EXPERIMENTAL SETUP OF THE RESEARCH ON REDUCING THE TEMPERATURE OF THE DEADLOCK ADVANCE WORKINGS DEEP MINES

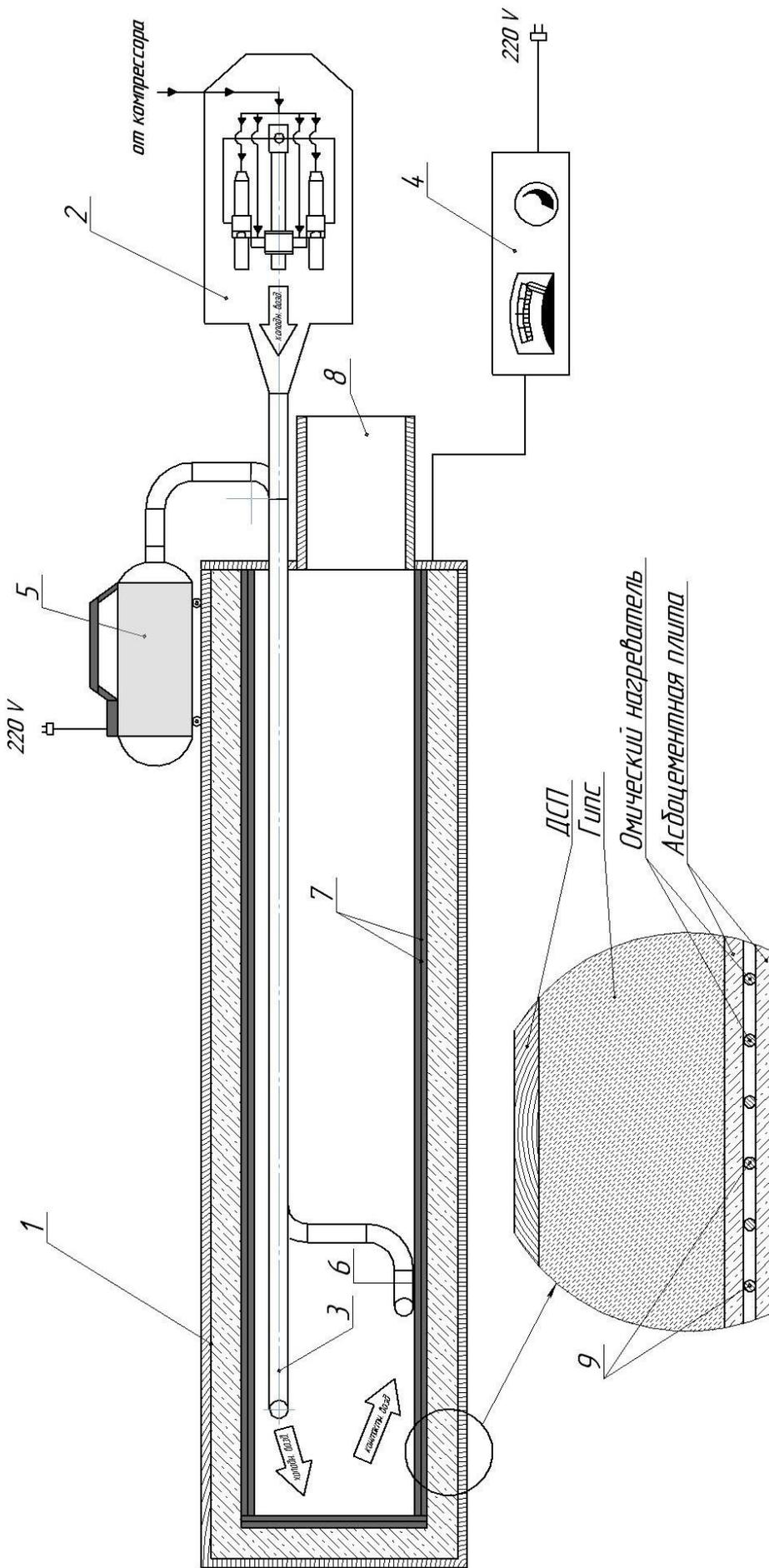
**Abstract.** Here described the experimental laboratory setting of the dead-end production with the regulation of geometrical and thermodynamic parameters. It is provided by the example modeling the process of normalization the temperature with the help of full multifactor experiment by varying of 4 dimensionless parameters.

