

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Остапенко, В.А. Механические виброударные системы / В.А. Остапенко. – К.: Наукова думка, 1966. – 240 с.
2. Москалев, А.Н. Термическое бурение шпуров в крепких горных породах / А.Н. Москалев, Ю.Е. Гавруцкий, Б.Г. Фиш. – М.: Информэнерго, 1971. – 6 с.
3. Москалев, А.Н. Новые и усовершенствованные способы бурения шпуров и скважин / А.Н. Москалев, С.Я. Сологуб, О.В. Явтушенко. – К.: Наукова думка, 1972. – 82 с.
4. Повышение эффективности термического и механического бурения / А.Н. Москалев, В.А. Танцура, С.Я. Сологуб, В.М. Ткаченко [и др.]. – М.: Недра, 1973. – 184 с.
5. Барон, Л.И. Сопrotивляемость горных пород отрыву / Л.И. Барон, Л.Г. Кереклици. – К.: Наукова думка, 1974. – 192 с.
6. Проблемы разрушения горных пород. – К.: Наукова думка, 1979. – Вып. 2. – 188 с.
7. Интенсификация процессов разрушения горных пород / А.Н. Москалев, С.Я. Сологуб, Л.М. Васильев, В.Р. Млодецкий. – М.: Недра, 1978. – 203 с.
8. Борьба с угольной пылью / Н.С. Поляков, А.Н. Москалев, Л.М. Васильев [и др.]. – К.: Наукова думка, 1980. – 198 с.
9. Разрушение горных пород при термоциклическом воздействии / А.Н. Москалев, Е.Ю. Пигида, Л.Г. Кереклици, Ю.Н. Вахалин. – К.: Наукова думка, 1987. – 248 с.
10. Васильев, Л.М. Параметры машин для вращательного бурения скважин малого диаметра / Л.М. Васильев, В.С. Демченко. – Днепропетровск: НГУ, 2006. – 101 с.

УДК [622.7-752.002.5:621.928].001.5

Отдел механики машин и процессов
переработки минерального сырья,

зав. отделом

д-р техн. наук В.П. Надутый

РАЗВИТИЕ ВОПРОСОВ СИНТЕЗА ПАРАМЕТРОВ ВИБРАЦИОННЫХ МАШИН В ПРОЦЕССАХ ПЕРЕРАБОТКИ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

У роботі висвітлюються наукові напрямки відділу механіки машин та процесів переробки мінеральної сировини та отримані результати за останні роки. Предметом досліджень є вібраційні машини (конвеєри, грохоти, дробилки, млини) в процесі їх взаємодії з гірничою масою.

THE ISSUES DEVELOPMENT OF SYNTHESIS PARAMETERS OF VIBRATION MACHINES IN THE MINERAL PROCESSING

In work is lighted scientific directions of department of mechanics of machines and processes of processing of mineral raw material and the got results in the last few years. Vibration machines (conveyer, crash, crusher, mills) in the process of their interactions with mountain mass are the article of researches.

Отдел механики машин и процессов переработки минерального сырья ИГТМ НАН Украины сосредоточил внимание на решении задач, связанных с возможностью управления процессами переработки горной массы на различных стадиях добычи и использования на основе изменения регулируемых параметров машин, изучении зависимости производительности и эффективности переработки от каждого параметра в отдельности. На основании установленных зависимостей рассматриваются возможности синтеза параметров машин, как

регулирующих факторов при взаимодействии с горной массой. В теоретическом плане такой подход реализуется идентификацией полученных экспериментальных зависимостей, построением обобщенной математической модели работы машины, учитывающей всю сумму исследуемых факторов влияния.

В качестве объекта исследований приняты вибрационные машины (конвейеры, грохоты, дробилки, мельницы) в процессе их взаимодействия с горной массой, обладающей различными физико-механическими характеристиками. Варьируемыми факторами при изучении процесса взаимодействия машины с горной массой являются наиболее влиятельные параметры машины на процесс переработки, например, мощность привода P , размеры рабочего органа F , удельная нагрузка q , угол наклона α , амплитуда A и частота ω колебаний рабочего органа, жесткость его упругой подвески C . К варьируемым характеристикам перерабатываемой горной массы берутся во внимание ее плотность γ , крупность Δ и влажность W .

