

А.Ф. Булат, акад. НАНУ, д-р техн. наук, профессор  
В.И. Дырда, д-р техн. наук, профессор  
(ИГТМ НАН Украины)  
В.Н. Пухальский, канд. техн. наук, гл.инженер  
(ВостГОК)

## МАШИНЫ И ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПОДЗЕМНОЙ ДОБЫЧИ УРАНОСОДЕРЖАЩИХ РУД НА БАЗЕ ЭЛАСТОМЕРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

**Аннотация.** Рассматривается создание и внедрение вибрационных машин на базе эластомерных конструкций: упругих подвесок и защитных футеровок. Их применение позволило создать высокоэффективные горные питатели и комплексы для выпуска и доставки ураносодержащих руд. Эластомерные упругие подвески и защитные футеровки обеспечили технологический режим работы вибромашин, их заданную долговечность, высокую надёжность и качество в сложных условиях подземной добычи руд. Они позволили также снизить энергоёмкость и количество зависаний, обеспечить безопасный выпуск и доставку горной массы из очистных блоков и практически исключили случаи травматизма рабочих. Рассматриваются основные составляющие энергосберегающей циклично-поточной технологии выпуска и доставки ураносодержащих руд.

**Ключевые слова:** вибрационные машины и комплексы, выпуск и доставка ураносодержащих руд, эластомерные упругие подвески, защитные футеровки, энергосберегающая циклично-поточная технология

A.F. Bulat, Acad. NASU, D. Sc. (Tech.), Professor  
V.I. Dyrda, D. Sc. (Tech.), Professor  
(IGTM NAS of Ukraine),  
V.N. Puhalskiy, Ph. D. (Tech.), Chief Engineer  
(Western Mining and Processing Plant)

## MACHINES AND TECHNOLOGIES FOR UNDERGROUND MINING URANIFEROUS ORES ON THE BASIS OF ELASTOMERIC CONSTRUCTIONS

**Abstract.** We consider the creation and implementation of vibration machines based on elastomeric constructions: elastic suspension brackets and protective linings. Their use could create a highly efficient mining feeders and systems for the production and delivery of uraniferous ores. Elastomeric elastic suspension and protective lining provided technological mode of vibration machines, specified their durability, reliability and quality in the difficult conditions of underground mining of ores. They also reduced energy intensity and the number of lockups, ensured the safe release of the rock mass and delivery of purification units and practically prevented injury of workers. The principal components of the energy-saving cyclic-flow technology of manufacturing and delivery of ores, containing uranium, are considered.

**Keywords:** vibrating machines and systems, production and delivery of uraniferous ores, elastomeric elastic suspension, protective linings, energy-saving cyclic-flow technology

В настоящее время подземным способом разрабатываются все более бедные залежи, ведётся добыча на больших глубинах, обрабатываются месторождения в сложных горно-геологических и горнотехнических условиях. Вместе с тем эти усложнения приводят к снижению темпов развития подземной добычи руд и требуют существенного улучшения техники и технологии горных работ.

Одним из наиболее важных технологических процессов при подземной разработке рудных месторождений является выпуск и доставка отбитой горной массы из очистного пространства и погрузка её в транспортные средства.

Применение гравитационного выпуска руды (применялся вплоть до 1965-1967 г.) не в полной мере отвечало требованиям, предъявляемым к механизмам

для выпуска и доставки материалов, и характеризовалось низкой производительностью, частыми остановками из-за зависаний руды, высоким уровнем травматизма рабочих.

