

для заточки ножей, ножниц и др.

Выводы. Фрикционные материалы очень нужны в различных отраслях, в разных направлениях, определяющих развитие всех отраслей промышленности, строительства, медицины и сферы услуг, прежде всего обработки строительных материалов, шлифовка гранитных плит, облицовочные всевозможные материалы, поделки, предметы произведения искусства, наждачная бумага и наждачные круги – вот готовый высокообразразивный материал (от порошка до плит), который в погоне за «черным золотом» и прибылью все бросают в шахтах, либо отваливают на террикон.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Wikipedia article [Элект.ресурс]: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Должанская-Капитальная>.
2. Горная энциклопедия: Анализ полезных ископаемых. [Текст]: Том 79. Горная энциклопедия, с. 726-730
3. Юшко, С. А. Методы лабораторного исследования пород, 4 изд. [Текст]:/ С.А. Юшко. - М.: Недра, 1971. – 231 с.
4. Митрофанов, С. И. Исследование полезных ископаемых на обогатимость [Текст]/ С.И. Митрофанов, Л. А.Барский, В. Д.Самыгин. - М.: Недра, 1974. – 319 с.
5. Крагельский, И. В. Трение и износ [Текст]/ И.В. Крагельский . - М.: Недра, 1968. – 277 с.
6. Зельцерман, И. М. Фрикционные муфты и тормоза гусеничных машин [Текст]/ И.М. Зельерман, Д. М.Каминский, А. Д. Онопо. - М.: Недра, 1965. – 269 с.
7. Мигунов, В. П. Современные фрикционные металлокерамические материалы и перспективы их использования в машиностроении / [Текст]: материалы в сборнике: Оптимальное использование фрикционных материалов в узлах трения машин, М., 1973. – С. 17-25.

УДК 622.002.5:621.8.031.4

В.П. Надутый, д.т.н., проф.,
В.В. Сухарев, к.т.н., науч.сотр.,
(ИГТМ им. Н.С. Полякова НАН Украины),
Д.В. Белюшин, асп.
(ГВУЗ «Национальный горный университет»)

АНАЛИЗ УДАРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КУСКОВОЙ ГОРНОЙ МАССЫ

С РАБОЧИМИ ПОВЕРХНОСТЯМИ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

У статті представлено експериментальні залежності напруги в робочому органі машини, часу удару і глибини контактного співудару від енергії удару та жорсткості пружних опор.

THE ANALYSIS OF SHOCK INTERACTION OF PIECE MOUNTAIN WEIGHT

With WORKING SURFACES OF MACHINES AND EQUIPMENT

Experimental dependencies of the stress are presented In article in worker organ machines, time of the shock and depths contact collision from energy of the shock and acerbity of the springs.

В условиях горного производства машины и оборудование испытывают значительные ударные нагрузки при взаимодействии с горной массой. На

участках погрузки, транспортировки, перегрузки, дробления, измельчения, классификации имеет место ударное взаимодействие рабочих органов машин и устройств с кусковой горной массой. К настоящему времени научные основы ударного взаимодействия твердых тел довольно глубоко разработаны [1–3], однако при решении практических задач возникают варианты взаимодействия, которые отличаются от идеальных расчетных схем. В этом случае неучтенные в них особенности (если они существенны) учитывают коэффициентами, которые определяются экспериментально или из корреляционных соображений. При этом во время расчета конструкций допускают увеличенные запасы прочности, что обеспечивает не только надежность работы устройств, но и приводит к значительной металлоемкости, увеличению энергопотребления и неоправданному удорожанию машины. Несмотря на повышенные запасы прочности при ударном контактном взаимодействии наблюдаются существенные деформации рабочих поверхностей. Кроме того, не вся энергия удара затрачивается на деформацию рабочего органа, а в ряде случаев ее значительная часть идет на разрушение падающих кусков горной массы.