**Keywords:** experimental model, a dead-end development, active experiment, the normalization of temperature conditions

Исследование процесса нормализации температурных параметров шахтной атмосферы в системе тупиковой подготовительной выработки на больших глубинах, крайне затруднено. Это особенно сложно, когда предметом исследования являются параметры процесса нормализации шахтной атмосферы [1, 2].

Изучение данного процесса в эксплуатационных условиях требует, прежде всего, длительного наблюдения [3, 4]. В обычных условиях объект исследования практически не управляем по отношению к температуре атмосферы, необходима специальная доработка системы нормализации под условия каждой выработки. Последнее определено большими перепадами температуры в системе выработок. Поэтому наиболее целесообразно предварительное моделирование такого процесса в лабораторных условиях на специально разработанном стенде с последующей проверкой полученных результатов в промышленных условиях шахты.

Для проведения лабораторных исследований способов снижения температуры подготовительных выработок в ИГТМ НАН Украины им. Н.С. Полякова была разработана и изготовлена экспериментальная установка, конструктивная схема которой представлена на рисунке 1, а общий вид – рис. 2.



1-корпус модели выработки; 2- вихревой кондиционер; 3- проветривающий канал; 4- блок управления нагревом; 5- устройство отсоса нагретого (проконтактированного) воздуха; 6 канал отвода нагретого воздуха; 7- облицовочные пластины; 8- смотровое окно; 9- омический нагреватель

Рис. 1– Схема лабораторной установки для исследования способов снижения температуры подготовительных шахтных выработок

Основным элементом данной установки является модель тупиковой подготовительной выработки 1 (рис. 1), выполненная в масштабе 1:100 с поперечным сечением  $f_m = 0,20 \text{ м}^2$ .

Корпус модели 1 изготовлен из ламинированного ДСП, внутрь которого уложены гипсовые блоки, формирующие пространство модельной выработки.

Для создания температурных условий, аналогичных реальным, в модели установлены омические нагревательные элементы 9, при помощи которых достигается нагрев установки до имитируемой температуры вымещающих пород. Нагревательные элементы установлены между асбоцементными пластинами 7.

Управление нагревом установки осуществляется блоком управления 4, питающимся от внешней электрической сети 220 В. Регулировка нагрева, осуществляется вращением регулятора 3 (рис. 3), с визуальным контролем напряжения по шкале 2.

Проветривание выработки осуществляется нормализованным воздухом, который генерируется кондиционером 2 [5-9]. Данный кондиционер был специально разработан и изготовлен для проведения подобных исследований [10]. Подача проветривающего воздуха в выработку происходит по каналу 3. Отведение нагретого воздуха, который проконтактировал с поверхностью забоя, осуществляется с помощью центробежных устройств 5, через канал отсоса 6.

Основные технические характеристики экспериментальной установки приведены в таблице 1.

Приведём пример проведения исследований с использованием данной установки.

