



Надутый В. П.

Сухарев В. В.

*Институт
геотехнической
механики
им. Н. С. Полякова
НАН Украины*

Белюшин Д. В.

*Национальный
горный
университет*

УДК 622.002.5:621.8.031.4

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ РАБОЧЕГО ОРГАНА ВИБРАЦИОННОЙ МАШИНЫ С ЗАЩИТНЫМ СЛОЕМ ПРИ УДАРНЫХ НАГРУЗКАХ

У статті представлена конструкція стенда, що моделює короб віброживильника, і наведені результати експериментальних досліджень у вигляді залежностей напруги в робочому органі машини й часу удару від параметрів захисного шару матеріалу, жорсткості пружин і енергії удару.

In article is presented design of the stand, prototyping basket shaking feeder, and brought results of the experimental studies in the manner of dependencies of the stress in worker organ machines and time of the shock from parameter defensive layer material, acerbity of the springs and energy of the shock.

Введение. Добыча и переработка полезных ископаемых в значительной степени связана с динамическими нагрузками оборудования. Особую озабоченность при проектировании и эксплуатации такого оборудования вызывают ударные нагрузки, возникающие при падении крупнокусковой горной массы на рабочие органы горных машин и накопительных устройств в узлах перегрузки. Примером могут служить вибропитатели установленные под рудоспусками при камерной подземной разработке железных руд или под бункерами в узлах перегрузки взорванной горной массы при карьерной добыче. Вибрационные грохота крупной и средней классификации при их загрузке также испытывают интенсивные ударные нагрузки и требуют специальных мер защиты. Похожее воздействия испытывают бункера в узлах перегрузки конвейерной доставки горной массы. Во всех этих случаях ресурс машин и оборудования в значительной степени определяется их конструктивными параметрами, способностью противостоять разрушению при длительной эксплуатации.

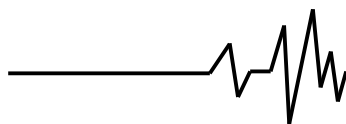
Увеличение запасов прочности конструкции является типичным решением вопроса, однако это приводит к значительной металлоемкости и как следствие к увеличению энергопотребления и стоимости оборудования, снижению его рентабельности.

Постановка задачи. Из практики эксплуатации указанных машин и оборудования известно, что слой материала находящийся на рабочем органе защищает его при ударных нагрузках, однако необходима количественная оценка снижения ударных нагрузок, для определения запасов прочности при проектировании, разработка рекомендаций по эксплуатации относительно толщины слоя с учетом гранулометрического состава. Поэтому возникла необходимость в определении зависимостей напряженного состояния рабочего органа вибромашины при ударных нагрузках в различных условиях соударения, характерных для таких машин.

С физической точки зрения появилась необходимость в определении зависимости времени контакта соударения от состояния поверхности рабочего органа машины, поскольку длительность ударного импульса при одинаковой энергии удара определяет максимальное значение напряжения в площади контакта соударения и характер влияния диссипации энергии в защитном слое материала.

Анализ предыдущих исследований.

Предыдущими исследованиями авторами данной статьи были получены экспериментальные зависимости напряжения в рабочем органе машины и времени удара от энергии удара и жесткости упругих опор,



которые показали необходимость разработки средств защиты рабочих органов вибрационных машин [1]. Эти исследования опирались на научные основы расчета колебаний и удара [2-3], но в этих работах остаются неучтенными особенности конструкций горных машин и использование защитного слоя материала, что опять возмещается повышением запасов прочности.

Целью исследований является определение экспериментальным методом влияния параметров защитного слоя материала на время удара и напряжения, возникающие в рабочем органе вибрационной машины при ударных нагрузках.

Изложение основного материала.

Экспериментальные исследования

осуществлялись на стенде, моделирующем короб вибропитателя по геометрическим размерам в масштабе 1:5 без изменений толщины днища и бортов. Схема лабораторного стенда 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 грузами. 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. Под днищем короба установлен тензодатчик 7, а на поверхности короба находится защитный слой горной массы 8 разной высоты и крупности.