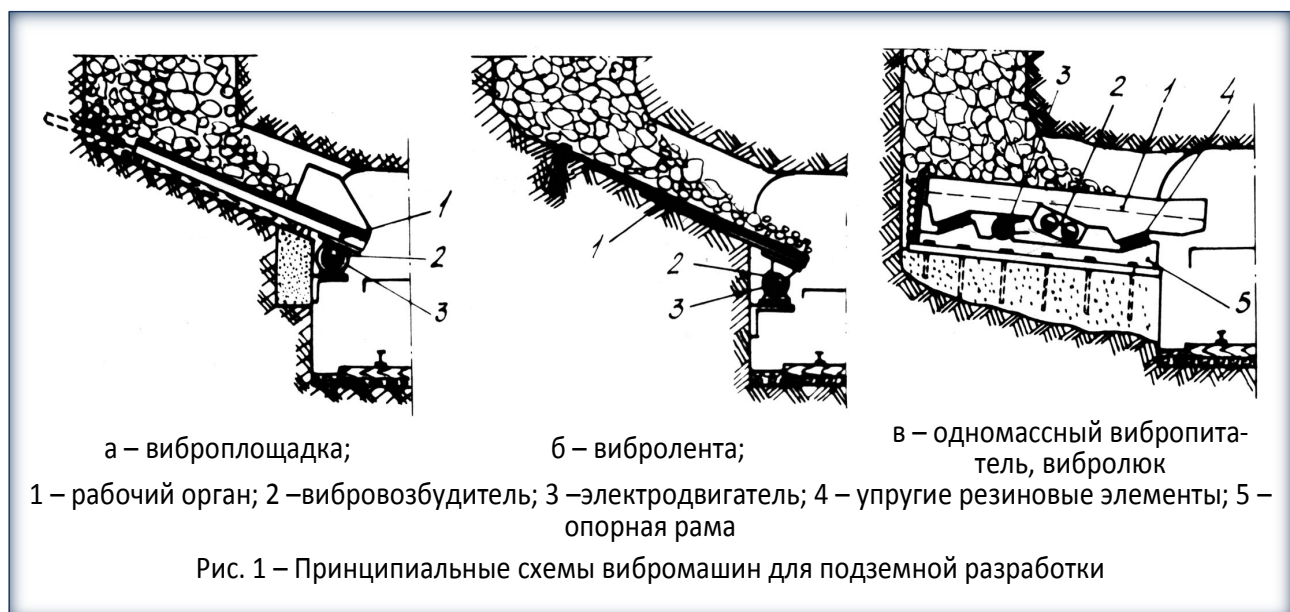
Технические характеристики основных типов питателей и устройств для выпуска материалов из ёмкостей, конструкции, методы расчёта их классификация и опыт эксплуатации приведены в [1, 2, 3] и в более поздних работах авторов [4-7].

Механизация горных работ на выпуске и доставке требует специфического подхода: к машинам и механизмам предъявляются повышенные требования долговечности и надёжности, лёгкости монтажных и демонтажных работ, пониженной металлоёмкости, стойкости узлов и деталей к агрессивному влиянию внешней среды, способности к автоматизации с целью создания безлюдной выемки, защиты операторов от действия пыли и шума и т.д.

Наиболее полно этим требованиям отвечают вибрационные машины и комплексы: вибропитатели, грохоты, виброконвейеры, питатели-грохоты, бункеры-дозаторы, вибровозбудители и т.д.

Все эти машины предназначены для выпуска материалов из ёмкостей, перемещения их, сегрегации и погрузки на транспортные средства или в приёмные устройства технологических машин. Конструктивно они просты и состоят в большинстве случаев из трёх основных узлов: рабочего органа, системы упругих связей и вибровозбудителя (рисунок 1). Принцип работы заключается в следующем: машины устанавливаются под ёмкостью с некоторым заглублением в сыпучий материал; при работе осуществляется вибровозбуждение сыпучего материала, силы сцепления между отдельными частицами его уменьшаются и материал приобретает свойство текучести. Вибромашины формируют поток выпускаемого из ёмкости материала, обеспечивают его непрерывный дозируемый выпуск и транспортирование на определённое расстояние.

Вибромашины для выпуска и доставки материалов выполняют разнообразные технологические функции в самых различных отраслях промышленности: выпуск из дучек и рудоспусков и доставка руды к вагонам в подземных условиях и на карьерах; выпуск из бункеров угля и погрузка его в вагоны или автомашины; подача материалов в сушилки, мельницы, дробилки и др.; дозировка и подача мате-



риала на ленточные конвейеры.

Питатели могут устанавливаться под бункерами, представляющими собой специальные металлоконструкции, или в горных выработках под ёмкостями, образованными горными породами – в рудных блоках или под рудоспусками.

В горной промышленности для выпуска и доставки сыпучих и кусковых материалов из ёмкостей в основном применяются: доставочные вибропитатели, вибропитатели-люки, питатели-грохоты и вибропобудители [8, 9].

Доставочные вибропитатели и вибропитатели-люки обычно выпускают и доставляют руды из дучек очистных блоков, рудоспусков и других аккумулирующих ёмкостей при большой длине транспортирования. К вибропитателям предъявляются высокие требования по прочности и надёжности конструкции, так как они работают в условиях завала, т.е. большого статического давления руды, нагрузок от воздействия взрывных работ при вторичном дроблении и ликвидации завесаний, а также значительных ударных нагрузок от падающих кусков горной массы.

