

2. Rigby G.R., Callcot T.G. Slurry beneficiation and transportation system offers advantages for handling coking coals// Austr. Mining. - 1978. - № 2, p. 18-20.
3. Erdman W. ua. // Aufbereitungs-Technik. - 1978. v. 19., № 8, S. 357-362.
4. Влияние давления на технологические свойства углей при дальнем магистральном гидротранспорте / А. Т. Елишевич, В. С. Белецкий, В. И. Рыбаченко, И. Л. Бербенец, Г. Н. Летяк, С. Л. Хилько // Химия твердого топлива. – 1988. – № 3. – С.130–133.
5. Воздействие гидротранспорта на дальние расстояния на технологические свойства коксующихся углей / А. Т. Елишевич, А. Ф. Гребенюк, В. С. Белецкий, И. Г. Дедовец // Кокс и химия. – 1989. – № 4. – С. 5–7.
6. Изменение поверхностных свойств коксующихся углей в процессе дальнего гидротранспорта методом ИК–спектроскопии / А. Т. Елишевич, В. С. Белецкий, В. И. Рыбаченко, Н. П. Гончар // Химия твердого топлива. – 1989. – № 2. – С. 52–54.
7. Изменения технологических свойств коксующегося угля Кузбасса при дальнем гидравлическом транспортировании / А. Т. Елишевич, В. С. Белецкий, А. Ф. Гребенюк, Г. П. Маценко, И. Г. Дедовец, Ю. Н. Потапенко // Химия твердого топлива. – 1989. – № 4. – С. 54–59.
8. Изменения в распределении по классам крупности петрографических компонентов кузнецких коксующихся углей при дальнем гидротранспортировании / Г. П. Маценко, В. С. Белецкий, С. Б. Кудрявцев // Химия и физика угля / АН УССР, Ин-т физико-органической химии и углехимии. – К., 1991. – С. 16–22: табл.
9. Сохранение технологических свойств коксующегося угля при гидравлическом транспортировании / В. С. Белецкий, А. Кхелуфи // Кокс и химия. – М., 1996. – № 4. – С. 9–10.
10. Об изменении технологических свойств углей при их гидравлическом транспортировании / В. С. Белецкий, И. Н. Никитин // Кокс и химия. – 2003. – № 3. – С.12–17: рис. – Библиогр.: 20 назв.
11. Причини зміни технологічних властивостей коксівного вугілля при його дальньому гідротранспрті / В.С. Білецький, Г. П. Маценко // УглеХимический журнал. – 2003. – № 5/6. – С. 11–14.
12. Білецький В.С., Сергеев П.В., Папушин Ю.Л. Теорія і практика селективної масляної агрегації вугілля. Донецьк: Грань, 1996. 264 с.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛАСТИЧНОЙ ФУТЕРОВКИ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ГОРНЫХ МАШИН ПРИ УДАРНЫХ НАГРУЗКАХ

*В.П. Надутый, Д.В. Белюшин, Национальный горный университет, Украина
В.В. Сухарев, П.В. Левченко, ИГТМ им. Полякова НАН Украины*

В данной работе представлены результаты промышленных экспериментальных исследований эффективности применения эластичных материалов для защиты рабочих поверхностей горных машин от ударных нагрузок. Определены напряжения рабочих органов в зоне контакта с падающей кусковой горной массой. Для предотвращения преждевременного разрушения и как следствие продления срока службы металлических конструкций, разработана и предложена футеровка из резины РП-2959, позволяющая снизить в 3 раза возникающие напряжения при ударных нагрузках.

Актуальность работы. При добыче и переработке полезных ископаемых основной причиной выхода из строя эксплуатируемого оборудования, предназначенного для различных технологических операций (грохотов, вибропитателей, конвейеров, бункеров и т.п.) являются ударные нагрузки, возникающие от падения кусков горной массы на рабочие поверхности ма-

шин, а также абразивный износ рабочих органов. Для предотвращения преждевременного выхода из строя и повышения срока службы горных машин и оборудования на протяжении многих десятилетий применяются эластичные защитные футеровки (резина, полиуретана и др.). К примеру, резиновая футеровка используется для защиты рабочих поверхностей кузовов карьерных самосвалов, барабанов шаровых мельниц, лотков вибропитателей и конвейеров, бункеров, течек и др.. Несмотря на то, что резина имеет на порядок ниже прочностные характеристики, чем защищаемая стальная поверхность, срок её службы довольно часто превышает показатели срока службы металлических поверхностей из легированных сталей. При этом напряжения при ударах по защищенной резиной металлической поверхности рабочих органов машин, как минимум, в 3-10 раз меньше, чем при ударе по незащищенной поверхности. Если выбор толщины футеровок сделан правильно, её разрушение (пробой) не происходит.