Предметом указанных исследований является определение зависимостей основных технологических параметров машин от комплексного влияния всех регулируемых факторов, определение рациональной или оптимальной области изменения этих факторов или их синтеза. В общем виде, например, производительность машины Q в виде комплексной математической модели имеет вид

$$Q = f(P, F, q, \alpha, A, \omega, C, \gamma, \Delta, W)$$

Целью таких исследований является снижение энергопотребления, металлоемкости, улучшение эргономических и эксплуатационных показателей в процессе проектирования и работы машин. Наличие таких обобщенных математических моделей даже на стадии проектирования машин и технологий с их участием дает возможность принять рациональные решения, создать творческую базу для создания вибромашин нового технического уровня.

Используя указанный подход, разработаны модели виброгрохотов, питателей, дробилок, мельниц и в виде кибернетической модели представлены структурные схемы синтеза всего трехстадиального дробильно-сортировочного комплекса, который является типичным для всех дробильно-сортировочных фабрик [1]. Использование математической модели цикла дробления в виде многофакторных регрессионных зависимостей удобно тем, что в них одновременно присутствуют как особенности процессов разрушения и классификации на каждой стадии рудоподготовки, так и параметры материальных потоков в конкретном аппарате [2, 3]. Таким образом, в регрессионных моделях отдельных машин или в обобщенной модели при синтезе машин адекватно представлены макроскопические соотношения процессов дробления и классификации. При этом не возникает необходимости уточнять соответствующую функцию отбора, классификации и разрушения.

Поскольку модели основаны на установленных зависимостях технологических показателей работы дробилок и грохотов от конструктивных и режимных параметров, которые предложено использовать как регулирующие или управ-

ляющие в работе цикла, то их наличие позволяет анализировать эффективность принятия схемного решения технологии переработки горной массы. Именно на этой основе проведен компьютерный анализ эффективности работы трехстадийного открытого и замкнутого циклов рудоподготовки, применяемых на горнообогатительных комбинатах и показано, что можно производить имитационный эксперимент по определению параметров всего цикла при варьировании управляющими и регулируемыми параметрами оборудования без проведения трудоемких натурных испытаний цикла или его отдельных участков, а также дать количественную оценку преимуществ применения замкнутого цикла дробления в схеме.

Учениками вибрационной школы академика НАН Украины В.Н. Потураева, которые являлись и являются сотрудниками ИГТМ НАН Украины и в качестве заведующих отделов возглавляют разработку отдельных проблемных вопросов, создано значительное количество новых конструкций вибромашин на уровне изобретений [4]. Такими учеными как доктора технических наук: В.П. Франчук, А.Г. Червоненко, А.И. Волошин, В.И. Дырда, Б.А. Блюсс, С.П. Минеев развиты теоретические методы расчета вибромашин, обосновано использование новых конструкционных материалов, в частности, полимеров для снижения металлоемкости и энергопотребления, повышения технологических показателей машин [5-10]. В настоящее время эти машины широко используются в горной, металлургической и строительной промышленности. Многолетний опыт эксплуатации показал эффективность их применения и целесообразность дальнейшего совершенствования.

Направленность научной деятельности отдела механики машин и процессов переработки минерального сырья, которым долгие годы руководил академик В.Н. Потураев, связана с продолжением работ этого направления в области создания новых конструкций машин на основе совершенствования их кинематических схем, методов расчета, применения полимерных материалов в качестве упругих связей, рабочих поверхностей, футеровок, виброизоляторов. При этом в методах расчета их параметров, в исследовании доминирующих факторов влияния на работу машины и зависимостей от них технологических показателей работы рассматривается их совместное влияние, синтезированное в конечном результате как по режимным параметрам, так и по технологическим.

В развитии предшествующих работ создано целый ряд новых вибрационных машин и методов их расчета с учетом трудных условий их эксплуатации на горных предприятиях. Этим расширилась область эффективного использования вибромашин в горной промышленности. Как правило, эти сложные условия эксплуатации потребовали новых технических решений по конструкциям машин и методам их расчетов. Примером могут служить вибропитатели для выпуска руды из блоков, где они работают в условиях интенсивных ударных и взрывных нагрузок при дроблении негабаритов накладными зарядами [4]. Расширилась область использования виброгрохотов для мелкой и тонкой (до 40 микрон) классификации сухой горной массы и пульпы, что позволило ус-

пешно использовать их при переработке угольных шламов из отстойников, что значительно расширило сырьевую базу и улучшило экологию регионов [11].