Большинство вибропитателей, виброплощадки и виброленты выполнены по одномассной неуравновешенной схеме. Виброплощадка (рис. 1, а) выполнена в виде жёсткой платформы, устанавливаемой в доставочной выработке на двух жёстких опорах (типа шпал или рельсов) под углом  $(14-27)^\circ$  и крепится к торцовой стенке выработки тросами. Вблизи разгрузочного конца платформы установлен одновальный инерционный вибровозбудитель, получающий крутящий момент от электродвигателя. Под действием вынуждающей силы вибровозбудителя опёртая на двух опорах платформа совершает изгибные колебания, способствующие движению выпускаемого материала.

Виброленты (рис. 1, б) используют принцип бегущей волны и предназначены в основном для отработки маломощных жильных месторождений. Они снабжены одновальным дебалансным вибровозбудителем и устанавливаются в доставочной выработке под углом  $(17-23)^\circ$ .

Отсутствие упругих связей и круговое направление действия вынуждающей силы вибровозбудителя в рассматриваемых машинах приводило к повышенным энергозатратам и к значительным динамическим нагрузкам рабочего органа; к тому же они отличались высоким уровнем травматизма рабочих и не отвечали требованиям промышленной безопасности. Поэтому их применение ограничивалось участием в разработке маломощных рудных месторождений. На Украине они практически не применялись.

Одномассные вибропитатели-люки (рис. 1, в) обеспечивают выпуск и транспортирование материала при горизонтальном или наклонном (до  $10^\circ$ ) положении рабочего органа. Инерционный вибровозбудитель с направленной под углом  $(25-35)^\circ$  вынуждающей силой и резиновые упругие связи позволяют таким машинам устойчиво работать под завалом с большой производительностью и малыми энергозатратами.

Работы по исследованиям, расчётам, разработке, доводке и массовому освоению вибрационных машин и технологических схем вибрационного выпуска, доставки и погрузки горной массы были начаты в начале шестидесятых годов прошлого века. Министерством среднего машиностроения СССР были утверждены технические задания для предприятий п/я Р-6449 и п/я Г-4938 (г. Ж. Воды) с

привлечением ряда предприятий и институтов страны в том числе и Института геотехнической механики АН УССР (с 1969 по 1992 годы).

В результате проведения широкомасштабных исследований, выбора наиболее экономически целесообразных конструктивных решений и освоения изготовления предприятием п/я Р-6449, а также в результате опытно-промышленной эксплуатации в подземных условиях Государственными комиссиями были приняты для серийного изготовления и внедрения ряд вибрационных питателей типов ПВГ и ПВМ (см. табл. 1 – табл. 3).

Таблица 1 – Технические характеристики вибрационных питателей и комплексов

Показатели	ПВМ-1,0/1,5	ПВМ-1,0/2,3	ПВГ-1,0/2,2	ПВГ-1,2/3,1	ПВГ-1,2/5,7	ПВГ-1,4/4,0	ПВГ-1,3/7,0 (ВПр-3М)
Производительность, т/ч	150-250	250-350	400	900	600	900-1500	900-1500
Длина транспортирования, м	1,5	2,4	2,24	3,1	5,7	4,0	6,9
Ширина лотка, м	1,0	1,0	1,0	1,2	1,2	1,4	1,2
Угол установки, градус	5-10	0-5 15-45	0	0	8	0	8
Частота колебаний, с <sup>-1</sup>	101	101	101	101	115	101,5	101
Вынуждающая сила, кН	16-30	16-30	28-38	55-80	105-145	90-120	130-180
Масса, кг	320	425	1000	2120	4950	3770	7100
Стоимость, руб.	250	300	1200	2245	2980	2870	4000
Ресурс до капитального ремонта, тыс.т	35	35	120	180-250	150	1500	150-300