Выполненные теоретические исследования в данной области опираются на основы расчёта колебаний и удара [1-2], а в работе [3] авторами решались вопросы, связанные с расчётами и изготовлением защитных резиновых футеровок, которые показали высокую эффективность в предохранении от ударных нагрузок и износа рабочих поверхностей горных машин.

Одним из известных во всем мире железорудных месторождений является Южно-Белозерское, обладающее богатыми запасами руды (содержащей 60-66% железа). На предприятиях Запорожского железорудного комбината (ЗЖРК, г. Днепропетровский) одним из проблемных участков производства, подверженных ударным нагрузкам и абразивному износу, являются питатели инерционные (тип ПИ-1,4), вибропитатели направленного действия (тип ВВДР-5), а также участки перегрузки горной породы с разных уровней дробильно-сортировочной фабрики.

В условиях Института геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины (ИГТМ НАН Украины) совместно с сотрудниками ЗЖРК были проведены лабораторные исследования по определению зависимостей возникающих напряжений в коробе σ в защищаемой металлической поверхности рабочего органа машины от параметров резиновой футеровки (твёрдость E_r , площадь S_r и толщина h_r) и условий соударения (высоты падения h и массы куска материала m) [4-8]. Выполненные авторами экспериментальные и теоретические исследования показали необходимость использования поправочного коэффициента при расчётах модуля упругости полимерных материалов из резины, так как последний, в настоящее время, не учитывает влияние эффекта объёмного сжатия, и применяются значения данного модуля, полученные лишь для единичного участка. Так было установлено, что при увеличении площади резинового слоя повышается влияние данного эффекта, приводящего, в некоторых случаях, к двухкратному увеличению модуля упругости резины. Последний, в первую очередь, оказывает существенное влияние на расчётные параметры защитных эластомерных футеровок, позволяя уменьшить её толщину в области допустимых деформаций. К тому же, это позволит сократить себестоимость футеровки.

Проведенные экспериментальные и теоретические исследования в области защиты рабочих органов горных машин позволили разработать и создать новую конструкцию футеровки [6].

Целью данной работы является определение напряжённого состояния рабочего органа машины в зоне контакта соударения с падающей кусковой горной массой и влияние параметров защитной резиновой футеровки на снижение напряжения в защищаемой поверхности.

Для выработки рекомендаций по использованию резиновых футеровок для защиты рабочих поверхностей горных машин и проверки полученных ранее лабораторных результатов на предприятии ЗЖРК были проведены промышленные исследования по измерению напряжений, возникающих на рабочем органе при работе питателя инерционного (ПИ-1,4). Оборудование, используемое при проведении исследований, представлено на рис. 1.

Данное оборудование состоит из тензодатчика, устанавливаемого под днищем питателя в площади контакта соударения, усилителя сигнала (8АНЧ), осциллографа и устройства для записи сигнала (компьютер). На рис. 2 представлена схема установка датчика измерения ударных нагрузок и напряжения на днище питателя инерционного ПИ-1,4.



Рис. 1. Оборудование для измерения напряжений в рабочих поверхностях горных машин.



Рис. 2. Схема установка датчика напряжения на питатель инерционный ПИ-1,4

Методика проведения промышленных экспериментальных исследований заключается в следующем: в область установленного тензодатчика сбрасывался сферический металлический ударник, весом 16 кг, с различных высот: 150, 300, 450 и 600 мм. При этом на регистрирующем оборудовании выдавались осциллограммы ударов, из которых затем определялись величины возникающих в коробе напряжений (σ , МПа) и время протекания удара (t , мс). Первоначально потребовалось установить значения σ и t при ударе по незащищенному металлическому днищу питателя (толщиной 10 мм). Затем по днищу, защищенному футеровочной резиной толщиной 24 мм и различными модулями упругости $E_r = 52, 56, 60, 64$ ед., а также по резиновой футеровке, изготовленной из резины РП – 2959, толщиной 50 мм и модулем $E_r = 70$ ед. Каждая серия опытов состояла из трёх измерений σ и t . В таблице 1 представлены средние значения полученных экспериментальным путём данных.