Нарушение условий идеального контактного взаимодействия при наличии слоя горной массы на рабочей поверхности или специальной футеровки затрудняет принятие поправочных коэффициентов в расчетах ввиду недостаточной изученности ударного взаимодействия в таких условиях. Эксплуатация вибропитателей, работающих в условиях интенсивных ударных нагрузок при установке их под бункерами, рудоспусками, дучками, а также виброгрохоты, течи, бункера, конвейеры в процессе загрузки подвержены такому ударному взаимодействию.

Целью представленной работы является изучение экспериментальным методом на модельном уровне процесса взаимодействия падающего твердого тела с рабочим органом машины в виде желоба, имеющего жесткое или упругое опирание. При этом определялись зависимости напряжений в площади контактного взаимодействия от энергии удара, жесткости упругих опор, изменение времени контакта при различных условиях.

Исследования проводились на экспериментальном стенде, моделирующем короб вибропитателя по геометрическим размерам в масштабе 1:5 без изменений толщины днища и бортов. При этом исследовался короб, имитирующий неподвижный желоб в виде течи или стенки бункера без упругих опор и с упругими опорами переменной жесткости, как у вибропитателей или грохотов. Результаты этих исследований приняты за базовые, поскольку комплекс последующих, где изучалось влияние различных факторов на напряженное состояние рабочего органа при соударении с горной массой, сравнивался с начальными условиями незащищенной рабочей поверхности.

Схема лабораторной установки представлена на рис. 1 и состоит из опорного основания 1, стоек 2 для подвижной рамы с фиксаторами 3, с помощью которой устанавливалась высота падающего ударника 4 со сменными груза-

ми. Рабочий орган в виде желоба или короба 5 вибропитателя (грохота) может иметь жесткое опирание на основание или устанавливаться на упругие опоры 6 в виде набора пружин различной жесткости.