При принудительной схеме проветривания с отводом (отсосом) горячего воздуха (рис. 4) эффективность нормализации температуры шахтной атмосферы характеризуется следующими параметрами [11]:



Рис. 2 – Общий вид экспериментальной установки для исследования методов снижения температуры тупиковых подготовительных выработок

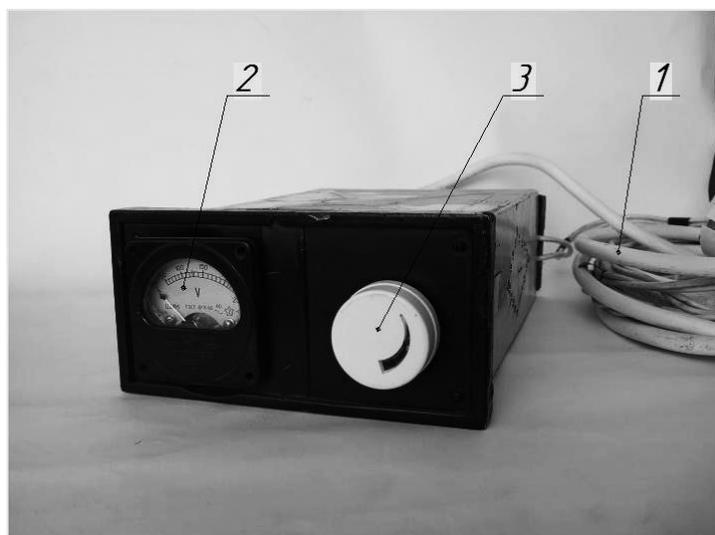


Рис. 3 – Общий вид блока управления нагревом выработки

Таблица 1 – Технические характеристики установки для исследования методов нормализации температурных параметров тупиковых подготовительных выработок

Наименование параметра	Единицы измерения	Величина	Примечание
Габаритные размеры модели:	м		
-Длина		0,40	
-Ширина		0,60	
-Высота		0,55	
Внутренние размеры выработки:	м		
-Длина		0,35	
-Высота		0,40	
-ширина		0,50	
Диапазон моделируемых температур	°С	15-80	
Разряжение отсоса нагретого воздуха:	мм. вод. ст.		
- I ступень		150	
-II ступень		150	
-III (I+II) ступень		300	
Напряжение питания	В	220	
Потребляемая мощность установки (max) -	Вт	2000	

$$\frac{dT}{d\tau} = f(V_{вс}, l_{ос}, d_c, f_c, T_{вс}, T_c, V_{от}, F_v, v_{вс}, \tau), \quad (1)$$

где  $\frac{dT}{d\tau}$  – скорость падения

температуры стенки выработки;

$V_{вс}$  – скорость воздуха на выходе из става;

$l_c$  – расстояние от става до поверхности забоя;

$d_c$  – диаметр става;

$f_c$  – площадь става;

$T_{вс}$  – температура воздуха на выходе из става;

$T_{вс}$  – начальная температура стенки выработки;

$F_v$  – площадь выработки;

$v$  – влажность воздуха в выработке;

$\tau$  – время проветривания выработки.

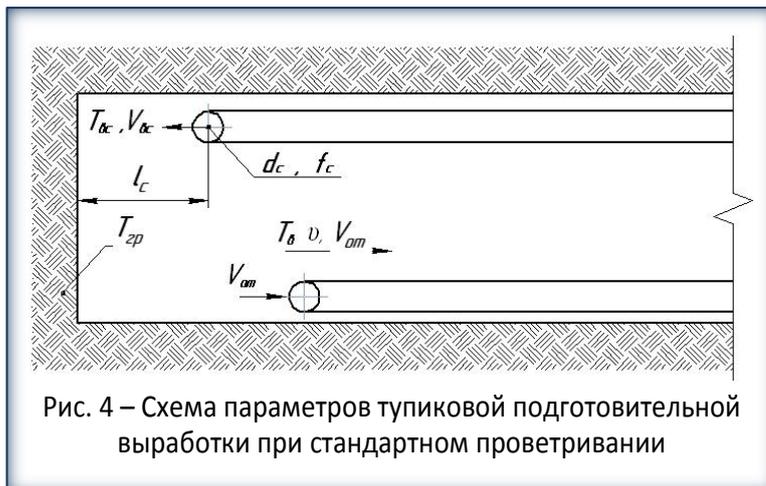


Рис. 4 – Схема параметров тупиковой подготовительной выработки при стандартном проветривании

Чтобы выявить влияние каждого из 10 факторов потребуется большое количество экспериментов, даже если воспользоваться современными методами рационального планирования экспериментов [12]. В связи с этим согласно [13] число исследуемых факторов целесообразно сократить. Это можно сделать, например, исключив из рассмотрения те из них, которые не управляемы с достаточной точностью, например – влажность. А такой параметр, как время – стабилизировать.