Анализируя полученные данные становится очевидно, что при жестком ударе по незащищенной поверхности, время удара меньше в 3-4 раза по сравнению с ударом по футерованной поверхности, при прочих равных условиях, в частности энергии удара. Это приводит к увеличению напряжения в конструкции горных машин при ударе по незащищенной поверхности в 3-5 раза. Существенное уменьшение напряжений в металле связано с увеличением площади контакта соударений, при наличии резинового слоя, по сравнению с точечным контактом при незащищенной поверхности. Увеличение времени контакта соударения при по-

стоянной энергии удара позволяет существенно снижать амплитуду ударного импульса и, как следствие, напряжение в защищаемой поверхности.

Таблица 1

Результаты промышленных испытаний на ЗЖРК

№ опыта	Твердость резины E_r , ед.	Высота падения груза h , мм	Энергия удара E_k , Дж	Время удара t_{sr} , мс	Напряжение σ_{sr} , МПа
1	Без футеровки	150	24	1,7	115
2		300	47	2,2	142
3		450	71	2,3	157
4		600	95	2,4	176
5	70	150	24	7,3	35
6		300	47	6,7	48
7		450	71	6,4	54
8		600	95	6,1	63
9	64	150	24	6,8	39
10		300	47	6,2	52
11		450	71	6,0	60
12		600	95	5,7	72
13	60	150	24	8,2	30
14		300	47	7,5	42
15		450	71	7,2	47
16		600	95	6,8	53
17	56	150	24	9,1	25
18		300	47	8,6	36
19		450	71	8,3	42
20		600	95	7,9	52
21	52	150	24	10,4	19
22		300	47	9,5	28
23		450	71	9,1	33
24		600	95	8,7	40

Величина напряжения в металле при ударе по незащищенной поверхности достигает 110 – 176 МПа, что с течением времени приводит к потере прочности металлической конструкции и разрушению машины. Ввиду этого необходимо использовать футеровку, для защиты рабочей поверхности от удара.

Для защиты машины и участков перегрузки от ударных нагрузок предлагается конструкция футеровки [9], представленная на рис. 3, изготовленная из резины РП – 2959 и твердостью 70 ед. по Шору. Согласно проведенным экспериментальным испытаниям, данная футеровка позволяет снизить напряжения в металле, возникающие при ударных нагрузках от падающей горной массы, практически в 3 раза.

Установка резиновой футеровки целесообразна при соблюдении определенных граничных условий, которыми являются: энергия удара, твердость резины, скорость соударения. Экспериментальные и промышленные исследования показали, что резина способна противостоять ударным нагрузкам, если не будут превышены допустимые величины [7]:

1. Энергия удара E_k не более 80-90 (Дж). $E_k = m \cdot g \cdot h$ (Дж), где m – масса максимального куска материала (кг), $g = 9,8$ ($\text{м}/\text{с}^2$) – ускорение свободного падения, h – высота падения куска материала (м);

