

Рис. 5.2.1 – Сейсмопора для защиты КВО

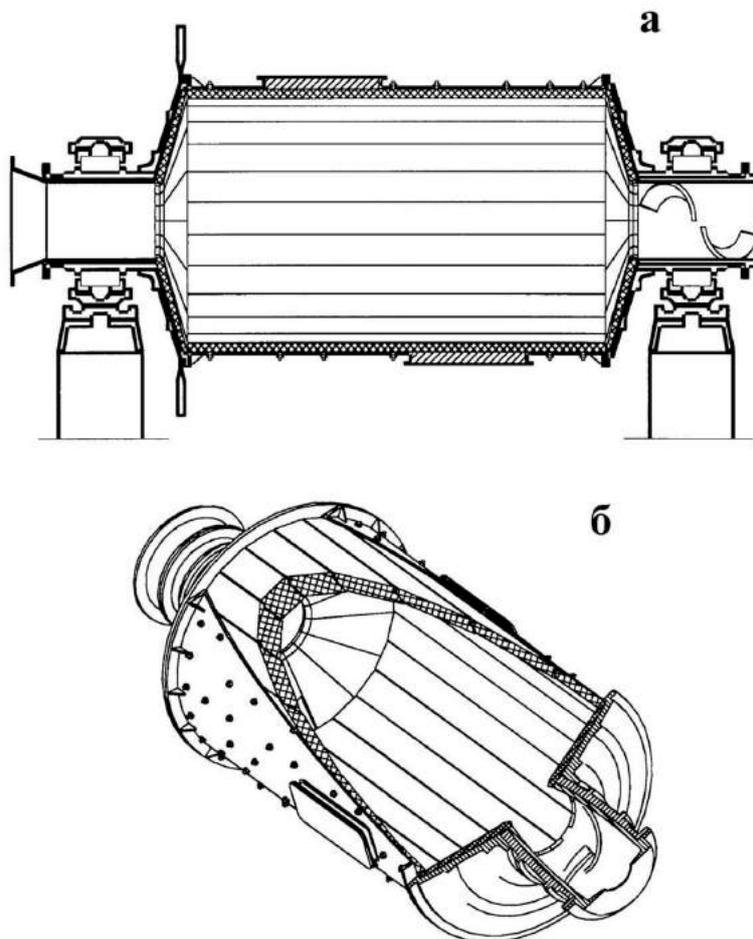


Рис. 5.3.1 – Резиновые футеровки мельниц: а – шаровая барабанная мельница с центральной разгрузкой и резиновой футеровкой; б – барабан мельницы, все рабочие зоны которого защищены футеровкой



Рис. 6.5 – Резиновая футеровка «Г.М-волна»; СевГЭК, мельница  $\varnothing 3,6$  м, первая стадия измельчения, шары  $\varnothing 100$  мм,  $t = 6,5$  мес.

## **6. Разработка и создание высокоэффективных вибрационных машин и аппаратов**

### **6.1. Разработка научно-технических основ разработки, создания и внедрения вибромашин**

В современных горно-металлургических технологиях Украины важное место занимают операции по перемещению крупнокусковых и сыпучих материалов, их погрузка, доставка, механическая, термическая и химическая обработка и др. Наряду с традиционными средствами (ленточные конвейеры и питатели, пластинчатые питатели и т.д.) в последние 40-50 лет стали активно использовать вибрационную технику. Этому способствовали следующие специфические качества вибромашин: простота конструкции; надёжность, долговечность и безопасность функционирования; отсутствие тяжёлых ручных работ; резкое снижение травматизма и т.д. Помимо этого, вибромашины позволяют осуществлять одновременно различные технологические операции: транспортировку, измельчение, смешение, грохочение и тепломассообменные процессы обработки минерального сырья (сушка, охлаждение, растворение, экстракция и т.д.).

Доставка сырья ленточными конвейерами открытым способом приводит к загрязнению производственных помещений и атмосферы, к повышению потерь ценного продукта в виде просыпи и пыли. Применение вибромашин с эластомерными герметизаторами обеспечивает герметичное транспортирование пылящих, токсичных, радиоактивных и других вредных веществ; при этом отсутствуют выбросы материала в атмосферу и устраняется загрязнение окружающей среды; улучшаются санитарно-гигиенические условия труда операторов, снижаются эксплуатационные затраты.

На предприятиях, занимающихся переработкой особо вредных веществ (например, ураносодержащих руд, минеральных удобрений и других химически активных материалов) вибрационные машины и аппараты на сегодняшний день практически не имеют альтернативы.

Для разработки и создания вибромашин различного технологического назначения были выполнены следующие научные и инженерные работы:

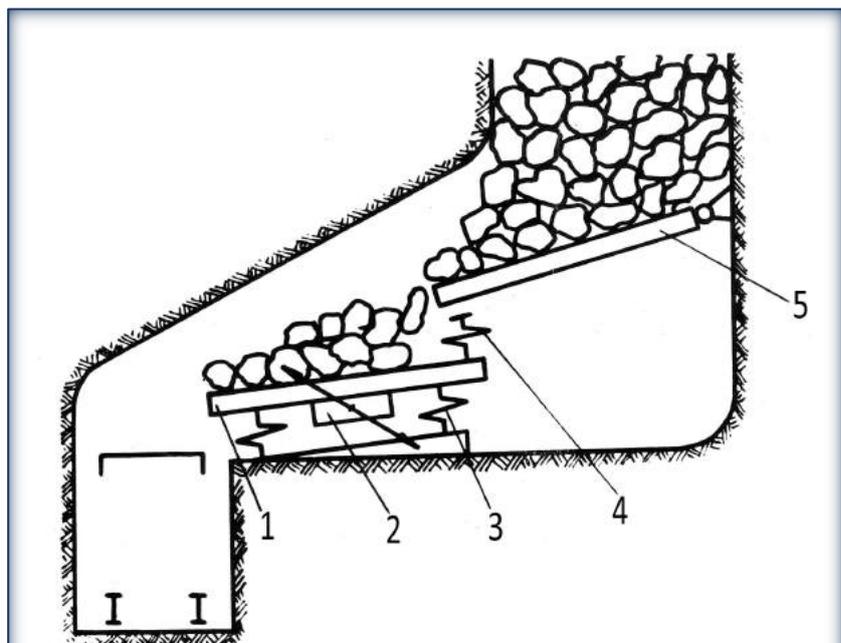
- разработаны методы расчёта динамики вибромашин с эластомерными упругими элементами (в основном как одномассных и двухмассных колебательных систем) с учётом их специфики: больших обратимых деформаций, неустойчивости параметров во времени (эффекты старения) и от действия активной внешней среды (температуры, радиации и т.д.).
- разработаны методы инженерного расчёта и принципы конструирования вибромашин: определены их типоразмеры, оптимальные параметры и наиболее целесообразные области применения.