Под стабилизацией времени следует понимать выбор такого отрезка, в течение которого, будет проводиться регистрация параметров одного опыта.

Количество факторов может быть уменьшено так же путём их обезразмеривания, в данном случае, целесообразно их представить в таком виде:

$$\frac{V_{вс}}{V_{от}}, \frac{l_{ос}}{d_c}, \frac{F_v}{f_c}, \frac{T_c}{T_{вс}}. \quad (2)$$

где  $\frac{V_{\text{вв}}}{V_{\text{вв}}}$  – относительная скорость воздуха при нормализации (проветривании);  
 $\frac{l_{\text{ос}}}{d_c}$  – относительное расстояние от става до поверхности торца забоя, выраженное в диаметрах става;  
 $\frac{F_e}{f_c}$  – относительная площадь выработки;  
 $\frac{T_c}{T_{\text{вс}}}$  – относительный перепад температур стенки и нормализующего воздуха.

Таким образом, (1) с учётом (2) примет вид:

$$\frac{dT}{d\tau} = f \left( \frac{V_{\text{вв}}}{V_{\text{ом}}}, \frac{l_{\text{ос}}}{d_c}, \frac{F_e}{f_c}, \frac{T_c}{T_{\text{вс}}} \right). \quad (3)$$

**Выводы.** Выполнение на экспериментальном оборудовании лабораторных исследований позволит охватить максимальное количество основных параметров процесса. При этом многофакторный анализ безразмерных величин показал, что при их двухуровневом варьировании необходимо было выполнить 16 опытов, достаточно необходимых для построения регрессионной модели процесса. Вместе с тем, следует отметить, что при однофакторном эксперименте таких опытов потребовалось бы более 2000, не учитывая необходимости неоднократного их дублирования.

Для описанного выше примера изменение  $l_{\text{ос}}, f_e, T_c, V_{\text{ом}}$  обеспечивается регулируемыми средствами стенда с достаточно высокой точностью.

В заключение необходимо отметить, что проведение запланированных экспериментов в лабораторных условиях позволит экономить значительное количество средств и времени, а также ускорит подготовку и проведение таких же экспериментов в промышленных условиях.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Перепелица, В.Г. К вопросу о возможности применения вихревых охладителей при создании систем кондиционирования тупиковых выработок глубоких шахт / В.Г. Перепелица, С.В. Тынына // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр. / ИГТМ НАН Украины. – 2008. – Вып. 77. – С. 154-159.
2. Бойко, В.А. К вопросу о выборе способа и средств нормализации тепловых условий в подготовительных горных выработках глубоких шахт Добасса в период их проходки/ В.А. Бойко, А.В. Бойко // Науковий вісник НГУ. – Днепропетровск, 2004.
3. Бойко, В.А. Структура и математическая модель системы охлаждения горного массива глубокой шахты / В.А. Бойко // Науковий вісник НГУ. – Днепропетровск, 2004.
4. Гутенберг, Б. Физика земных недр / Б. Гутенберг // М.: Мир, 1983. – 264 с.
5. Меркулов, А.П. Вихревой эффект и его применение в технике/ А.П. Меркулов. – М.: Машиностроение, 1981. – 184 с.
6. Патент на полезную модель № 31326 Украина, ПМК(2006) F04F 5/00, B02C 19/6, G01M 9/00, Кольцевое эжекторное устройство / С.В. Тынына, А.И. Астапов, А.Д. Чаплиц, Н.И. Тоцкая, Ю.С. Яцук. – № u200706582; Заявл. 12.06.2007; Опубл. 10.04.2008, Бюл.№7. – 4 с.
7. Перепелица, В.Г. О возможности повышения эффективности вихревых шахтных кондиционеров / В.Г. Перепелица, С.В. Тынына, В.В. Власенко [и др.] // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр. – 2009. – №82. – С. 113-119.
8. Перепелица, В.Г. О возможности применения тепловых насосов для нормализации параметров шахтной атмосферы в процессе разработки месторождений на больших глубинах / В.Г. Перепелица, С.В. Тынына, Э.С. Ключев // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр. – 2009. – №81. – С. 211-219.