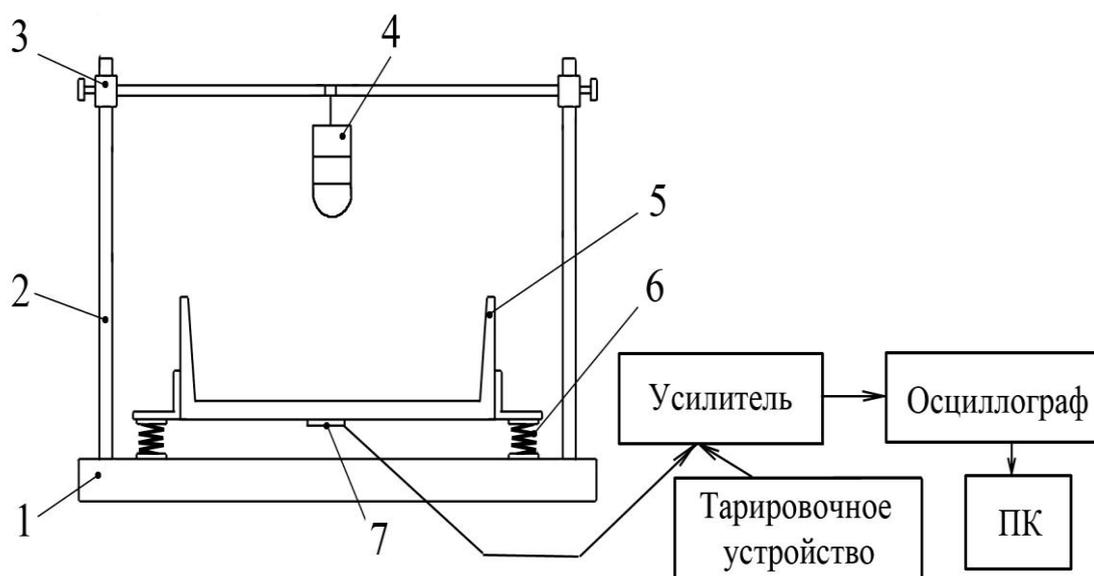


Рис. 1 – Схема лабораторной установки

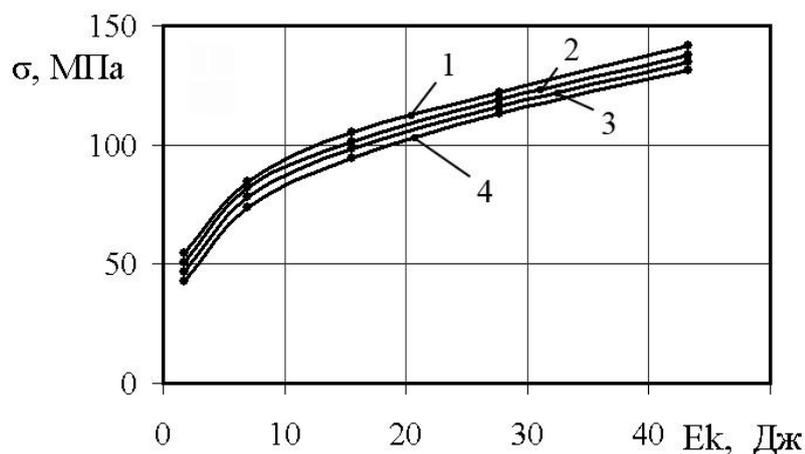
В экспериментах фиксировался центральный удар по коробу с различной кинетической энергией, изменяемой массой падающего груза 4 и высотой его подъема. В площади контакта соударения под днищем короба установлены тензодатчики, сигнал от которых во время соударения увеличивался усилителем и фиксировался на осциллографе и компьютере. Контроль напряжений осуществлялся с помощью тарировочного устройства по амплитуде ударного импульса. Время контакта определялось отметчиком времени на осциллограмме. При заданной высоте падения груза H и его кинетической энергии E_k фиксировались величина напряжений в металле при ударе σ , время контакта соударения t , диаметр отпечатка контакта D , по которому определялась глубина лунки z .

Результаты исследований при жестком опирании короба представлены в табл. 1. При этом использовались постоянная масса ударника $m = 1,8$ кг и максимальный диаметр его сферической поверхности $D = 58$ мм. Масса короба, выполненного из стандартного проката в виде швеллера, составляет $m_k = 23,7$ кг.

Таблица 1 – Определение напряжения в зависимости от энергии удара, времени удара и глубины лунки при жестком и упругом опирании короба

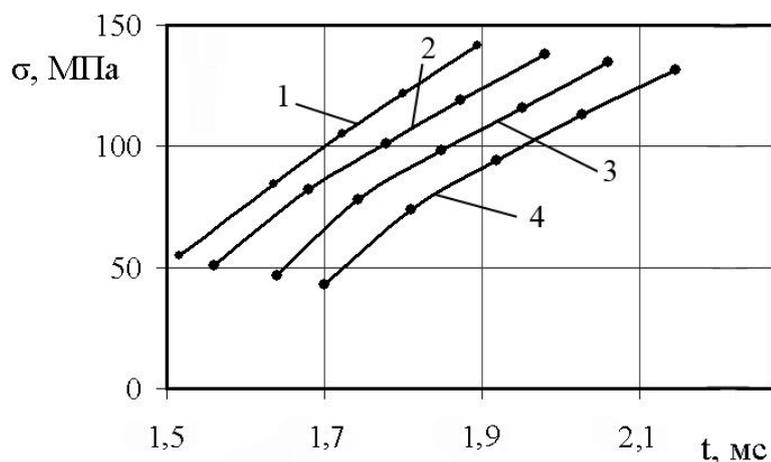
№	Жесткость пружин Спр, кН/м	Высота падения, H , мм	Энергия удара, E_k , Дж	Напряжение, σ , МПа	Время удара, t , мс	Диаметр отпечатка, D , мм	Глубина лунки, z , мм
1	0	50	1,7	55	1,52	6,2	0,163
2	0	100	6,9	84	1,64	7,3	0,227
3	0	150	15,6	105	1,72	8,1	0,283
4	0	200	27,7	122	1,80	8,7	0,328
5	0	250	43,2	142	1,89	9,5	0,390
6	1660	50	1,7	43	1,70	4,5	0,086
7	1660	100	6,9	74	1,81	5,7	0,141
8	1660	150	15,6	94	1,92	6,4	0,179
9	1660	200	27,7	113	2,03	7,1	0,219
10	1660	250	43,2	132	2,15	7,8	0,260
11	1990	50	1,7	47	1,64	5,0	0,108
12	1990	100	6,9	78	1,74	6,2	0,166
13	1990	150	15,6	98	1,85	7,0	0,210
14	1990	200	27,7	116	1,95	7,7	0,255
15	1990	250	43,2	135	2,06	8,5	0,309
16	2320	50	1,7	51	1,56	5,6	0,136
17	2320	100	6,9	82	1,68	6,8	0,197
18	2320	150	15,6	101	1,78	7,4	0,239
19	2320	200	27,7	119	1,87	8,1	0,284
20	2320	250	43,2	138	1,98	8,9	0,346