### **6.2. Разработка вибрационных горных питателей и комплексов**

Одним из наиболее важных технологических процессов при подземной разработке рудных месторождений является выпуск отбитой горной массы из очистного пространства и погрузке её в транспортные средства. Этот процесс занимает до 60 % всех трудовых затрат и характеризуется высоким уровнем травматизма горнорабочих (до 50-60 % от общего на подземных горных работах).

Наиболее полно современным требованиям отвечает вибрационный выпуск, позволяющий выпускать горную массу крупностью до (1,2-1,4) м, с технической производительностью (1500-2000) т/ч и наработкой без отказа не менее (1,2-1,5) млн.т. Схема вибровыпуска показана на рис. 6.2.1.

В решении этой проблемы несомненным является приоритет научных и технических работников Украины. Уже к 1967 г. на ВостГОКе были внедрены первые горные питатели серии ПВГ (питатели вибрационные горные); впоследствии они были использованы практически на всех шахтах и некоторых железорудных карьерах СССР. Был разработан параметрический ряд питателей типа ПВГ, ВПР, ряд малогабаритных питателей ПВМ и ряд вибрационных секционированных питателей для устранения зависаний выпускаемой крупнокусовой массы типа КВГС-1, ПВС и др. Во всех



1 – приводная секция (вибропитатель типа ВПР); 2 – вибровозбудитель; 3 – упругие элементы (блоки типа БРМ); 4 – приводной упругий элемент; 5 – платформа

Рис. 6.2.1 – Схема вибровыпуска с помощью секционированного питателя

питателях возможно использование резиновой футеровки. Всего было разработано и внедрено 14 типов горных питателей. Все питатели допускают дробление негабаритных кусков руды кумулятивными зарядами ВВ (рис. 6.2.2 – рис. 6.2.6).

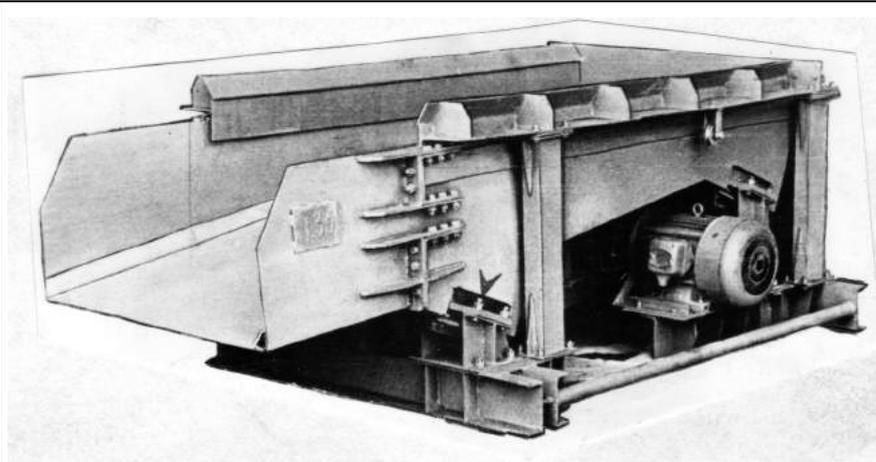


Рис. 6.2.2 – Вибропитатель типа ВПР-4м с резиновой упругой подвеской (типа БРМ)