Таблица 2 – Область применения горных питателей

Система разработки	Вид отбойки	Схема выпуска	Объем выпуска, т.т	Рекомендуемый тип питателя
С магазинированием руды	Мелкошпуровая	прямой	до 50	ПВМ-1,0/1,5; ПВМ-1,0/2,3; ПВГ-1,0/2,2
			с горизонтом вторичного дробления	до 50
	Скважинная	с горизонтом вторичного дробления	свыше 50	ПВГ-1,0/2,2
			до 50	ПВГ-1,0/2,2
Подэтажные штреки (орты). Подэтажное обрушение	Скважинная	с горизонтом вторичного дробления	свыше 50	ПВГ-1,2/3,1
			до 50	ПВГ-1,2/3,1
	прямой	до 50	ПВГ-1,2/3,1	
		свыше 50	ПВГ-1,4/4,0; ПВС-1,4/7,0; КВГС-1	
Проходка подэтажных и восстающих выработок, горизонтальные слои с закладкой и т.п.			до 50	ПВМ-1,0/1,5; ПВМ-1,0/2,3
			50-100	ПВГ-1,0/2,2
			свыше 100	ПВГ-1,2/3,1
Рудоспуски и бункера рудоперерабатывающих комплексов			до 500	ПВГ-1,2/3,1
			свыше 500	ПВГ-1,4/4,0

Общее понижение ведения горных работ и связанные с глубокими шахтами усложнения потребовали интенсификации и концентрации отработки блоков и залежей, применения высокопроизводительных систем разработки с массовой отбойкой руды скважинными зарядами ВВ, перехода на циклично-поточные и поточные технологии подземной добычи. Важнейшим сдерживающим фактором при этом являлось наличие зависаний выпускаемой крупнокусковой горной массы.

Таблица 3 – Количество внедрённых в народное хозяйство вибропитателей и комплексов и полученный фактический экономический эффект от их внедрения

Тип питателя	Количество машин, внедрённых на предприятиях организации п/я Р-6214						Другие предприятия			Всего по типам, шт.	Суммарный экономический эффект, тыс.руб.
	п/я Р-6449	п/я Г-4312	п/я М-5175	п/я А-1768	п/я В-8948	п/я В-2683	Полтавский ГОК	ПО «Кривбассруда»	ПО «Уралзолото»		
ПВМ-1,0/1,5; ПВМ-1,0/2,3	14	-	56	330	145	18	-	-	-	563	806,8
ПВГ-1,0/2,2	811	374	499	372	600	468	-	-	14	3138	12130,0
ПВГ-1,2/3,1	1794	626	901	191	92	12	-	1403	4	5023	29438,7
ПВГ-1,4/4,0	114	--	-	-	-	-	-	-	-	114	635,0
ПВГ-1,3/7,0; ПВГ-1,2/5,7	241	-	-	-	-	-	3	-	-	244	4090,9
КВГС-1; ПВС-1,4/7,0; ПВСТ	12	-	-	-	-	-	4	-	-	12	534,0
ПВГ-1,6/4,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	285,1
Итого	2986	1000	1456	893	837	498	7	1403	18	9097	47920,5

Для ликвидации этого отрицательного эффекта и для интенсификации процесса в целом разработана и исследована оригинальная схема вибрационных секционированных питателей, позволяющих расширить зону воздействия вибрации на выпускаемый материал и превратить выпускное отверстие в выпускную щель, значительно превышающую максимальные размеры отдельных кусков выпускаемого материала. Новый метод секционирования использован в конструкциях вибрационных питателей малогабаритных ПВМ-1,0/2,3, питателей вибрационных секционированных ПВС-1,4/7,0, а также в комплексах вибрационных горных секционированных КВГС-1 и КВП-1 [табл. 1 – табл. 3].

Применение секционированных вибропитателей и комплексов, по сравнению с обычными, позволило снизить объем горнопроходческих работ и потери руды в днищах блоков, увеличить производительность и надёжность процесса за счёт снижения в 25-60 раз количества завесаний без дополнительных энергетических затрат. Питатели ПВМ-1,0/2,3 нашли применение на шахтах предприятий п/я М-5175, А-1768, В-8948, Р-6449 и др.; питатели ПВС-1,4/7,0 и комплекс КВГС-1 – на шахтах предприятия п/я Р-6449.

Разработке вибрационных машин и комплексов способствовало следующее.

Во-первых, правильный выбор структурной схемы и использование новых методов динамических расчётов и рационального проектирования как машин в целом, так и отдельных их элементов; использование современных принципов и достижений в области технологии вибротранспортирования крупнокусковых материалов при значении режимов вибрации: амплитуд (3-5) мм и наименее энергоёмкой частоты вынужденных колебаний (15,5-17,5) Гц.