На рис. 2 показан графический анализ полученных зависимостей напряжения в коробе от энергии удара при жестком и упругом опирании короба. На рис. 3 представлен графический анализ зависимости напряжения от продолжительности импульса максимального напряжения (времени удара) при жестком и упругом опирании короба.



1 – Спр = 0 (жесткое опирание короба); 2 – Спр = 2320 кН/м;
3 – Спр = 1990 кН/м; 4 – Спр = 1660 кН/м

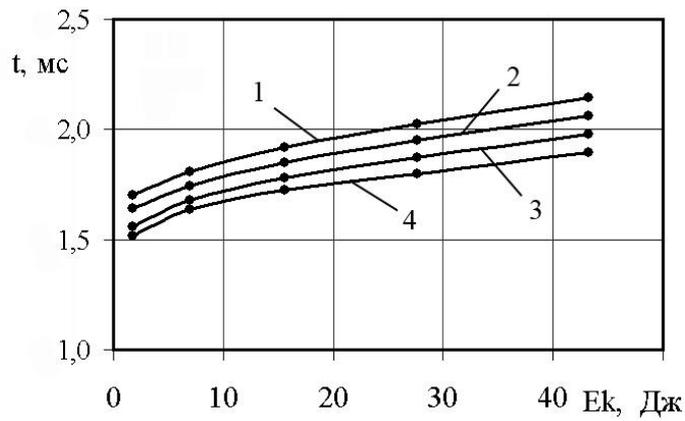
Рис. 2 – Зависимость напряжения от энергии удара при жестком и упругом опирании короба



1 – Спр = 0 (жесткое опирание короба); 2 – Спр = 2320 кН/м;
3 – Спр = 1990 кН/м; 4 – Спр = 1660 кН/м

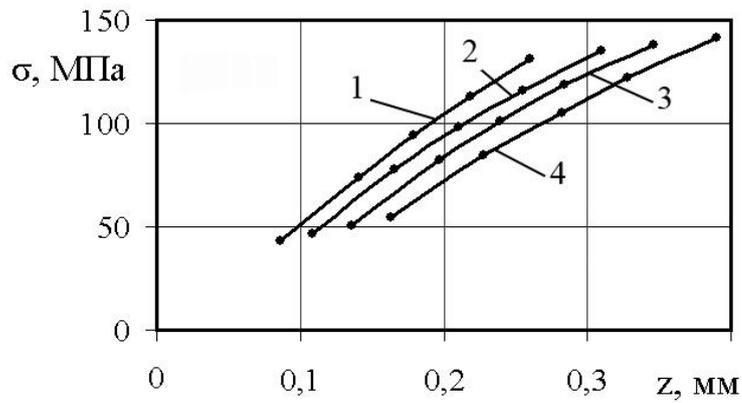
Рис. 3 – Зависимость напряжения от времени удара при жестком и упругом опирании короба

Падающий груз выполнен из металла, имеет сферическую поверхность. При соударении с коробом имела площадь контакта соударения, что важно при дальнейших расчетах. Поэтому фиксировались в процессе измерений такие зависимости: зависимость продолжительности импульса максимального напряжения (времени удара) от энергии удара (рис. 4), зависимость напряжений от глубины лунки (рис. 5), зависимость глубины лунки от энергии удара (рис. 6) при жестком и упругом опирании короба.