9. Тынына, С.В. Применение вихревых кондиционеров для нормализации микроклимата тупиковых подготовительных выработок глубоких шахт // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр. – 2011. – №95. – С. 149-153.
10. Тынына, С.В. О повышении эффективности систем местного кондиционирования тупиковых подготовительных выработок глубоких шахт // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр. – 2011. – №94. – С. 266-271.
11. Цейтлин, Ю.А. Проектирование и эксплуатация шахтных систем кондиционирования воздуха / Ю.А. Цейтлин, Т.Г. Абрамова, В.И. Могилевский [и др.]. – М.: Недра, 1983. – 261 с.
12. Налимов, В.В. Статистические методы планирования экспериментов / В.В. Налимов, Н.А. Чернова. – М.: Наука, 1983. – 340 с.
13. Окунь, Я. Факторный анализ / Я. Окунь. – М.: Статистика, 1974. – 200 с.

#### REFERENCES

1. Perepelica, V.G. and Tynyna, S.V. (2008) "To question about possibility of the using вихревых chillers when making the systems of the air-conditioning of the dead-end productions of the deep mines", *Geotekhnicheskaya Mekhanika* [Geo-Technical Mechanics], no. 77, pp. 154-159
2. Boiko, V.A. and Boiko, A.V. (2004) "To question about choice of the way and facilities to normalizations of the heat conditions in starting-up mountain production of the deep mines Donbass at period their passed", *Naukovyi Vistnyk NGU* [Scientific Bulletin of Noational Mining University],
3. Boiko, V.A. and Boiko, A.V. (2004) "Structure and mathematical system model of the cooling the mountain array of the deep mine", *Naukovyi Vistnyk NGU* [Scientific Bulletin of Noational Mining University],
4. Gutenberg, B. (1983) *Fizika zemnyh nedr* "Physics of the terrestrial depths", Mir, Moscow, Russia.
5. Merkulov, A.P. (1981) *Vihrevoi effect I ego primenenie v tehnikе* "Vortex effect and his using in tekhnics", Mashnostroenie, , Moscow, Russia.
6. Tynyna, S., Astapov, A., Chaplic, A., Tockya, N., Yacuk, Yu. SVT Servis (2008), *Kolcevoe ezhektornoe ustroistvo*, State Register of Patents of Ukraine, Kiev, UA, Pat. № 31326.
7. Perepelica, V.G. Tynyna, S.V. and Vlasenko, V.V (2009) "About possibility of increasing to efficiency vortex mine conditioner", *Geotekhnicheskaya Mekhanika* [Geo-Technical Mechanics], no. 82, pp. 113-119
8. Perepelica, V.G. Tynyna, S.V. and Kluev, E.S. (2009) "About possibility of increasing to efficiency vortex mine conditioner", *Geotekhnicheskaya Mekhanika* [Geo-Technical Mechanics], no. 81, pp. 211-219
9. Tynyna, S.V. (2011) "To increase the efficiency of the local climate deadlock development workings of deep mines", *Geotekhnicheskaya Mekhanika* [Geo-Technical Mechanics], no. 94, pp. 266-271
10. Tynyna, S.V. (2011) "The use of vortex of air conditioners to normalize the climate deadlock development workings of deep mines", *Geotekhnicheskaya Mekhanika* [Geo-Technical Mechanics], no. 95, pp. 149-153
11. Ceitlin, Yu. A., Abramova, T.G. and Mogilevskiy, V.I. [to other] (1983) "Design and operation of the mine air conditioning systems", Nedra, Moscow, Russia.
12. Nalimov, N.A., and Chernova, N.A. (1983) "Statistical methods for design of experiments", Nauka, Moscow, Russia.
13. Okun, Ya. (1974) "Factor analysis", Statistika, Moscow, Russia.