Во-вторых, использование оригинальных и высоконадёжных резиновых упругих звеньев: в питателях ПВМ-1,0/1,5, ПВГ-1,6/4,0 и питателе-грохоте вибрационном ПВГ-40/400 использована упругая опора, позволяющая реализовать направленные колебания; в остальных машинах использован новый тип упругой опоры с буферным элементом, позволяющим в несколько раз увеличить на-

дёжность упругой подвески питателя, работающего в условиях экстремальных динамических нагрузок, вызываемых ведением взрывных работ по отбойке, ликвидации завесаний и дроблению негабаритов, а также повысить производительность виброустановки на (15-20) % при одновременном снижении удельных энергозатрат на (10-12) %.

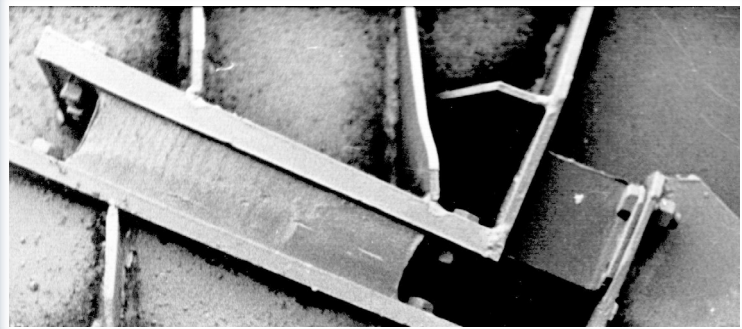


Рис. 2 – Упругая подвеска вибропитателя ВПР-4М

Для защиты рабочих органов от ударных нагрузок и абразивного износа использовалась резиновая футеровка.

Элементы упругой подвески вибрационных машин изготавливались из традиционных марок резин типа 2959 и новых, специально разработанных марок (рис. 2). Для изготовления буферных элементов и элементов упругой подвески машин использовалась резина 2959; элементы подвески и поддерживающие элементы выполнялись также из новой резины типа 51-1562, защищённой авторским свидетельством №609302. Резина является перспективной для изготовления силовых деталей, и изделия из неё конкурентоспособны с лучшими мировыми образцами. Конструкция элементов защищена авторским свидетельством №643686.

Для упругой подвески вибропитателей и комплексов были разработаны также резиновые цилиндрические элементы. Серийное производство их освоено заводами организации п/я Р-6214. Ряд конструкций защищён авторскими свидетельствами №679745, 581310 и 865736.

В-третьих, применение оригинального двухвального вибровозбудителя, позволяющего более рационально использовать энергию привода и повысить техническую производительность питателей на (30-35) % без дополнительных энергозатрат.

Применение вибрационных питателей и схем вибрационного выпуска, доставки и погрузки руды в подземных условиях позволило механизировать один из наиболее трудоёмких и опасных процессов добычи полезного ископаемого и решить при этом следующие задачи:

- увеличить производительность выпуска и погрузки крупнокусковой горной массы в 2,5-3 раза и высвободить двух рабочих на выпуске;
- увеличить в несколько раз интенсивность отработки и уменьшить срок эксплуатации очистных блоков и горизонтов;
- уменьшить трудоёмкость и снизить себестоимость процесса выпуска и погрузки руды;
- повысить равномерность истечения горной массы из выпускных отверстий и снизить в 3-5 раз частоту завесаний крупнокускового материала; применением секционированных питателей количество завесаний снижается в 25-60 раз;
- увеличить размер кондиционного выемочного куска;

- практически исключить случаи травматизма на процессе выпуска и погрузки, занимающие (30-60) % от всех случаев на подземных работах;
- механизировать процесс выпуска и погрузки и создать условия для осуществления малоотходной циклично-поточной технологии добычи;
- впервые в практике горного производства применить щелевой выпуск руды из очистного блока (без горизонта вторичного дробления) через отверстия большого сечения практически любого гранулометрического состава;
- снизить потери руды в днищах блоков и объем горнопроходческих работ.

Особенно важным является создание и внедрение в производство циклично-поточной малоотходной технологии подземной добычи руд с применением вибрационной техники. Такая технология впервые была создана сотрудниками предприятия п/я Г-4938 и с 1970 года была внедрена на всех предприятиях Министерства среднего машиностроения СССР. На то время (т.е. 1970-1992 гг.) технология не имела аналогов в мировой практике и применялась на РПО «Укрруда» Министерства горной металлургии УССР и на горнодобывающих предприятиях (совместно с вибрационными машинами) ряда зарубежных стран, в основном стран-участников СЭВ. По этой технологии с применением вибрационных машин и комплексов добывалось (75-95) % горной массы подземным способом; на рудниках предприятия п/я Р-6449 добывалось более 95 % руды; на предприятиях организации п/я Р-6214 примерно (70-95) % всей добываемой руды.