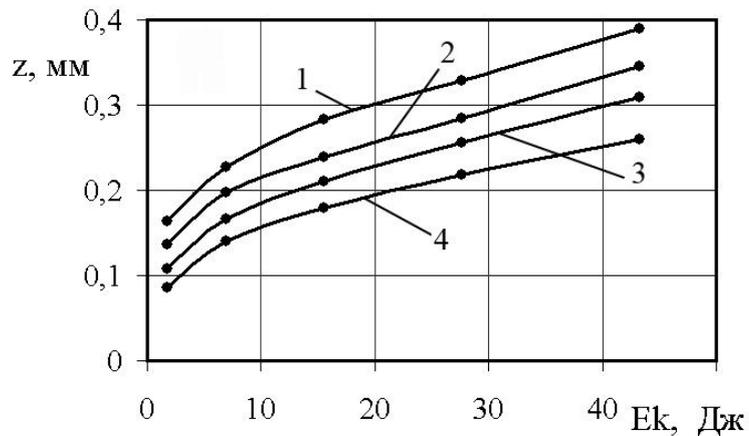
1 – Спр = 1660 кН/м; 2 – Спр = 1990 кН/м;
 3 – Спр = 2320 кН/м; 4 – Спр = 0 (жесткое опирание короба)

Рис. 4 – Зависимость продолжительности импульса максимального напряжения (времени удара) от энергии удара



1 – Спр = 1660 кН/м; 2 – Спр = 1990 кН/м;
 3 – Спр = 2320 кН/м; 4 – Спр = 0 (жесткое опирание короба)

Рис. 5 – Зависимость напряжения от глубины лунки



1 – Спр = 0 (жесткое опирание короба); 2 – Спр = 2320 кН/м;
 3 – Спр = 1990 кН/м; 4 – Спр = 1660 кН/м

Рис. 6 – Зависимость глубины лунки от энергии удара

С целью определения характера зависимости напряжения, времени удара и глубины лунки от изменения жесткости пружин при разной энергии удара были построены графики, представленные на рис. 7, рис. 8 и рис. 9. Все зависимости имеют линейный характер. При увеличении жесткости пружин напряжения в площади контактного взаимодействия и глубина лунки возрастают, в то же время увеличение жесткости пружин приводит к уменьшению продолжительности импульса максимального напряжения (времени удара) и, как следствие, к увеличению напряжения в зоне контактного взаимодействия ударника с коробом.

