

Д. т. н. С. Я. Давыдов¹ (✉), д. т. н. Н. Г. Валиев¹, к. т. н. В. С. Шестаков¹,
к. т. н. Д. В. Доможиров²

¹ ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»,
г. Екатеринбург, Россия

² ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический
университет имени Г. И. Носова», г. Магнитогорск, Россия

УДК 622.277:621.928

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ПЫЛЕОБРАЗОВАНИЯ КЕРАМЗИТОВОГО ЩЕБНЯ

Источниками пылевыведения при переработке глины и другого керамического сырья на дробильно-сортировочном комплексе являются дробилки, грохоты, узлы перегрузок. Предложено новое конструктивное решение колосникового грохота, обеспечивающего снижение затрат энергии на вентиляцию. Выполнены расчет площади просеивающей поверхности, линейных размеров колосника для его реальных размеров по требуемой производительности, а также прочностные расчеты для определения сечений колосников и узлов их крепления к балкам.

Ключевые слова: глинистые материалы, пылеобразование, керамзит, грохот, прочностные расчеты, просеивающая поверхность.

Керамзитовый щебень — дробленая керамзитовая масса с острыми, неровными краями (фракция 5–40 мм) — по своим свойствам не обладает высокой прочностью, однако, являясь пористым материалом, содержит в своих порах много воздуха. Основное применение этого вида керамзита — теплоизоляция. Содержание в глинистом сырье частиц глинистых минералов (монтмориллонита, гидрослюда, каолинита и др.) дисперсностью менее 0,005 мм должно быть не менее 30 %. Плотные и хрупкие породы влажностью 3–9 % обладают чрезвычайно высокой площадью поверхности, что является основой их высокой пуццолановой активности.

Переработка глины и другого керамического сырья, особенно сухого, неизбежно ведет к появлению пыли. Содержание пыли в воздухе после прохождения через тканевый фильтр составляет 0,7–3,4 мг/м³. Кроме пыли выделяются диоксиды серы и оксиды азота (продукты сгорания тяжелого мазута). Значения выбросов при сухом измельчении после соответствующей системы фильтрации: диоксид серы 0,02–0,20 г/м, оксиды азота в пересчете на NO₂ 0,11–0,14 г/м.

Керамзитовая пыль является активной минеральной добавкой. Ее пуццолановая активность возрастает с повышением суммарного содер-

жания дегидратированных глинистых минералов с частично нарушенной решеткой, а также рентгеноаморфной фазы, включающей продукты термообработки глинистых минералов с полным отсутствием кристалличности, пониженным содержанием недегидратированной глины и увеличенным дисперсностью частиц. Керамзитовая пыль рассматривается как сырьевые материалы, которые являются источником органических веществ и диоксида серы (как продукта разложения пирита и марказита). Основной вредностью при производстве нерудных материалов является минеральная пыль, содержащая 20–70 % свободного SiO₂. Источниками пылевыведения на дробильно-сортировочном комплексе являются дробилки, грохоты, узлы перегрузок [1–3]. На каждом предприятии керамзитового гравия ежедневно образуется 7–8 т керамзитовой пыли [4]. Вибрационные грохоты применяют в основном для разделения неметаллических полезных ископаемых, таких как доломит, керамзит, гранит, асбест, слюда, а также для очистки глины от твердых включений при производстве огнеупоров и керамики.

Наибольшая эффективность работы обеспыливающей вентиляции (аспирации) достигается в том случае, когда пыль удаляется в зоне ее образования. Правильно сконструированный и выполненное укрытие является важнейшим элементом аспирационной системы. Укрытия должны быть неотъемлемой частью машин и изготавливаться заводами — поставщиками оборудования. Тщательная герметизация укрытий грохотов на 80–90 % гарантирует устранение



С. Я. Давыдов

E-mail: davidovtrans@mail.ru

выбросов пылевоздушной смеси за пределы укрытий. Герметизация осуществляется путем использования прокладок из резины и войлока в зонах стыков и соединений частей.

Задача разработки — создание устройства с небольшим расходом воздуха и меньшим перепадом разрежения для уменьшения энергозатрат при удалении излишнего количества запыленного воздуха. При проведении анализа затрат энергии в технологическом процессе производства керамзита выявлено, что наряду с другими процессами (добыча исходного сырья, получение гранул, обжиг) значительная доля приходится на грохочение. При этом потребление энергии в значительной мере связано с необходимостью отвода образующейся при грохочении пыли из помещения. Пыль отводится вентиляторами; с учетом больших размеров помещений для размещения грохотов приходится устанавливать вентиляторы большой мощности. Недостатком устройств [5, 6] является расход большого количества воздуха, что приводит к завышенным энергозатратам при его отводе.