Опыт серийного освоения и эксплуатации вибрационных горных питателей на рудниках предприятия п/я Р-6449 послужил основой для широкого распространения и внедрения вибромеханизмов на других предприятиях отрасли.

В 1987 году вибрационный выпуск и погрузка руды внедрены на всех горнодобывающих предприятиях организации п/я Р-6214.

Серийное изготовление питателей было освоено заводами предприятий страны; в том числе России, Казахстана, Узбекистана и ряда других республик.

По технической документации предприятия п/я Г-4938 вибропитатели изготавливались Ленинским рудоремонтным заводом и Криворожским центральным рудоремонтным заводом производственного объединения (ПО) «Кривбассрудоремонт» (г. Кривой Рог) и заводами ПО «Уралзолото».

Горные питатели типа ПВГ-1,0/2,2 и ПВГ-1,2/3,1 успешно работали в поверхностных перегрузочных пунктах рудоприёмных и рудоперерабатывающих комплексов предприятия п/я Р-6449, заменив дорогостоящие массивные и энергоёмкие пластинчатые питатели.

Вибропитатели ПВГ-1,2/1,3У с 1976 года выпускаются серийно Ленинским рудоремонтным заводом («Кривбассрудоремонт, г. Кр. Рог) и эксплуатируются на следующих предприятиях: Рудоуправление имени С.М. Кирова (шахты № 1 им. Артема, им. С.М. Кирова, «Северная»); Первомайском рудоуправлении (шахта «Объединённая» и «Первомайская-1»); рудоуправлении им. Ф.Э. Дзержинского (шахты «Гигант-глубокая» и «Саксагань»). По имеющейся документации с 1976 года изготавливалось и внедрялось на предприятиях «Кривбассруда» ежегодно 160-170 вибропитателей. Фактический экономический эффект от внедрения одного вибропитателя составлял 2074 руб. в год.



Основные конструктивные решения вибропитателей и комплексов защищены авторскими свидетельствами (всего 47 а.с.), а их параметры и размеры стандартизованы: ОСТ 95.867-81 «Питатели вибрационные. Основные параметры и размеры», ОСТ 95.972-83 «Питатели вибрационные горные для выпуска руды. Общие требования безопасности» (см. Приложения).

К началу 1986 г. предприятиями отрасли изготовлено и внедрено свыше 9000 вибрационных питателей и комплексов, ежегодно находилось в эксплуатации 500-700 вибромашин.

Для нужд Криворожского бассейна, начиная с 1976 г., ПО «Кривбассрудоремонт» изготавливало 120-150 вибропитателей в год: всего изготовлено свыше 1400 вибрационных питателей (данные на 1986 год).

Вибропитатели и техническая документация на машины и технологию выпуска переданы и использовались в странах-участниках СЭВ.

Фактический экономический эффект от внедрения вибротехники только по предприятиям организации п/я Р-6214 составил свыше 42 млн. руб. (на 1986 год).

Общий реальный экономический эффект от внедрения разработанных вибрационных питателей и комплексов составил более 47 млн.руб. (на 1986 г.).

Результаты теоретических и экспериментальных исследований авторов, опыт их конструирования и внедрения вибропитателей и новой технологии выпуска и доставки руды опубликованы в журналах и монографиях, доложены на многих Международных и Всесоюзных конференциях и съездах, использованы в разработках проектных и научно-исследовательских институтов. Вибропитатели демонстрировались на ВДНХ СССР и ВДНХ УССР и удостоены серебряной и бронзовой медалей и дипломов первой и второй степени.

В целом можно отметить следующее.

1. Разработаны научные основы проектирования и расчёта мощных вибрационных питателей и комплексов с резиновыми элементами, отличающимися оригинальной конструкцией, экологической чистотой, низкой удельной металлоёмкостью и энергоёмкостью, высокой долговечностью и надёжностью.

2. Впервые был создан и массово внедрён в производство параметрический ряд оригинальных конструкций вибрационных машин и комплексов, предназначенных для всего многообразия технологических схем выпуска, доставки и погрузки горной массы при добыче рудных залежей от жильных до весьма мощных.