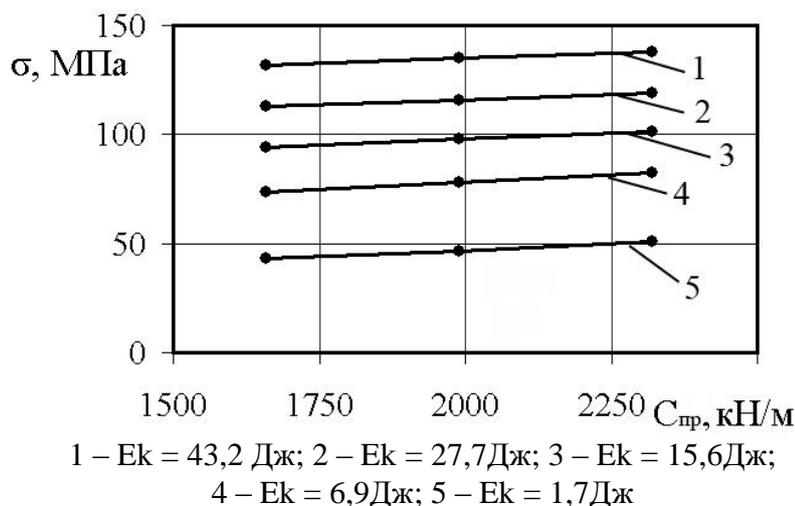


Рис. 7 – Зависимость напряжения от жесткости пружин при разной энергии удара

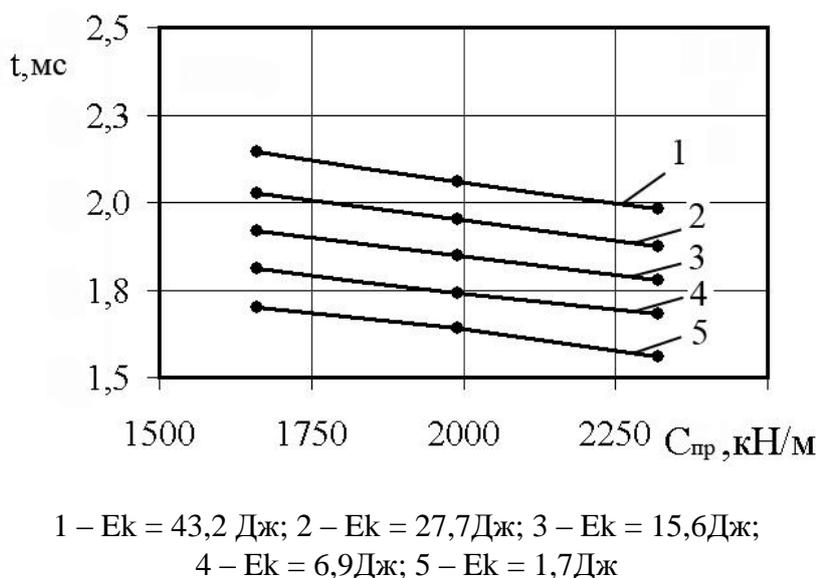
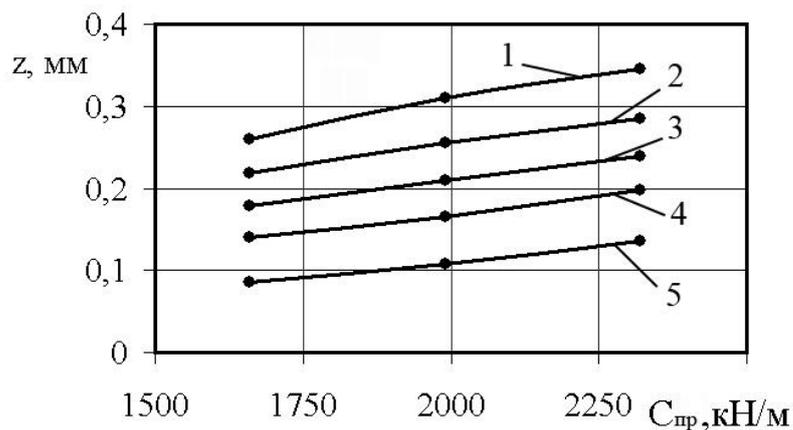


Рис. 8 – Зависимость продолжительности импульса максимального напряжения (времени удара) от жесткости пружин при разной энергии удара



1 – $E_k = 43,2$ Дж; 2 – $E_k = 27,7$ Дж; 3 – $E_k = 15,6$ Дж;
4 – $E_k = 6,9$ Дж; 5 – $E_k = 1,7$ Дж

Рис. 9 – Зависимость глубины лунки от жесткости пружин при разной энергии удара

Определение указанных зависимостей характеризует процесс соударения и позволяет контролировать их изменение при других условиях соударения.