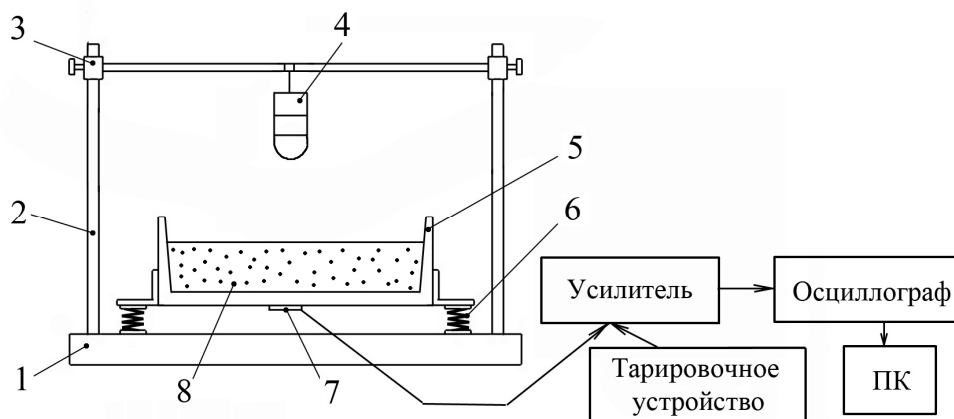


Рис. 1. Схема лабораторной стенда

Непосредственно в эксперименте фиксировался центральный удар по коробу с различной кинетической энергией, изменяемой массой падающего груза 4 и высотой его подъема. Сигнал при ударе от тензодатчика 7, установленного в площади контакта соударения под днищем, передается на усилитель и фиксируется 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 σ при ударе и продолжительность импульса максимального напряжения t (время удара).

На рис. 2 и рис. 3 показан графический анализ полученных зависимостей напряжения в коробе и времени удара от высоты слоя материала $b = 0 \dots 25$ мм при разной жесткости пружин ($C_{пр} = 1660 \dots 2320$ кН/м) и жестком

опирании короба ($C_{пр} = 0$), крупность материала была постоянной и составляла $d = 3,45$ мм.

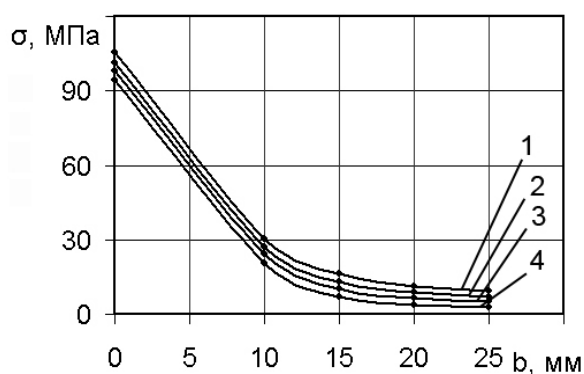


Рис. 2. Зависимость напряжения от высоты слоя материала при разной жесткости пружин

1, 2, 3, 4 – $C_{пр} = 0$ (жесткое опирание); 2320; 1990; 1660 кН/м

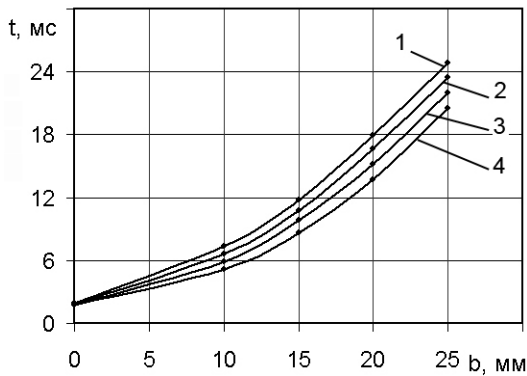


Рис. 3. Зависимость времени удара от высоты слоя материала при разной жесткости пружин
 1,2,3,4 – $C_{пр} = 1660; 1990; 2320; 0$ (жесткое опирание) кН/м

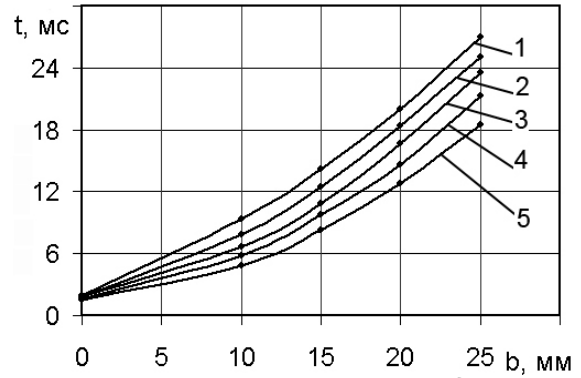


Рис. 5. Зависимость времени удара от высоты слоя материала при разной энергии удара
 1,2,3,4,5 – $E_k = 43,2; 27,7; 15,6; 6,9; 1,7$ Дж