Для классификации трудногροхотимой горной массы повышенной влажности и вязкости создан, испытан и передан в эксплуатацию вибрационный грохот валкового типа. Его новизна на уровне изобретений отражена в кинематической схеме, которая позволила уменьшить металлоемкость в 3-4 раза, а энергопотребление – в 10 раз по отношению к серийным виброгрохотам равной производительности. В этой машине уделено большое внимание синтезу режимных и конструктивных параметров с учетом особенностей свойств перерабатываемой горной массы [11, 12]. На основании разработанной обобщенной математической модели такого грохота, которая включает в своем анализе девять доминирующих параметров, определяются его эксплуатационные характеристики как при создании, так и при эксплуатации.

Учитывая целый ряд требований к тонким технологиям по вторичной переработке техногенных отходов горного производства, создана конструкция вибромашин, которая совмещает в себе вибробункер, вибропитатель и виброгрохот. Машина вертикального типа занимает площадь $2,5 \text{ м}^2$, имеет низкое энергопотребление и предназначена для конечных стадий переработки горной массы при получении товарной продукции. В ней синтезированы параметры машин и параметры перерабатываемой горной массы. Рациональность этих параметров определяется обобщенными математическими моделями по производительности и эффективности грохочения, а новизна конструкции подтверждена патентом [13, 14].

В значительной степени удовлетворяются требования по снижению металлоемкости и потреблению электроэнергии в приводе при различных динамически активных рабочих поверхностях, полимерных упругих связей и использование методов рационального конструирования. Освоение новых технологий комплексной переработки техногенных отходов горного производства, когда горная масса, находясь в отвалах, содержит много компонентов в количествах, представляющих промышленный интерес потребовало адаптации существующих вибромашин к требованиям создаваемой технологии переработки. Примером могут служить виброгрохоты тонкой классификации и обезвоживания при извлечении углеродной массы из шламохранилища или снижения зольности угольных штыбов, получаемых после мелкой отсадки [12].

Для комплексной переработки базальтового сырья, содержащего в своем составе высокое содержание железа (45-50 %), титана (до 4,0 %), самородной меди (0,7-4,0 %) потребовалась разработка целого ряда оборудования, отвечающего требованиям новой технологии. Следует отметить, что при добыче базальта, который используется как сырье для строительства, в карьерах образуются громадные отвалы сопутствующих горных пород, состоящие из туфа и лавобрекчии, которые не используются, но в своем составе содержат все указанные выше ценные металлы и в тех же количествах. Эти отвалы техногенны по составу и запасам. Все эти горные породы, вместе с базальтом для реализации комплексной безотходной технологии требуют специального оборудования.

Одним из примеров может служить комплексная переработка туфа, в котором самородная медь находится в виде точечных включения ($0,5 \div 0,2$ мм) и в процессе рудоподготовки (дробления, измельчения) недопустимо его переизмельчение поскольку последующей операцией по извлечению меди на электросепараторах переизмельченные самородки практически не извлекаются. Для этих условий в отделе создана новая конструкция вибрационной винтовой мельницы, которая на разгрузке имеет определенную регулируемую крупность [15]. В этой технологии с успехом могут использоваться упомянутые ранее виброгрохоты для тонкой классификации, а также валковые и вертикальные.

Особое внимание в процессах переработки горной массы занимает ее обезвоживание, особенно на конечных стадиях при получении товарного продукта. Отделение внешней влаги из горной массы в целом ряде операций горного производства (тяжелосредняя сепарация, флотация, дешламация и т.д.) в целом ряде случаев решается успешно, но недостаточно, поскольку в измельченном концентрате или промпродукте находится капиллярная влага в поровых каналах слоев продуктов и в виде перетяжек между отдельными частицами. В этом случае силы поверхностного натяжения не позволяют легко избавиться от влаги и она составляет, как правило, 19-25 %. В то время, как по требованиям к конечному продукту она должна составлять 5-6 %. Учитывая миллионные объемы продуктов переработки, проблема обезвоживания является чрезвычайно актуальной. Использование сушки, центрифугирования, вакуумирования является дорогостоящим.