Таким образом, установлено, что напряжение в исследуемой конструкции в зависимости от удара при жестком и упругом ее опирании имеют нелинейный характер, и с увеличением энергии удара в 25 раз напряжения увеличиваются в 2,5 раза, в пределах линейной зоны деформации. При этом в равных условиях соударения продолжительность ударного импульса при упругом опирании больше на 0,18 мс при минимальной энергии удара и жесткости упругих опор и на 0,09 мс – при максимальных их значениях.

Максимальная глубина контактного соударения при жестком опирании по отношению к упругому в 2 раза больше и находится в пределах упругих деформаций. Поэтому для расчета параметров рассматриваемой схемы целесообразно использование теории упругого центрального соударения тел.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гольдсмит, В. Удар. Теория и физические свойства соударяемых тел / В. Гольдсмит – М.: Госстройиздат, 1965. – 448 с.
 2. Кильчевский, Н.А. Динамическое контактное сжатие твердых тел. Удар / Н.А. Кильчевский – К.: Наук. думка, 1976. – 320 с.
- Пановко, Я.Г. Основы прикладной теории колебаний и удара / Я.Г. Пановко – Л.: Машиностроение, 1976. – 240 с.

**РЕКОМЕНДАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИИ ЗАПОЛНЕНИЯ
ОЧИСТНЫХ КАМЕР ТВЕРДЕЮЩЕЙ ЗАКЛАДКОЙ**

Розроблені рекомендації раціональних параметрів заповнення очисних камер закладкою, що твердіє з урахуванням структурних зв'язків у закладеному масиві при твердінні.

**RECOMMENDATIONS OF PARAMETERS OF TECHNOLOGY OF
FILLING EXTRACTION CHAMBERS WITH HARDENING BACKFILL**

Recommendations of parameters technology of filling extraction chambers with hardening backfill during formed in fill massif of structure connections are developed.

Введение. В настоящее время глубина ведения горных работ на Запорожском железорудном комбинате составляет 640-940 м. С увеличением глубины разработки месторождения на каждые 100 м себестоимость добычи 1 тонны руды возрастает на 10-15% [1]. Для повышения качества и конкурентоспособности руды необходимо уменьшать непродуктивные затраты на производство твердеющей закладки, но не терять при этом технологичность и характеристики закладочного массива. Увеличение глубины разработки месторождения при камерной системе разработки с закладкой требует совершенствования состава закладочной смеси. Закладочный массив должен соответствовать нормативной прочности быть однородным, плотным и содержать устойчивые внутренние связи. Твердеющая закладочная смесь на комбинате состоит из следующих компонентов: вяжущий материал - доменный граншлак, инертный заполнитель – отсев флюсового производства и дробленая порода с отвала и техническая вода.

Нашими исследованиями установлено, что при дисперсности шлака 55% частиц крупностью -0,074 мм и высоком расходе шлака до 510 кг/м³ формируется прочность закладочного массива в возрасте 90 дней до 8-10 МПа. При высоком расходе шлака возрастают затраты на закладочные работы, а прирост прочности незначителен. В связи с этим вопрос формирования устойчивого закладочного массива с понижением глубины разработки весьма актуален. Для достижения его устойчивости необходимо разработать параметры заполнения выработанного пространства твердеющей закладкой.

Основная часть. Нами проведены исследования формирования структуры твердеющей закладки от величины удельной поверхности [2, 3]. Влияние удельной поверхности доменного шлака и известняка на твердеющую закладку сопровождается изменением ее структуры: при 2000 см²/г формируется гелевидная, округлая структура связей, при 2800 см²/г остроугольная крупноигольчатая, при 4300 см²/г - игольчато-волокнистая, при 6600 см²/г - пластинчато-слоистая. Дана количественная оценка увеличению прочности твердеющей закладки при различной ее структуре: крупноигольчатая – 1,8-2,5 раз, игольчато-волокнистая – 3,1-3,5 раз, слоисто-пластинчатая – 3,1-