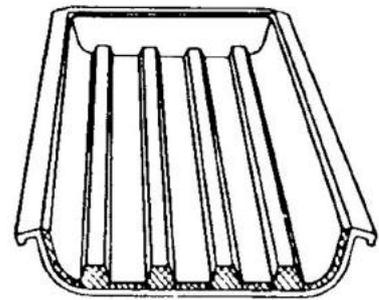
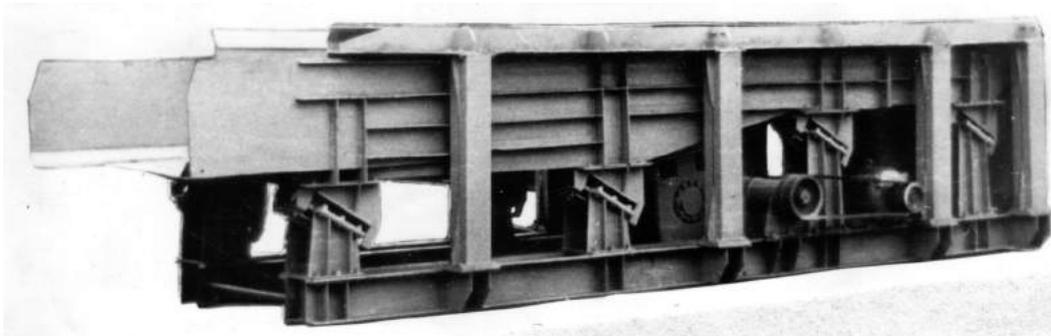
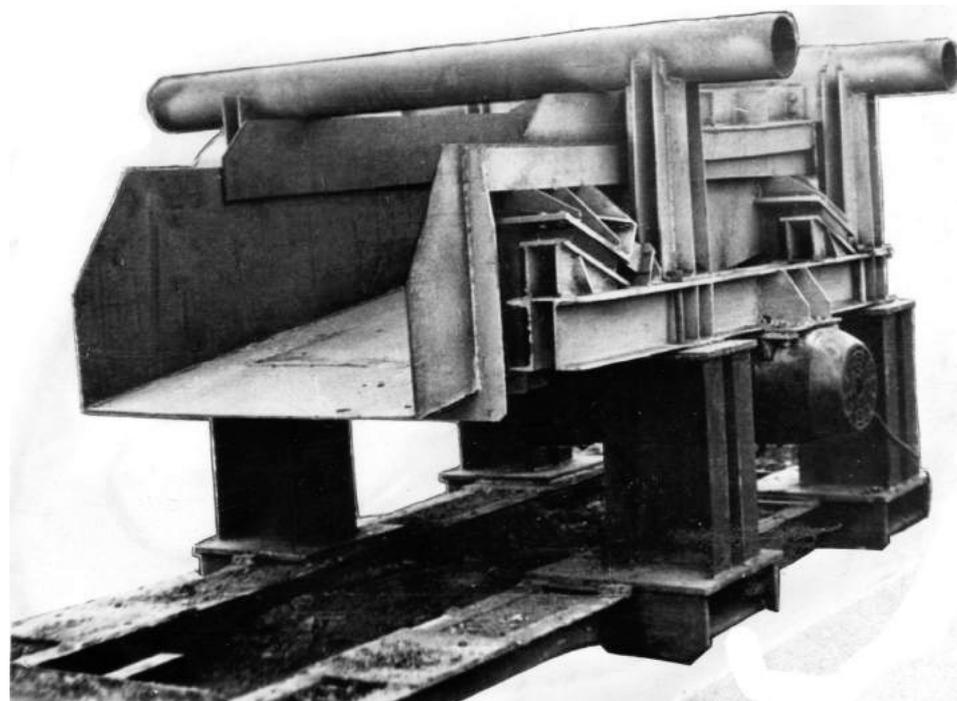


Рис. 6.2.3 – Рабочий орган вибропитателя с резиновой футеровкой



а



б

Рис. 6.2.4 – Вибрационные питатели: а – для разработки мощных месторождений; б – в подвесном варианте



Рис. 6.2.5 – Вибрационный питатель ВПР-4 в шахте при добыче урановой руды



Рис. 6.2.6 – Вибрационный питатель типа ПВМ с цилиндрическими упругими элементами в шахте при добыче урановой руды

Применение вибрационных питателей и схем вибрационного выпуска руды позволило:

- в 2,5-3,0 раза повысить производительность труда;
- практически исключить случаи травматизма рабочих;
- снизить себестоимость работ на 20-40 %;
- механизировать процесс выпуска и погрузки и создать малоотходную циклично-поточную технологию добычи без постоянного присутствия людей в забое.

К 1986 г. на горнодобывающих предприятиях Минсредмаша СССР с применением вибропитателей добывалось более 95 % руды; на предприятиях Минчермета СССР – примерно 60-75 %. К этому времени было изготовлено и внедрено:

- для нужд предприятий Минсредмаша СССР более 9000 питателей различных серий;
- для нужд Минцветмета СССР примерно 2500 питателей;
- для нужд Криворожского бассейна 1400 питателей (ежегодно изготавливалось 120-150 машин);
- с 1967 г. по настоящее время для промышленности изготовлено и внедрено свыше 18000 вибропитателей;
- в настоящее время для нужд ВостГОКа изготавливается и внедряется в производство ежегодно 25-30 машин.

Помимо этого вибропитатели до 1992 года поставлялись для горнодобывающих предприятий ряда зарубежных стран, в основном стран-участников СЭВ.

### **6.3. Разработка вибрационных конвейеров, конвейеров-грохотов и транспортных систем**

#### **6.3.1. Вибрационные конвейеры**

- Конвейеры типа KB2T (конвейеры вибрационные двухтрубные, параметрический ряд) – это резонансные уравновешенные конвейеры; по своей структурно-динамической схеме являются одной из наиболее совершенных систем. В их основу положен принцип колебаний в резонансном режиме в противофазе двух равных масс. Благодаря этому на грузонесущие органы конвейера и его привод действуют незначительные нагрузки, конвейер не оказывает существенного динамического воздействия на фундамент. Конвейер работает с большими амплитудами (до (10-12,5) мм) и частотами колебаний (10-12) Гц. В качестве основных упругих звеньев используются резинOMETаллические блоки типа БРМ и опорные шарниры типа ШРМ, в качестве герметизаторов – резиновые герметизаторы типа Г-200. Предназначены для транспортировки сыпучих (в том числе склонных к налипанию) материалов на расстояние до 30 м (рис. 6.3.1 – рис. 6.3.3).



Рис. 6.3.1 – Вибрационный конвейер типа KB2T

- конвейеры типа KB1T (конвейеры вибрационные однотрубные, параметрический ряд). Это одномассная зарезонансная система; в качестве упругих звеньев используются виброизоляторы резиновые типа ВР; предназначены для герметичной транспортировки сыпучих материалов на небольшие расстояния (рис. 6.3.3);
- конвейеры вертикальные типа KBВ (конвейеры вибрационные вертикальные, параметрический ряд); работают в зарезонансном режиме, привод задаёт колонне конвейера винтообразное колебательное движение. Созданы также трёхмассные вертикальные конвейеры типа KBВЗ. В качестве упругих звеньев используются блоки типа БРМ. Предназначен для вертикальной герметичной транспортировки сыпучих материалов.