3. Впервые разработана и освоена новая прогрессивная энерго- и ресурсосберегающая малоотходная циклично-поточная технология вибрационного выпуска и доставки руды.

4. Внедрение 14 типов вибрационных машин и новой технологии выпуска и доставки руды позволило повысить в 2,5-3 раза производительность труда, уменьшить количество рабочих, снизить себестоимость процесса выпуска, практически исключить травматизм и резко улучшить условия труда горнорабочих.

5. Внедрение более чем 9000 машин (по данным 1986 г.) и новой циклично-поточной технологии позволило выпустить, доставить и погрузить около 95 % всей добываемой отраслью руды и дать народному хозяйству фактический экономический эффект свыше 47 млн.руб.



6. Решена важнейшая научно-техническая задача, имеющая большое народнохозяйственное значение как в деле разработки и массового внедрения новой техники и технологии для резкого повышения производительности труда и интенсификации процесса подземной добычи руд, так и в социальном аспекте улучшения условий труда горнорабочих, охраны окружающей среды и повышение уровня промышленной безопасности.

По своим технико-экономическим и социальным показателям вибрационные питатели и комплексы в полной мере отвечают современным требованиям эффективности и качества. Они конструктивно просты, что в сочетании с высокой надёжностью и долговечностью позволяет осуществлять автоматизацию процесса выпуска и доставки руды. Поэтому наряду с новыми технологиями, рассмотренными выше, циклично-поточная технология вибрационного выпуска и доставки руды, на сегодняшний день является востребованной.

В настоящее время вибрационные машины и комплексы успешно работают на горных предприятиях урановой промышленности Украины, а также на ОАО «Северный горно-обогатительный комбинат» (Кривбасс), Криворожском металлургическом комбинате (ОАО «Арселор Миттал», Кривой Рог), Криворожском железорудном комбинате, производственном объединении «Уралзолото», Полтавском ГОКе, на горных предприятиях урановой промышленности Российской Федерации, Казахстана, Кыргызстана и Узбекистана. Объём вибрационного выпуска горной массы только на ГП «ВостГок» составляет около 100%; ежегодно изготавливается 20-25 вибропитателей различного назначения [1, 2].

### Выводы

1. На базе эластомерных материалов созданы упругие подвески и защитные футеровки вибрационных машин и комплексов для выпуска и доставки ураносодержащих руд при подземной добыче.

2. Созданы и серийно внедрены в производство 14 типов вибрационных питателей ПВГ, ВПР, ПВМ и вибрационных комплексов ПВС и КВГС. Всего начиная с 1965 года по настоящее время изготовлено и находится в эксплуатации свыше 18000 машин различного технологического назначения.

3. Впервые на базе широкого использования вибротехники создана и внедрена в производство циклично-поточная малоотходная технология подземной добычи урановых руд (позже и железных руд).

4. Циклично-поточная технология позволила существенно увеличить производительность выпуска и погрузки крупнокусковой массы; снизить себестоимость; практически исключить случаи травматизма горных рабочих.

5. Вибрационные машины и комплексы на базе эластомерных материалов и энергосберегающая технология выпуска и доставки руд отвечают современным требованиям ведения подземных горных работ, в том числе и по уровню промышленной безопасности.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вибрационные машины для выпуска и доставки руды / В.Н. Потураев, В.И. Дырда, О.К. Авдеев, И.К. Поддубный, В.П. Надутый, Н.Г. Кравченко, В.Н. Платонов, В.И. Финогеев. – Киев: Наукова думка, 1981. – 152 с.

2. Вибродоставочные комплексы в технологиях разработки рудных месторождений / Потураев В.Н., Дырда В.И., Поддубный И.К., Авдеев О.К., Гордиенко Н.А., Коваль А.В., Финогеев В.И., Лисица Н.И., Дудченко А.Х. – Киев: Наукова думка, 1990. – 168 с.
3. Поддубный И.К. Исследование влияния секционированных питателей на параметры выпуска и погрузки горной массы / ЦНИИ Атоминформ. – М., 1982. – 24 с. – Деп. в ВИМИ 20.11.81, ИРД 16/120.
4. Вибродоставочные комплексы на рубеже веков / Кошик Ю.И., Дудченко А.Х., Авдеев О.К. и др. // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр. – 2010. – Вып. 86. – С. 9-34.
5. Вибрационные машины для выпуска и доставки ураносодержащих руд / А.Ф. Булат, В.Н. Пухальский, В.И. Дырда, Ю.И. Кошик, А.Х. Дубченко, Н.И. Лисица // Геотехническая механика. – Межвед. сб. научн. тр. – Вып. 96. – С. 155-162.
6. Прикладная механика упругонаследственных сред: В 3-х томах. – Т. 1. Механика деформирования и разрушения эластомеров / А.Ф. Булат, В.И. Дырда, Е.Л. Звягильский, А.С. Кобец. – Киев: Наук. думка, 2011. – 568 с.
7. Кошик, Ю.И. История украинского научно-исследовательского и проектно-изыскательного института промышленной технологии: опыт проектного и научного сопровождения предприятий атомной промышленности / Ю.И. Кошик, Г.А. Масляков, В.И. Лященко // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр. – 2010. – Вып. 86. – С. 3-9.