В этом направлении в отделе ведутся исследования по вибрационному обезвоживанию горной массы. Развита теоретические основы по капиллярному поведению жидкости применительно к поровым каналам в горной массе, а также массе, находящейся на сетке виброгрохота тонкой классификации, изучено влияние вибрации на поведение капиллярной жидкости. На уровне изобретений предложено несколько технических решений по интенсификации обезвоживания влажной массы вибрационным методом [16]. Эти методы не решают полностью проблему обезвоживания, но даже частичное снижение влаги в товарной продукции имеет громадный экономический эффект (снижение веса угля при перевозках, размораживание угля в вагонах на ТЭС зимой и т.д.).

Вся научная продукция, полученная сотрудниками отдела при выполнении трех бюджетных тем и хозяйственных договоров, регулярно публикуется в научных специализированных изданиях. В среднем сотрудниками отдела в год издается 20-25 печатных работ, включая и материалы конференций по тематике отдела. За последние 10 лет в отделе защитились 5 кандидатов и один доктор наук. В настоящее время подготовлены к защите 2 кандидатские диссертации. За последние пять лет оказана методическая, научная помощь в подготовке одной докторской и трех кандидатских диссертаций соискателям Ровенского университета по кафедре открытых горных работ, на основе совместной деятельности по договору о творческом содружестве и исследованиям по добыче и переработке базальта, янтаря и туфа.

Таким образом, в отделе механики машин и рабочих процессов переработки минерального сырья к юбилею института освоены методы дальнейшего развития вибрационной техники и ее использования в горной промышленности, а также подготовлены научные работники высшей квалификации, способные продолжить решение научных задач и воплотить в практику новые разработки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Надутый В.П. Моделирование и средства интенсификации дробильно-сортировочных комплексов / Монография – Днепропетровск: НГА Украины, 2002. – 203 с.
2. Надутый В.П. Разработка математического метода анализа и планирования эксперимента в циклах дробления руд. – В кн.: Тез. докл. Всесоюзной конф. по вибрационной технике. – Тбилиси, 1991. – С. 61.
3. Надутый В.П. Анализ математических моделей циклов дробления для разработки их статистического представления. ВИНТИ ДЕП № 2651-В90. – Днепропетровск, 1990. – 14 с.
4. Потураев В.Н. Вибрационная техника и технология в энергоемких производствах / Потураев В.Н., Франчук В.П., Надутый В.П. Монография – Днепропетровск: НГА Украины, 2002. – 186 с.
5. Франчук В.П. Исследование и разработка принципов синхронизации нескольких вибровозбудителей / Гірничя електромеханіка і автоматика. Науково-технічний збірник. – Дніпропетровськ – НГА, 1999. – С. 235-238.
6. Червоненко А.Г. Синтез параметров вертикального виброконвейера тяжелого типа / Вибрационные машины производственного назначения. Материалы конф. МДНТП. Сб. № 2. М. – 1971.
7. Потураев В.Н., Волошин А.И., Пономарев Б.В. Вибрационно-пневматическое транспортирование сыпучих материалов. – Киев: Наук. думка. – 1989. – 252 с.
8. Булаг А.Ф., Дырда В.И., Звягильский Е.Л., Кобец А.С. Прикладная механика упругонаследственных сред. В 3-х томах. Т-2. – Киев: Наук. думка. – Методы расчета эластомерных деталей. – 2012. – 616 с.
9. Потураев В.Н. Механика вибрационных машин с эластичными рабочими органами / В.Н. Потураев, В.П. Надутый, А.В. Юрченко, Б.А. Блюсс. ИГТМ НАН Украины. – Киев: Наук. думка. – 1991. – 152 с.
10. Минеев С.П. Научные основы использования волновых и пульсационных эффектов для снижения газодинамической активности угольных пластов / Автореф. докт. дисс. – Днепропетровск, 1998.
11. Деклараційний патент на винахід № 71721. Україна. МКИ 7 В 07 1/14. Валковий класифікатор / Надутий В.П., Ягнюков В.Ф. – Заявка № 200398828 від 29.09.2003. – Опубл. 15.03.2004, – Бюл. № 12.
12. Патент України на корисну модель № 39362. Грохот вібраційний / Надутий В.П., Ягнюков В.Ф., Хмеленко І.П. – Заявка № 200810736 від 01.03.2008. – Опубл. 25.02.2009, – Бюл. № 4.
13. Патент України на корисну модель № 62641. Вертикальний вібраційний грохот / Надутий В.П., Левченко П.В. – Заявка № 201100719. – Опубл. 19.09.2009, – Бюл. №17.
14. Надутый В.П. Определение целевой функции и варьируемых параметров процесса грохочения на вертикальном виброгрохоте / Надутый В.П., Сухарев В.В., Левченко П.В. // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. Институт геотехнической механики НАН Украины. – Днепропетровск. – 2011. – Вып. 92. – С. 3-14.
15. Патент України на корисну модель № 48990. Внутрівалковий млин вібраційного типу / Надутий В.П., Сухарев В.В., Кіжло Л.А. – Заявка № 200911229. – Опубл. 12.04.2010, – Бюл. № 7.
16. Патент України на корисну модель № 65469. Спосіб грохочення та зневоднювання мінеральної сировини, що важко класифікується / Надутий В.П., Лапшин Є.С. Шевченко О.І., Буров О.В. – Заявка № 201105325. – Опубл. 12.12.2011, – Бюл. № 23.