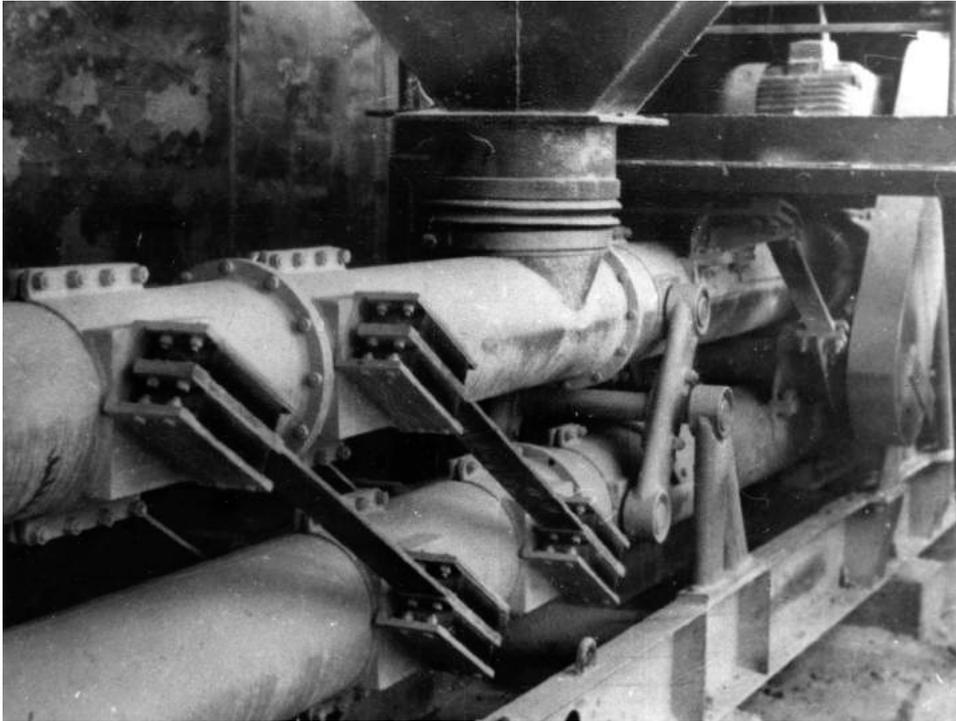


Рис. 6.3.2 – Вибрационные конвейеры типа KB2T-03 (упругие звенья – БРМ и ШРМ)



Рис. 6.3.3 – Вибрационные конвейеры KB2T-15 в цехе

### 6.3.2. Вибрационные бункерные питатели, питатели-грохоты и конвейеры-грохоты:

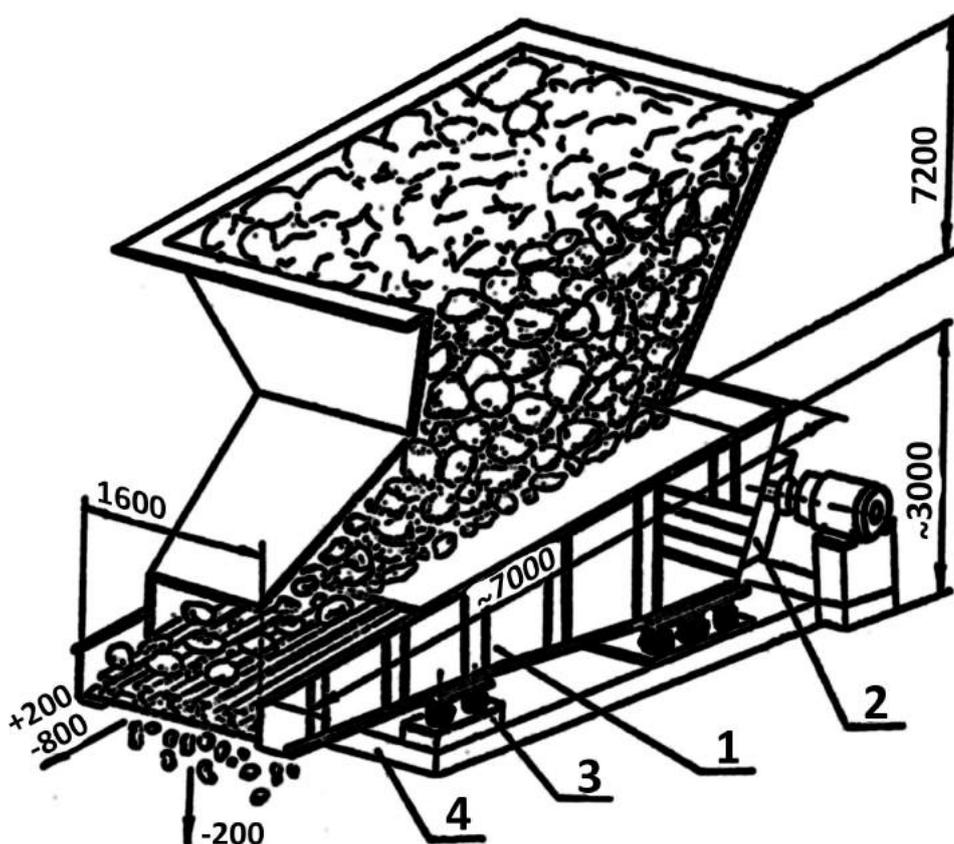
- вибрационные питатели типа ПВБ и питатели-грохоты типа ПГВ (рис. 6.3.4) представляют собой одномассные зарезонансные системы (упругие связи-блоки типа БРМ); конвейер-грохот типа КГВ-1,1/10,5 – резонансная двухмассная система; в качестве основных упругих звеньев используются блоки типа БРМ, в качестве поддерживающих – шарниры типа ШРМ. Применяются в основном на рудобогатительных фабриках в отделениях рудоподготовки; их применение обеспечивает устойчивое истечение руды в зоне выпуска из бункеров, исключает зависание и сводообразование, позволяет совмещать транспортирование, классификацию и отмывку сырья, выгодно отличаются по показателям металло- и энергоёмкости, надёжности и долговечности от традиционных машин (пластинчатые и лотковые питатели, колосниковые грохоты).



Рис. 6.3.4 – Однотрубные виброконвейеры KV1T-15 в цехе

### 6.3.3. Вибрационные транспортные системы

Эффективность вибротехники существенно возрастает в случаях, когда они применяются не отдельно стоящими машинами, решающими локальные задачи, а в виде вибрационных транспортных систем. Эти системы комплектуются на основе небольшого количества типоразмеров вибромашин: KV1T, KV2T и KBB.