## REFERENCES

1. Poturaev, V.N., Dyrda, V.I. and Avdeev, O.K. (1981), *Vibratsionnyye mashyny dlya vypuska i dostavki rudy* [Vibrating machines for the production and delivery of ore], Naukova Dumka, Kiev, Ukraine.
2. Poturaev, V.N., Dyrda, V.I. and Poddubnyy, I.K. (1990), *Vibrodostavochnyye komplekсы v tekhnologiyakh razrabotki rudnykh mestorozhdeniy* [Vibrodistributing systems in development technology of ore deposits], Naukova Dumka, Kiev, Ukraine.
3. Poddubnyy, I.K. (1982), *Issledovaniye vliyaniya sektionirovannykh pitateley na parametry vypuska i pogruzki gornoй massy* [Investigation of influence on the parameters of partitioned feeders output and loading of the rock mass], CRI Atominform, Moscow, Dep. v VIMI 20.11.81, IRD 16/120.
4. Koshik, Yu.I., Dudchenko, A.Kh. and Avdeev, O.K. (2010), "Vibrodistributing systems on a boundary of centuries", *Geo-technical mechanics*, no. 86, pp. 9-34.
5. Bulat, A.F., Pukhalskiy, V.N., Dyrda, V.I., Koshik, Yu.I., Dubchenko, A.Kh. and Lisitsa, N.I. (2011), "Vibrating machines for output and delivery uranium-containing of ores", *Geo-technical mechanics*, no. 96, pp. 155-162.
6. Bulat, A.F., Dyrda, V.I., Zvyagilskiy, Ye.L., Kobets, A.S. (2011), *Prikladnaya mekhanika uprugonasledstvennykh sred. Tom 1. Mehanika deformirovaniia i razrusheniia elastomerov* [Applied mechanics of elastic-hereditary media. Vol. 1. Mechanics of deforming and breaking down of elastomers], Naukova dumka, Kiev, Ukraine.
7. Koshik, Yu.I., Maslyakov, G.A. and Lyashchenko, V.I. (2010), "History of the Ukrainian research and development and design and survey institute of industrial technique: experience of design and scientific support of the operations of the atomic industry", *Geo-technical mechanics*, no. 86, pp. 3-9.

## Об авторах

**Булат Анатолий Федорович**, Академик Национальной академии наук Украины, доктор технических наук, профессор, директор института, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАНУ), Днепропетровск, Украина, [igtmnanu@yandex.ru](mailto:igtmnanu@yandex.ru)

**Дырда Виталий Илларионович**, доктор технических наук, профессор, заведующий отделом механики эластомерных конструкций горных машин, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАНУ), Днепропетровск, Украина, [vita.igtm@mail.ru](mailto:vita.igtm@mail.ru)

**Пухальский Виктор Николаевич**, кандидат технических наук, главный инженер, Восточный горно-обогатительный комбинат (ВостГОК), Жёлтые Воды, Украина

## About the authors

**Bulat Anatoly Fedorovich**, Academician of the National Academy of Science of Ukraine, Doctor of Technical Sciences (D. Sc.), Professor, Director of the Institute, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Science of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, [igtmnanu@yandex.ru](mailto:igtmnanu@yandex.ru)

**Dyrda Vitaly Illarionovich**, Doctor of Technical Sciences (D. Sc.), Professor, Head of Department of Elastomeric Component Mechanics in Mining Machines, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Science of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, [vita.igtm@mail.ru](mailto:vita.igtm@mail.ru)

**Puhalskiy Viktor Nikolaevich**, Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Chief Engineer, Western Mining and Processing Plant, Zheltiye Vody, Ukraine