Авторами предложен вариант грохота с использованием полых колосников с отверстиями [7]. Схема устройства показана на рис. 1. Венти-

ляторы через балку, к которой крепятся колосники, обеспечивают удаление пыли через колосники непосредственно из зоны пылеобразования, что позволяет уменьшить объем отсасываемого запыленного воздуха и, соответственно, затраты электроэнергии. Колосниковый грохот для пылеобразующих материалов включает продольные колосники 1 с футерованной накладкой 2, расположенные в кожухе 3 (см. рис. 1). Нижняя сторона 4 колосников 1 под футерованной накладкой 2 снабжена полостями (каналами) 5 с перфорацией 6 (отверстиями) для всасывания пыли через эти отверстия и направления этой пыли по трубопроводу 7 к вентилятору (не показано). После загрузки материала на короб 8 автоматически включается отсасывающий вентилятор (на рисунке не показан) и вибратор 9. Под действием вибратора 9 в коробе 8 и продольных колосниках 1 возникают установившиеся вынужденные колебания, в результате чего пылеобразующий материал перемещается по коробу 8 на колосники 1 и подвергается грохочению по мере его движения к свободным концам колосников. В процессе грохочения криволинейной поверхностью колосников пылеобразующего материала появляется большое количество пыли. Через отверстия 6 каналов 5 каждого колосника 1 запыленный воздух с частицами материала, размер которых меньше отверстий перфорации, засасывается через трубопровод 7 и отсасывается вентилятором с подачей на дальнейшую очистку. Удаление пылевых частиц в непосредственной близости от источников образования пыли уменьшает объем отсасываемого воздуха, что отражается на энергопотреблении. Предлагаемое устройство позволяет значительно повысить эффективность улавливания пылевых частиц.

При использовании полых колосников проведены прочностные расчеты для определения сечений колосников и узлов их крепления к балкам. С учетом переменности сечения отверстий и колебаний колосников расчет напряжений предлагается выполнять методом конечных элементов в системе APM WinMachine в модуле Structure 3D [8]. Так как нагрузки по площади просеивающей поверхности примерно равны, то расчет напряжений и подбор сечения выполнен для одного консольного колосника. Расчет площади просеивающей поверхности, линейных размеров колосника для его реальных размеров выполняется по требуемой производительности по известным формулам [9]. Ширина грохота B (рис. 2, вид снизу) определяется шириной рабочего органа питателя $B_{\text{п}}$ и составляет [10] $B = B_{\text{п}} + (0,3-0,5) \text{ м}$ и $B > (2,0-2,5)D_{\text{max}}$, где D_{max} — наибольший размер куса. При принятой ширине должно соблюдаться условие $B > 4D_{\text{max}}$.

Площадь колосниковой решетки F определяется в зависимости от необходимой произво-

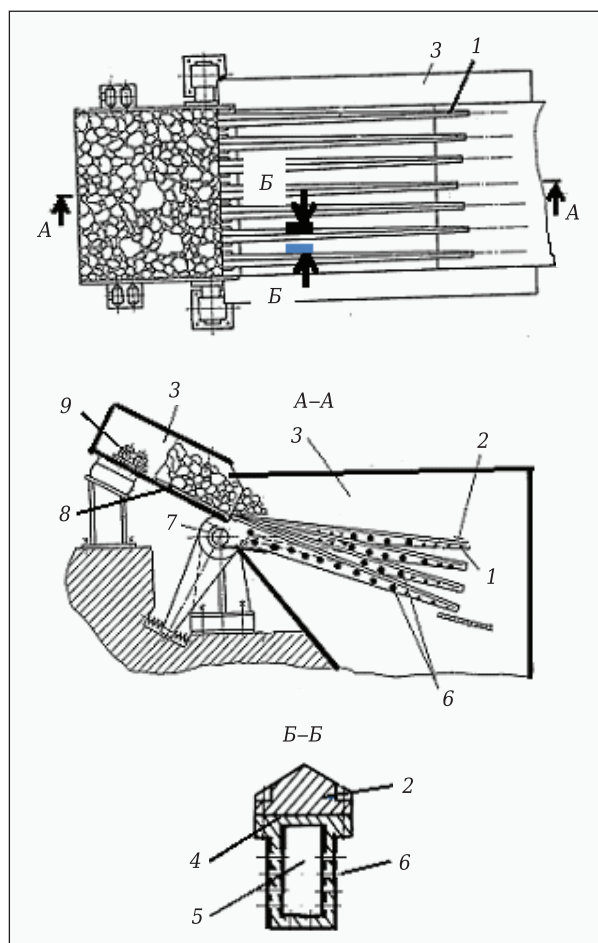


Рис. 1. Колосниковый грохот для пылеобразующих материалов

длительности и эффективности грохочения. В. А. Олевским [9] предложена формула определения объемной производительности неприводного колосникового грохота $Q_0 = q_1 c F$, где q_1 — объемная нагрузка, $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ на 1 мм щели; c — расстояние между колосниками, мм; F — площадь колосниковой решетки, м^2 .

Для прочностных расчетов колосника приняты следующие значения параметров: $c = 0,05$ м для грохота с $B = 2,5$ м и $L = 3$ м; насыпная плотность материала $0,8 \text{ т/м}^3$; толщина слоя керамзита $0,2$ м; ширина колосника 50 мм, высота $h_1 = 120$ мм, $h_2 = 40$ мм.