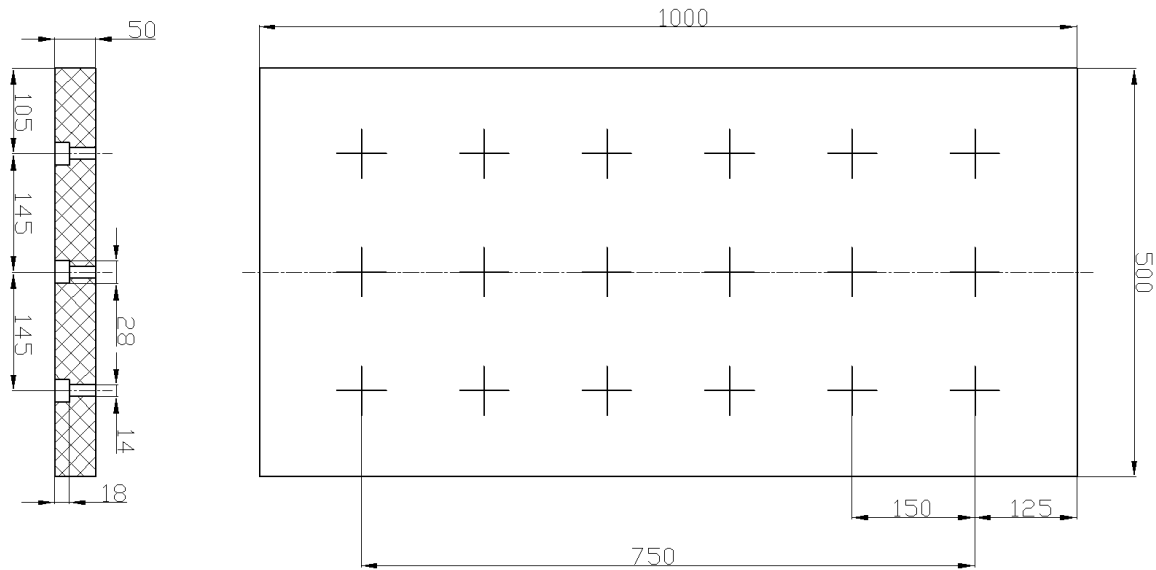


Рис. 3. Конструкция резиновой футеровки.

2. Скорость падения куска материала V не более 6 – 12 (м/с). $V = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$ (м/с);
3. Относительное сжатие футеровки не более $\varepsilon = 0,25 - 0,30$.

Выводы. На основании проведенных лабораторных и промышленных исследований, с целью защиты рабочих поверхностей машин от ударных нагрузок, предложена конструкция резиновой футеровки, изготовленная из резины РП – 2959, позволяющая снизить в 3 раза напряжения в металле, возникающие при ударных нагрузках от падающей горной массы и как следствие продлить срок службы оборудования.

Список литературы

1. Гольдсмит В. Удар. Теория и физические свойства соударяемых тел / В. Гольдсмит – М.: Госстройиздат, 1965. – 448 с.
2. Пановко Я.Г. Основы прикладной теории колебаний и удара / Я.Г. Пановко – Л.: Машиностроение, 1976. – 240 с.
3. Потураев В.Н. Резина в горном деле / В.Н. Потураев, В.И. Дырда, В.П. Надутый. – М.: Недра, 1974. – 150 с.
4. Надутый В.П. Исследование напряженного состояния рабочего органа вибрационной машины с защитным слоем при ударных нагрузках / В.П. Надутый, В.В. Сухарев, Д.В. Белюшин // Вібрації в техніці та технологіях. – 2012. – Вип. 4(68). – С. 71-75.
5. Сухарев В.В. Анализ факторов, влияющих на механизм ударного взаимодействия эластичной футеровки с горной массы / В.В. Сухарев, П.В. Левченко, Д.В. Белюшин // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць ІГТМ НАН України. – Дніпропетровськ. – 2013. – Вип. 111. – С. 160-170.
6. Надутый В.П. Результаты исследований ударного взаимодействия кусковой горной массы с футерованной рабочей поверхностью машин / В.П. Надутый, В.В. Сухарев, Д.В. Белюшин // Науковий вісник НГУ. – Дніпропетровськ. – Вип. 4 (132). – 2013. – С. 54–58.
7. Надутый В.П. Исследование влияния эффекта объёмного сжатия при определении параметров защитных покрытий из эластомеров / В.П. Надутый, В.В. Сухарев, Д.В. Белюшин // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць ІГТМ НАН України. – Дніпропетровськ. – 2013. – Вип. 109. – С. 64-72.
8. Надутый В.П. Определение напряженного состояния вибропитателя для выпуска руды из блока при ударных нагрузках / В.П. Надутый, В.В. Сухарев, Д.В. Белюшин // Металургическая и горнорудная промышленность. – Днепропетровск. – 2013. – № 1. – С. 60-62.
9. Патент № 86044 UA МПК7 B07C 17/22, Футерівка Надутый В.П., Сухарев В.В. Белюшин Д.В. // ІГТМ, Заявл. 14.06.2013 и 2013 07558, опубл. 10.12.2013 в Б.И. №23.