ВІДДІЛ ГЕОЛОГІЇ ВУГІЛЬНИХ РОДОВИЩ ВЕЛИКИХ ГЛИБИН: ІСТОРІЯ СТВОРЕННЯ І РОЗВИТКУ

Изложена история создания и развития отдела геологии угольных месторождений больших глубин. Создание отдела – 1961 год. На первоначальном этапе он работал над проблемами прогноза горно-геологических условий разработки угольных месторождений, геологических условий и факторов выбросоопасности горных пород и угольных пластов. В дальнейшем проводилась работа по исследованию геологических условий формирования природных и техногенных скоплений метана в угольных пластах

DEPARTMENT OF GEOLOGY OF COAL DEPOSITS GREAT DEPTHS: HISTORY AND DEVELOPMENT

History of creation and development of department of geology of coal deposits of large depths is expounded. Creation of department is 1961 year. On a primary stage he worked on problem of prognosis of forecasting mining and geological conditions of development of coal deposits, geological terms and factors of the troop landings of coal are a danger mountain breeds and coal layers. Work on research of geological terms of forming of natural and technogenical accumulations of methane in coal layers was conducted in future.

Відділ геології вугільних родовищ великих глибин, який веде свій “родовід” з березня 1961 р., був заснований для вирішення геологічних проблем, пов’язаних з освоєнням глибоких горизонтів на гірничодобувних підприємствах вугільних басейнів і родовищах України.

Спочатку існувала група наукових співробітників, яка входила до складу інституту геології АН УРСР (м. Київ) і вивчала закономірності розподілу розсіяних елементів у вугільних пластах Донбасу. Її створив і очолив член-кореспондент АН України, доктор геолого-мінералогічних наук, професор Олександр Зосимович Широков. Паралельно з напрямом геолого-геохімічних досліджень вугілля в лабораторії проводилося вивчення фізико-механічних властивостей гірських порід і морфології вугільних пластів, розвивалися роботи із застосування геофізики для вирішення питань гірничої справи, зокрема, для прогнозу стійкості гірничих виробок. В основному, цими питаннями займався Ю.І. Білоцерковець, який у 1963 році захистив кандидатську дисертацію.

У березні 1961 р. Постановою Президії АН УРСР (протокол № 13, § 200) група передається в Інститут чорної металургії АН УРСР (м. Дніпропетровськ). А через рік — у березні 1962 р., у зв’язку з перетворенням відділу гірничорудних проблем ІЧМ АН УРСР, — у Відділення гірничорудних проблем Інституту електротехніки АН УРСР (рішення Президії АН УРСР, протокол № 13, § 146). Перед лабораторією були поставлені нові завдання, а саме, в галузі механіки гірських порід. Лабораторія рідкісних і розсіяних елементів стала однією з чотирнадцяти підрозділів відділення (фонди ІГТМ, 1961 — 1969 рр.).

Наприкінці 1963 р. Постановою Ради Міністрів УРСР № 1403 від 28 грудня і Постановою Президії АН УРСР №4 від 15 січня відділення гірничорудних про-