Зависимости напряжения в коробе и времени удара от высоты слоя имеют нелинейный характер, их количественная оценка показывает, что напряжения в коробе при использовании защитного слоя материала высотой $b = 20$ мм уменьшаются в 11-15 раз в сравнение с ударом без защитного слоя материала, а время удара увеличивается в 12 раз. Влияние изменения жесткости пружин в сопоставлении с жестким опиранием короба не столь существенно, что подтверждает предыдущие эксперименты [1].

С целью определения характера зависимости напряжения и времени удара при разной энергии удара были проведены исследования, по результатам которых получены зависимости, представленные на рис. 4 и рис. 5.

Анализ полученных зависимостей показывает, что при высоте защитного слоя $b = 20$ мм и энергии удара $E_k = 43,2$ Дж напряжение в коробе по сравнению с ударом без защитного слоя материала уменьшилось в 8 раз, а время удара увеличилось в 10 раз. При энергии удара $E_k = 1,7$ Дж напряжение в коробе уменьшилось в 14 раз, а время удара увеличивалось в 8 раз. Из этого следует, что при увеличении энергии удара защитные свойства слоя материала уменьшаются.

В ходе дальнейших исследований определялись зависимости напряжения и времени удара от высоты слоя материала при разной крупности горной массы $d = 1,75...8,5$ мм и постоянной энергии удара $E_k = 15,6$ Дж. Полученные зависимости напряжения и времени удара представлены на рис. 6 и рис. 7.

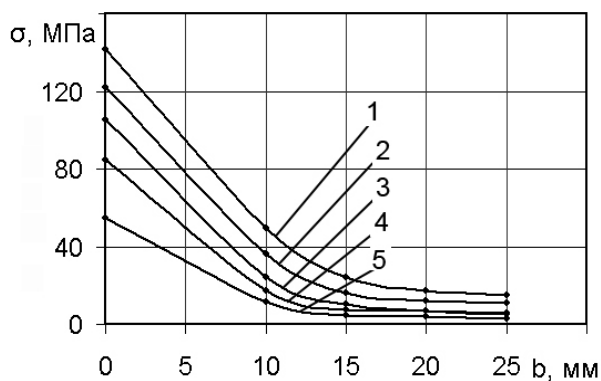


Рис. 4. Зависимость напряжения от высоты слоя материала при разной энергии удара
 1,2,3,4,5 – $E_k = 43,2; 27,7; 15,6; 6,9; 1,7$ Дж

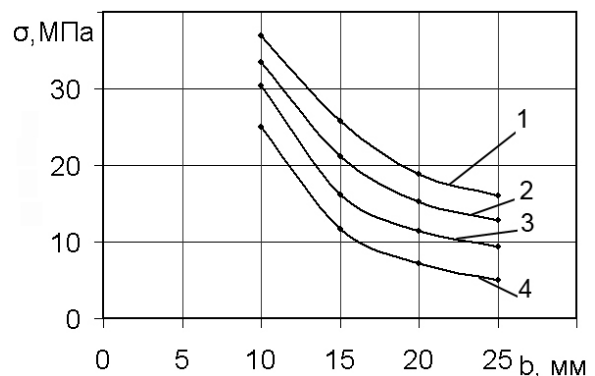


Рис. 6. Зависимость напряжения от высоты слоя при разной крупности материала
 1,2,3,4 – $d = 8,5; 6; 3,45; 1,75$ мм

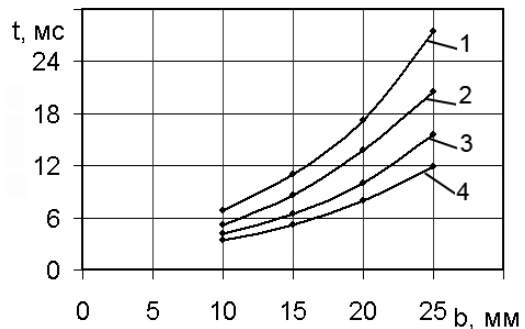
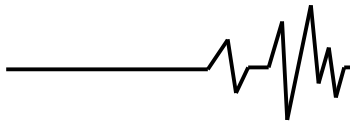


Рис. 7. Зависимость времени удара от высоты слоя при разной крупности материала
1,2,3,4 – $d = 1,75; 3,45; 6; 8,5$ мм

Очевидно, что увеличение крупности приводит к увеличению напряжения в коробе и уменьшению времени удара при постоянной энергии удара. Эта тенденция сохраняется для разных высот защитного слоя материала.