Для расчета напряжений выбрана пластинчатая модель. Требования к пластинчатым моделям: толщина пластины должна быть, по крайней мере, на порядок меньше ширины пластины, отношение длины к ширине не должно быть более 4 [9]. Для пластинчатой модели нагрузки прикладываются в виде давления на пластину [8]. По приведенным выше значениям определено давление на пластину от керамзита $P_k = 1600$ Па. Для варианта из листов 2 мм напряжение достигает 35 МПа, а при толщине 3 мм 28 МПа (рис. 3).

По условию прочности полые колосники могут быть изготовлены из листов толщиной 2 мм, при этом необходимы дополнительные расчеты на долговечность с учетом износа при перемещении керамзита по верхней поверхности, а при применении для вынужденных колебаний вибраторов — дополнительные расчеты по определению амплитуд и частот полых колосников.

Библиографический список

1. **Рахимов, Р. З.** Керамзитовая пыль как активная добавка в минеральные вяжущие — состав и пуццолановые свойства / Р. З. Рахимов, М. И. Халиуллин, А. Р. Гайфуллин, О. В. Стоянов. — <https://cyberleninka.ru/article/n/keramzitovaya-pyl-kak-aktivnaya-dobavka-v-mineralnyevyazhushchie-sostav-i-puttsolanovye-svoystva>.
2. Вредные выбросы при производстве, мероприятия по их устранению. https://studbooks.net/2548892/tovarovedenie/vrednye_vybrosy_proizvodstve_meropriyatiya_ustraneniya.
3. **ГОСТ 32026–2012.** Сырье глинистое для производства керамзитовых гравия, щебня и песка. Технические условия.
4. **Горин, В. М.** Расширение областей применения керамзитового гравия / В. М. Горин, С. А. Токарева, В. Ю. Сухов [и др.] // Строительные материалы. — 2003. — № 11. — С. 19–21.
5. **Пат. 2019313 Российская Федерация.** Виброгрохот-дробилка / Семенов Г. М. — № 5042323; заявл. 19.05.92; опубл. 15.09.94.
6. **Пат. 995918 Российская Федерация.** Устройство для отсоса пыли из выбивной решетки / Стоянов Н. И.,

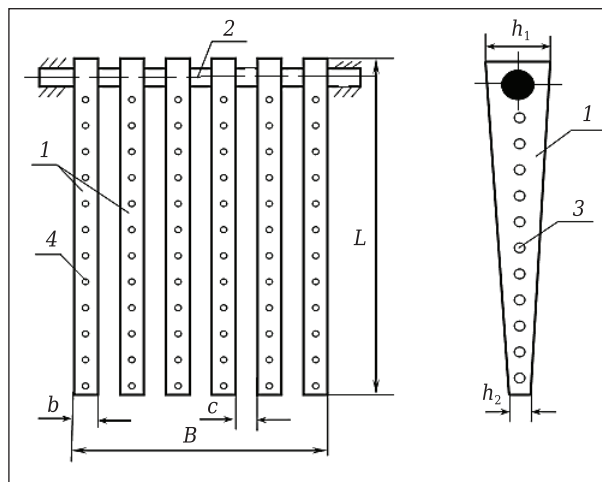


Рис. 2. Схема колосниковой просеивающей поверхности грохота: 1 — колосники; 2 — балка; 3 и 4 — отверстия; L , b , h_1 , h_2 — размеры колосников; B — ширина просеивающей поверхности; c — размер колосниковой щели

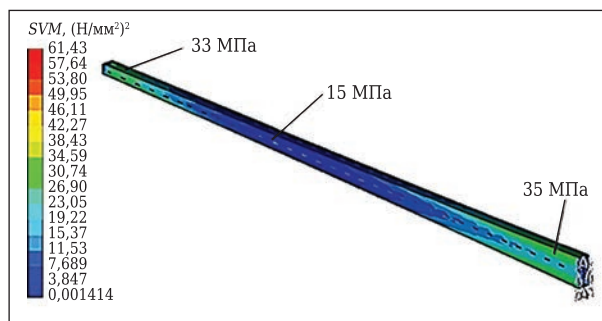


Рис. 3. Результаты расчета напряжений при толщине листов 2 мм

- Абель В. С. — № 3279362; заяв. 17.02.81; опубл. 15.02.83.
7. **Заявка № 2018139185 от 06.11.2018.** Колосниковый грохот для пылеобразующих материалов / Давыдов С. Я., Абдулкаримов М. К., Лагунова Ю. А., Шестаков В. С.; заявитель — Уральский государственный горный университет.
8. **Замрий, А. А.** Проектирование и расчет методом конечных элементов в среде APM Structure 3D / А. А. Замрий. — М.: АПМ, 2010. — 376 с.
9. Справочник по обогащению руд. Т. 1. Подготовительные процессы; под ред. В. А. Олевского. — М.: Недра, 1972. — 448 с.
10. **Юдин, А. В.** Карьерные комплексы и оборудование для разделения карбонатного сырья и глинистых пород / А. В. Юдин. — Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2015. — 337 с. ■

Получено 05.02.19

© С. Я. Давыдов, Н. Г. Валиев, В. С. Шестаков, Д. В. Доможиров, 2019 г.