---

#### Об авторе

**Тынына Сергей Владимирович**, младший научный сотрудник в отделе механики эластомерных конструкций горных машин, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАН Украины), Днепропетровск, Украина, haritonroots@gmail.com

---

#### About the author

**Tynyna Sergey Vladimirovich.**, Junior Researcher in Department of Elastomeric Component Mechanics in Mining Machines, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Science of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, , haritonroots@gmail.com

В.И. Дырда, д-р техн. наук, профессор  
(ИГТМ НАН Украины),  
В.Н. Пухальский, канд. техн. наук  
(ВостГОК),  
Н.И. Лисица, канд. техн. наук, ст. научн. сотр.,  
Е.Ю. Заболотная, инженер  
(ИГТМ НАН Украины)

## НЕКОТОРЫЕ ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ВИБРОПИТАТЕЛЕЙ ДЛЯ ВЫПУСКА И ДОСТАВКИ РУДЫ\*

**Аннотация.** В работе рассматриваются вопросы повышения эффективности работы горных питателей (увеличение производительности, уменьшение энергоёмкости) для выпуска и доставки руды за счёт конструктивных усовершенствований привода.

**Ключевые слова:** вибропитатель, производительность, инерционный вибровозбудитель, буферный виброизолятор, энергоёмкость

V.I. Dyrda, D. Sc. (Tech.), Professor  
(IGTM NAS of Ukraine),  
V.N. Pukhalsky, Ph. D. (Tech.)  
(Eastern Mining and Processing Plant),  
N.I. Lisitsa, Ph. D. (Tech.), Senior Researcher,  
E.Yu. Zabolotnaya, Engineer, First Category Engineer  
(IGTM NAS of Ukraine)

## SOME WAYS TO IMPROVE VIBRATORY FEEDERS PERFORMANCE FOR RELEASE AND DELIVERY OF ORE

**Abstract.** The problems of enhancing the effectiveness of mining feeders (higher performance, lower energy intensity) for the production and delivery of ore due to drive design improvements are considered in the paper.

**Keywords:** vibrating feeder, performance inertial vibration exciter, buffer isolator, energy intensity

Подземная разработка рудных месторождений характеризуется ухудшением горно-геологических и горнотехнических условий эксплуатации, снижением качества полезных ископаемых, переходом на большие глубины. Компенсировать влияние этих факторов можно за счёт повышения продуктивности используемого оборудования и усовершенствования технологических процессов. Основой технологического процесса подземной добычи урановых руд является выпуск отбитой горной массы из очистного пространства и её загрузка в транспортные средства. Процесс выпуска и загрузки занимает до 60 % всех затрат по системе добычи, а травматизм горных рабочих при этом достигает 50-60 % от общего количества при подземных горных работах [1].

На рисунке 1 приведены результаты исследований потребляемой мощности для различных типов питателей при выпуске и погрузке сыпучего материала из бункеров в зависимости от производительности пункта погрузки.

Анализ приведенных зависимостей показал, что затраты мощности на выпуск и погрузку одномассным вибрационным питателем минимальные по сравнению с пластинчатым, ленточным и другими видами питателей. Эти данные полу-

@ Дырда В.И., Пухальский В.Н., Лисица Н.И., Заболотная Е.Ю.

\*В разное время в работе принимали участие Поддубный И.К., Финогеев В.И. и др.