1 – рабочий орган; 2 – привод; 3 – упругие связи (виброизоляторы типа ВР); 4 – рама

Рис. 6.3.5 – Вибрационный питатель-грохот ПВБ-46/6,5 под бункером

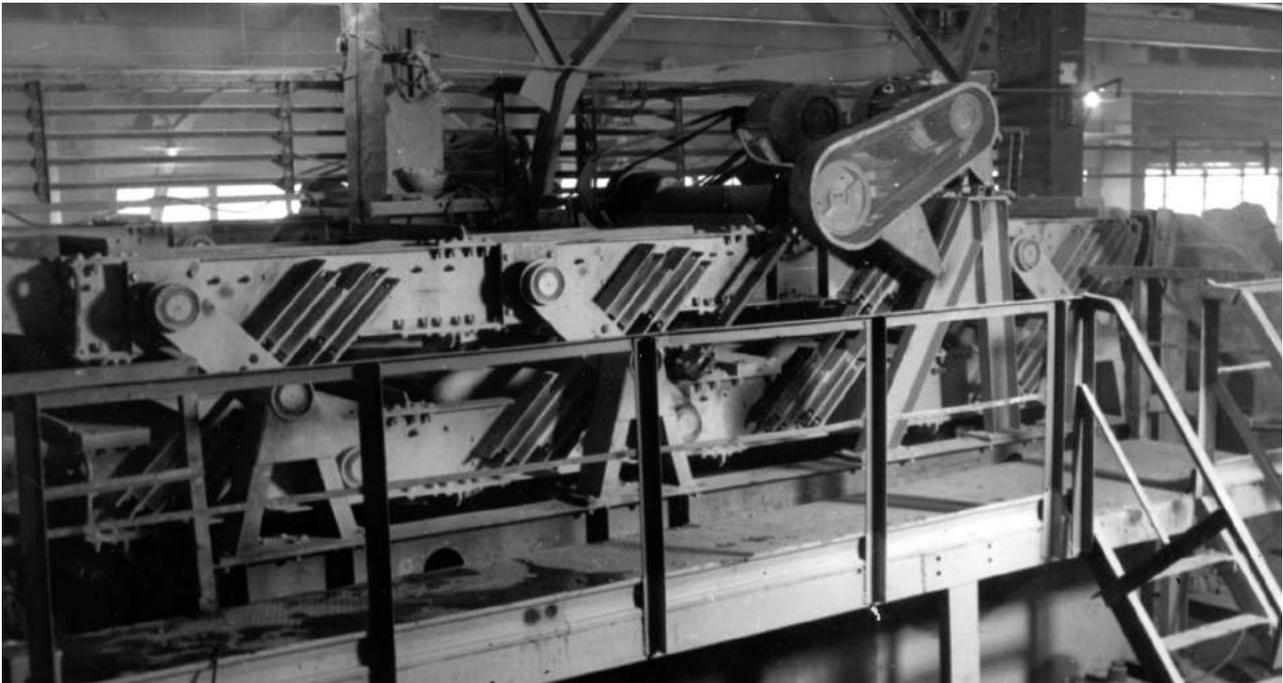


Рис. 6.3.6 – Вибрационный конвейер-грохот типа КГВ-1,1/10,5

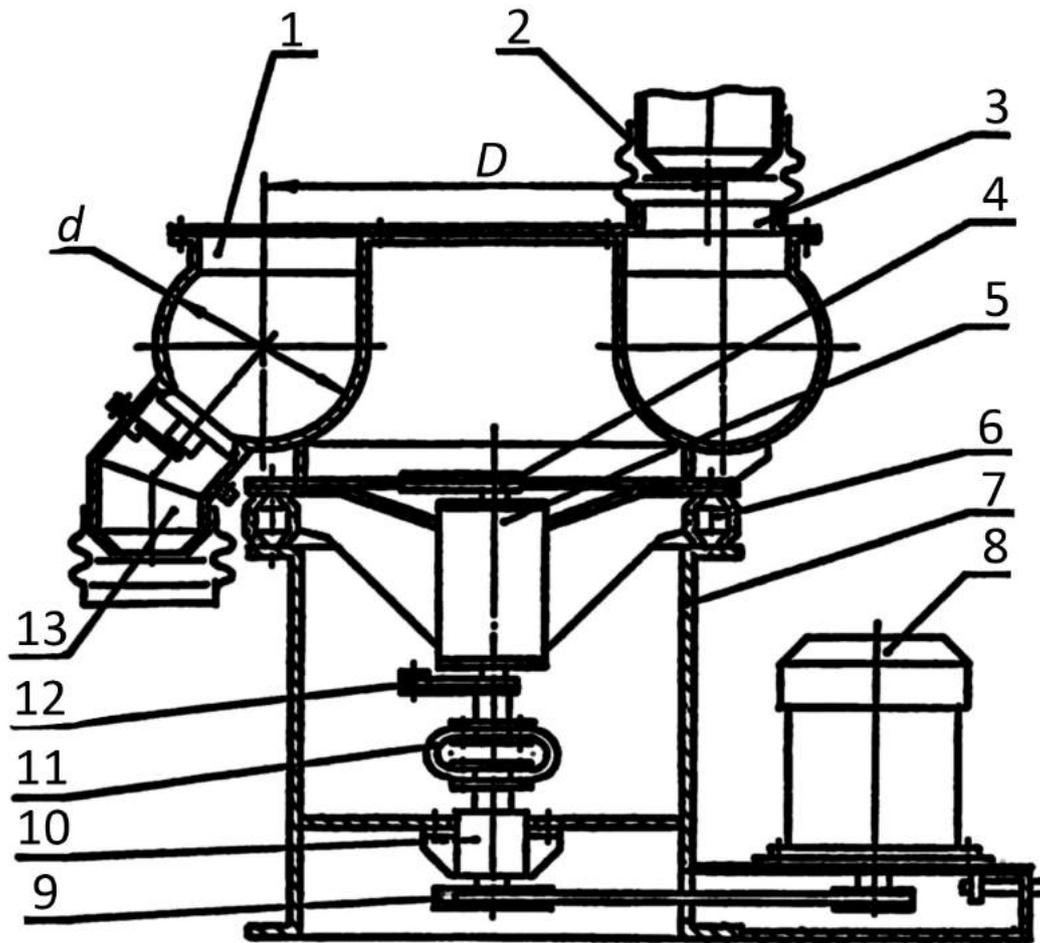
Вибротранспортные системы предназначены в основном для герметичной транспортировки и механической и химической обработки сыпучих сред; обладают высокой долговечностью и надёжностью, безопасностью, отсутствием травматизма; позволяют осуществлять технологии без постоянного присутствия людей в цехе. Помимо использования для переработки радиоактивных материалов широко применяются на предприятиях по производству сложных минеральных удобрений, производству керамзита, на заводах огнеупорной промышленности и т.д.