Для анализа характера зависимости напряжения и времени удара от изменения крупности материала при разной высоте слоя были получены графики, представленные на рис. 8 и рис. 9

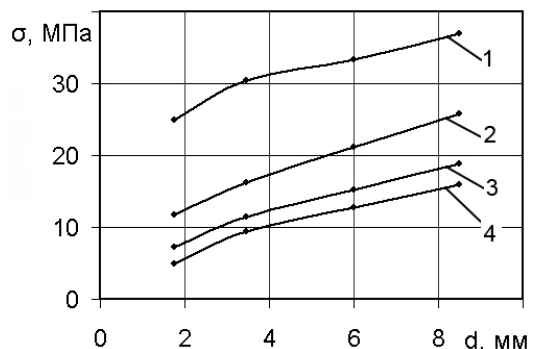


Рис. 8. Зависимость напряжения от крупности материала
1,2,3,4 – $b = 10; 15; 20; 25$ мм

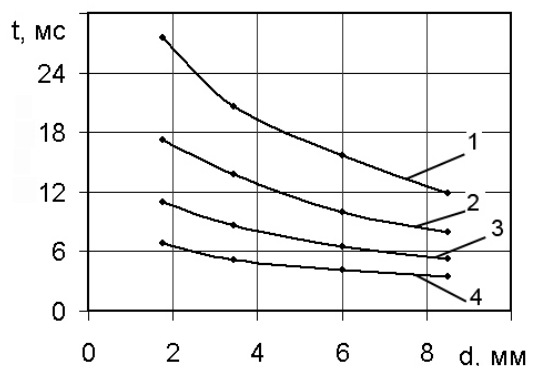


Рис. 9. Зависимость времени удара от крупности материала
1,2,3,4 – $b = 25; 20; 15; 10$ мм

Характер зависимости напряжения и времени удара от крупности материала при разных высотах слоя – слабонелинейный, возрастающий для зависимости напряжения короба и ниспадающий для времени удара.

Выводы

В результате экспериментальных исследований, проведенных на стенде, моделирующего короб вибропитателя, были получены данные в виде зависимостей напряжения в рабочем органе машины и времени удара от параметров защитного слоя материала, жесткости пружин и энергии удара которые позволили установить, что использование защитного слоя для сохранения конструкции вибропитателя от ударов позволяет уменьшить напряжения в коробе в десятки раз, тем самым увеличивая его срок службы. Увеличение времени удара также позволяет уменьшить динамические нагрузки на конструкцию. Исследования показали, что при создании защитного слоя целесообразно использовать менее крупный материал.

В тоже время широкое применение защитного слоя материала для сохранения конструкций вибропитателей, грохотов и бункеров от разрушения затрудняется наличием сложностей в поддержании постоянного защитного слоя на коробе, увеличением массы подвижных частей и уменьшением скорости движения горной массы. Поэтому возникает необходимость в дальнейших исследованиях по использованию полученных результатов, устранению выявленных недостатков и разработке новых средств защиты конструкций машин.

Литература

1. Надутый В.П. Анализ ударного взаимодействия кусковой горной массы с рабочими поверхностями машин и оборудования / В.П. Надутый, В.В. Сухарев, Д.В. Белюшин // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць ІГТМ НАН України. – Дніпропетровськ. – 2012. – Вип. 103. – 122–129 с.
2. Гольдсмит В. Удар. Теория и физические свойства соударяемых тел / В. Гольдсмит – М.: Госстройиздат, 1965. – 448 с.
3. Кильчевский Н.А. Динамическое контактное сжатие твердых тел. Удар / Н.А. Кильчевский – К.: Наук. думка, 1976. – 320 с.