#### **6.4. Разработка вибромашин и аппаратов для механической обработки сыпучих материалов**

Измельчение, смешение и классификация сыпучих материалов по крупности – одни и самых распространённых операций во многих технологиях. При разработке вибромашин для выполнения таких операций использовались принципы пространственных колебаний рабочей поверхности, обеспечиваемые инерционным приводом и упругими звеньями (виброизоляторами) типа ВР. Все вибромашинны представляют собой одномассную зарезонансную систему с пространственными колебаниями. Были разработаны параметрические ряды следующих машин и аппаратов:

- вибросмесители типа СМВ (рис. 6.4.1 – рис. 6.4.3);
- вибросита типа СВ (рис. 6.4.4 – рис. 6.4.6);
- вибромельницы типов МВК, МВВ, МВШ (рис. 6.4.7 – рис. 6.4.10).

Во всех этих вибромашинах в качестве упругих звеньев использовались виброизоляторы резиновые типа ВР различной жёсткости на сжатие и сдвиг.



1 – рабочая камера; 2 – резиновый герметизатор; 3 – загрузочный патрубок; 4 – верхний дебаланс; 5 – вибровозбудитель; 6 – упругая подвеска (виброизоляторы типа ВР); 7 – рама; 8 – двигатель; 9 – передача; 10 – опора; 11 – резиновая муфта; 12 – нижний дебаланс; 13 – разгрузочный патрубок

Рис. 6.4.1 – Вибрационный смеситель СмВ-01

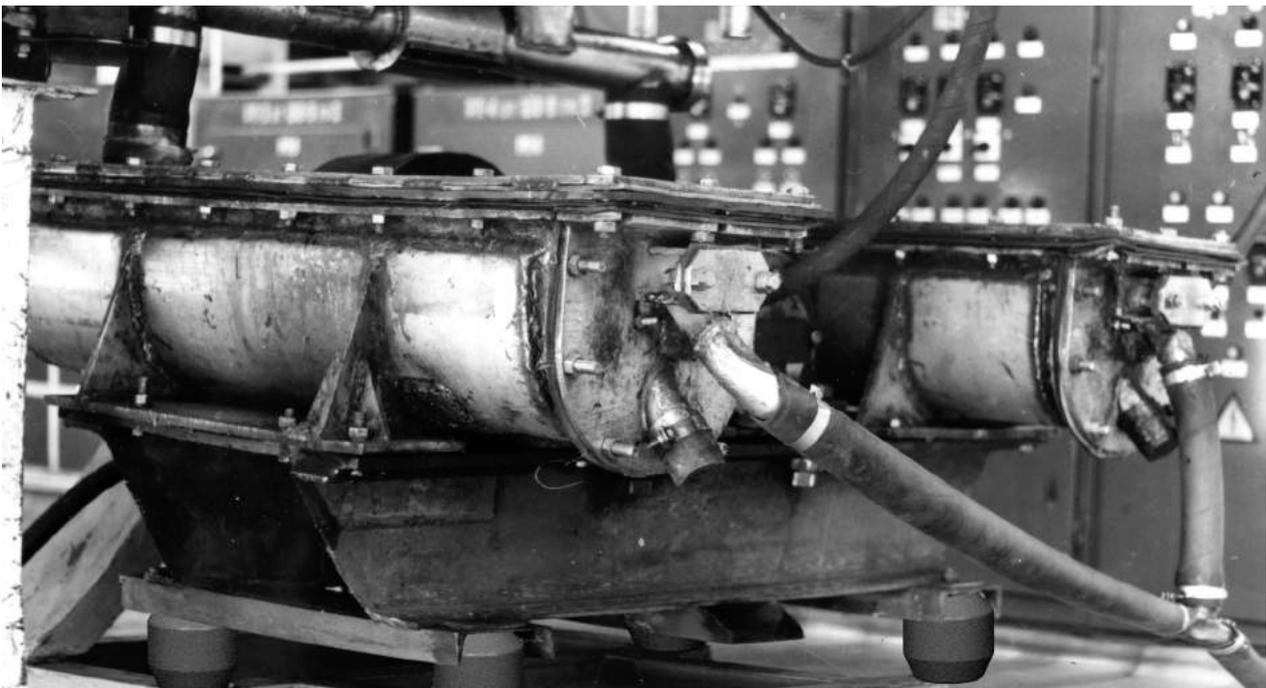
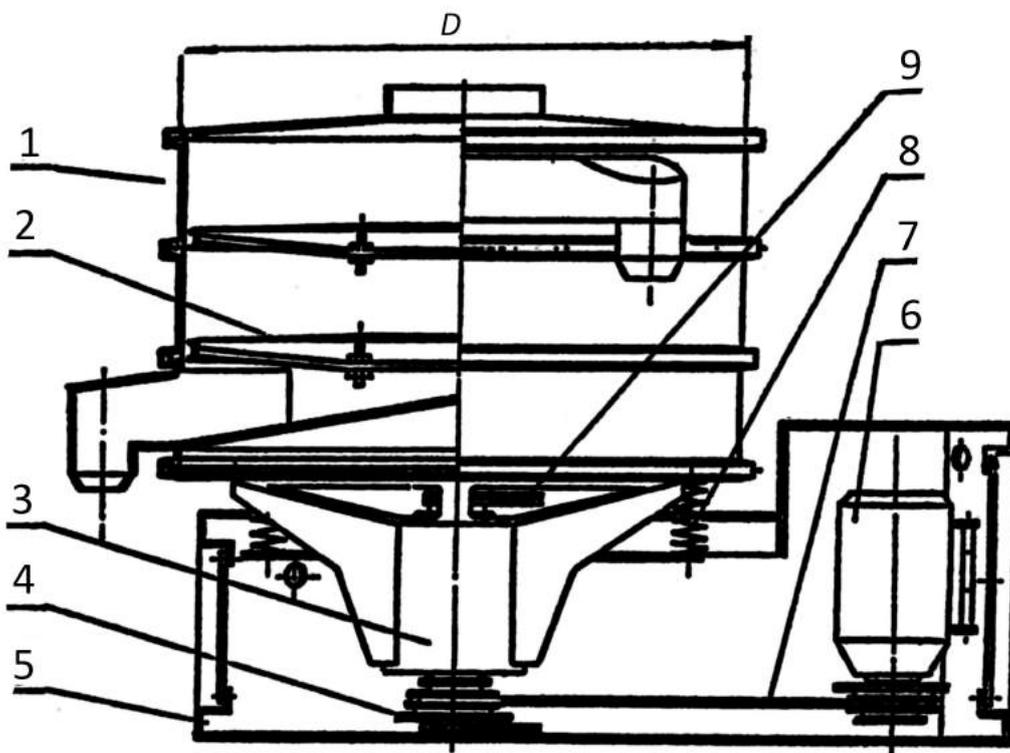


Рис. 6.4.2 – Вибрационный смеситель-гранулятор (упругая подвеска – виброизоляторы типа ВР)



Рис. 6.4.3 – Узел смешения и гранулирования (виброизоляторы типа ВР)



1 – корпус; 2 – сменные сетки; 3 – вибровозбудитель; 4 – нижний дебаланс; 5 – рама; 6 – электродвигатель; 7 – клиноременная передача; 8 – упругая подвеска (резиновые виброизоляторы типа ВР); 9 – верхний дебаланс

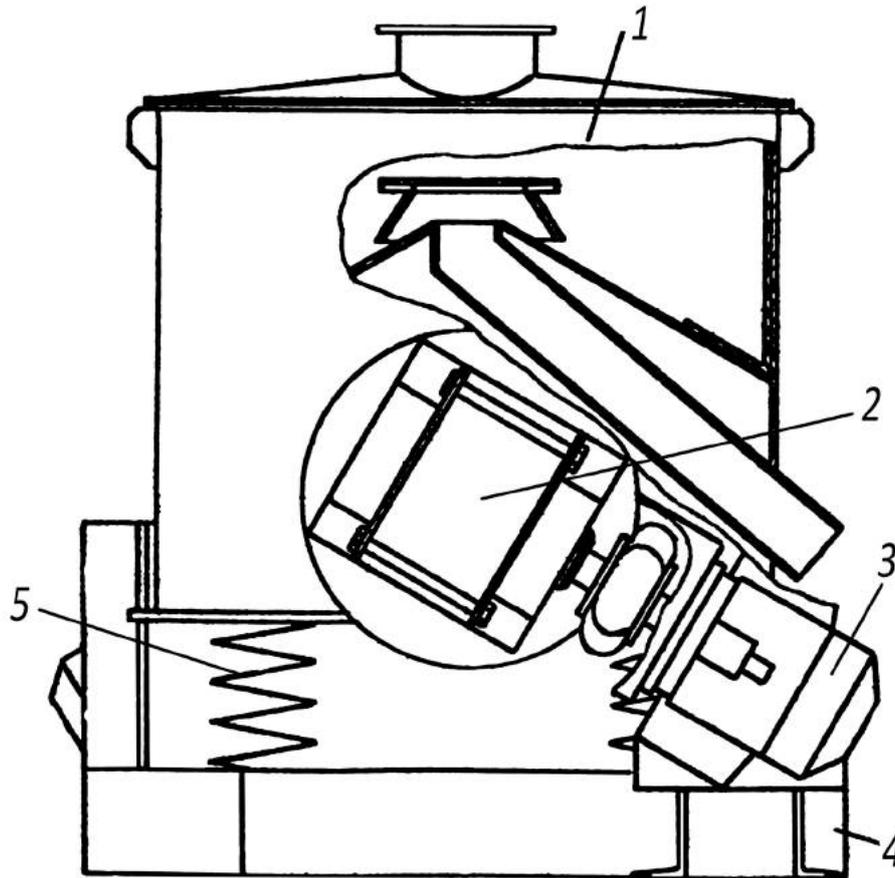
Рис. 6.4.4 – Вибрационное сито СВ-09



Рис. 6.4.5 – Вибрационное сито СВ-06 (виброизоляторы типа ВР)



Рис. 6.4.6 – Вибрационное сито (виброизоляторы типа ВР)



1 – помольная камера; 2 – привод; 3 – электродвигатель; 4 – рама; 5 – виброизолятор типа ВР  
 Параметры вибрации:  $A = 3 \text{ мм}$ ;  $\omega = 24 \text{ Гц}$ .  
 Масса мельницы  $M = 680 \text{ кг}$

Рис. 6.4.7 – Мельница вибрационная конусная МВК-09-964

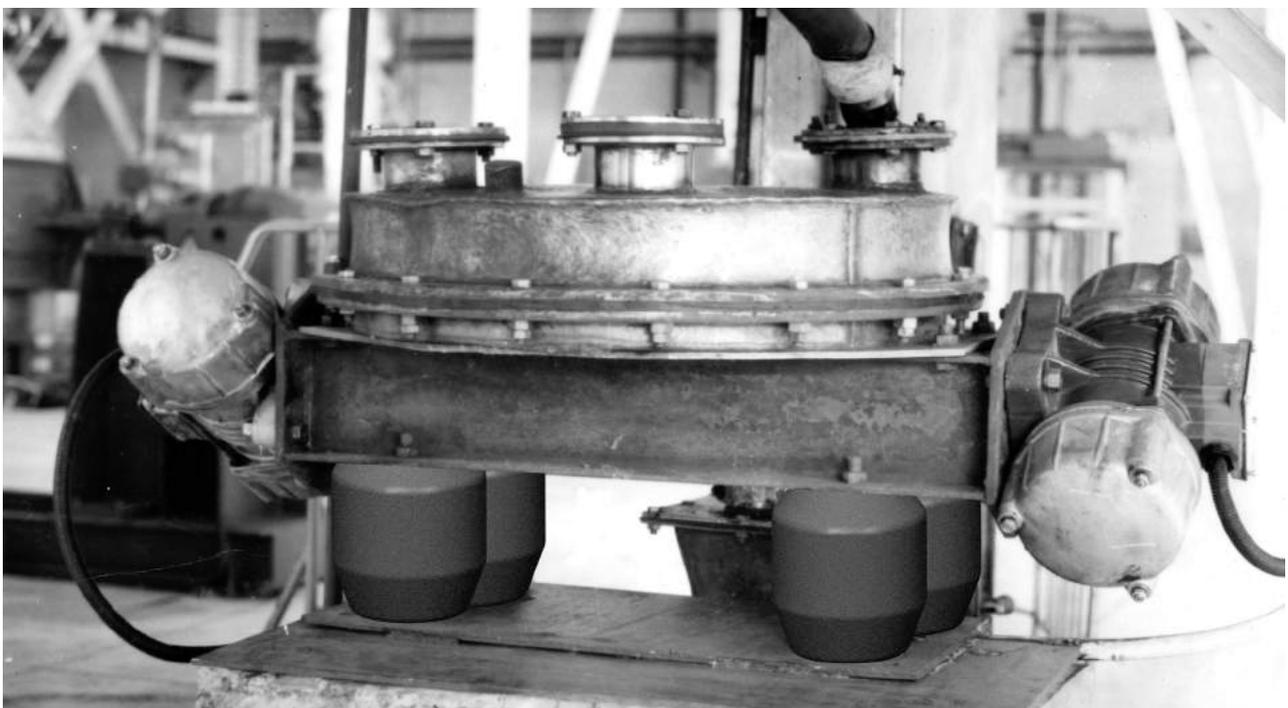


Рис. 6.4.8 – Вибрационная мельница с упругой подвеской (резиновые виброизоляторы типа ВР)

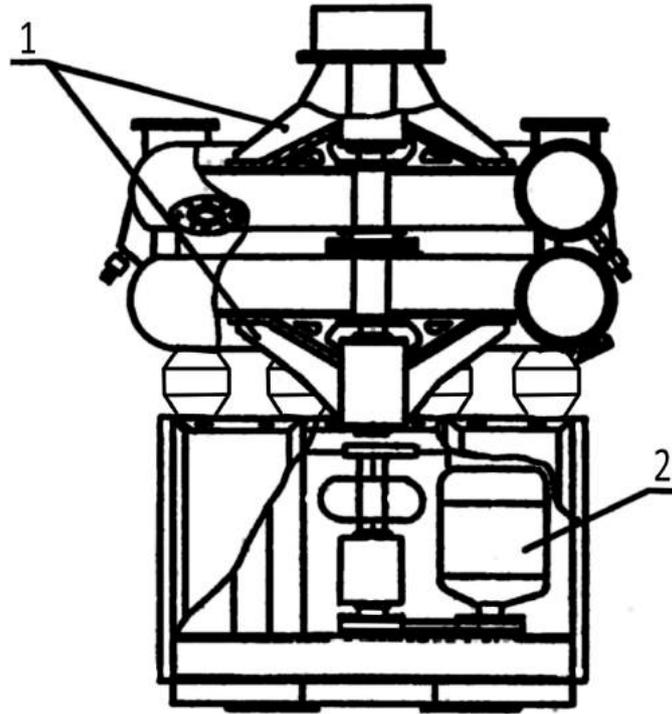
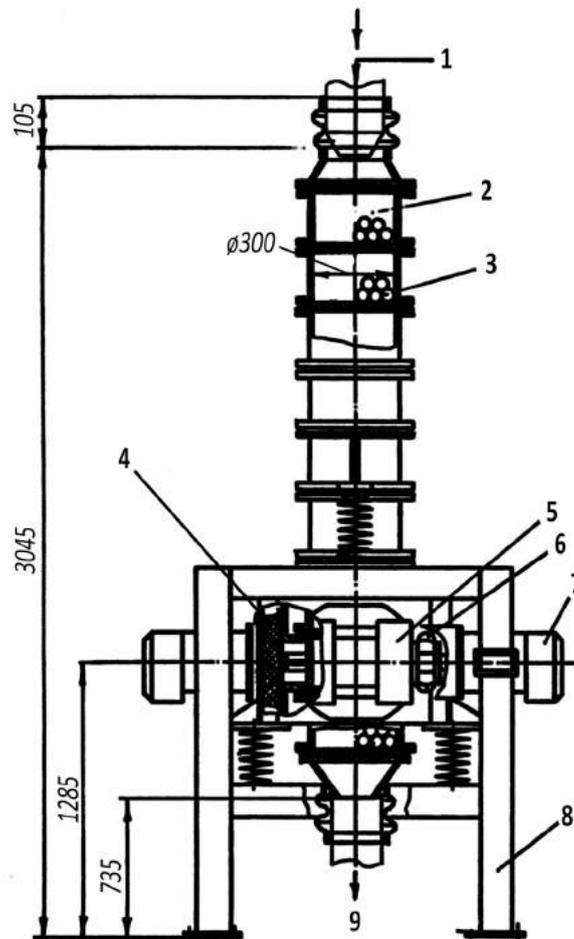


Рис. 6.4.9 – Мельница вибрационная шаровая МВШ-0,28/1,2-951

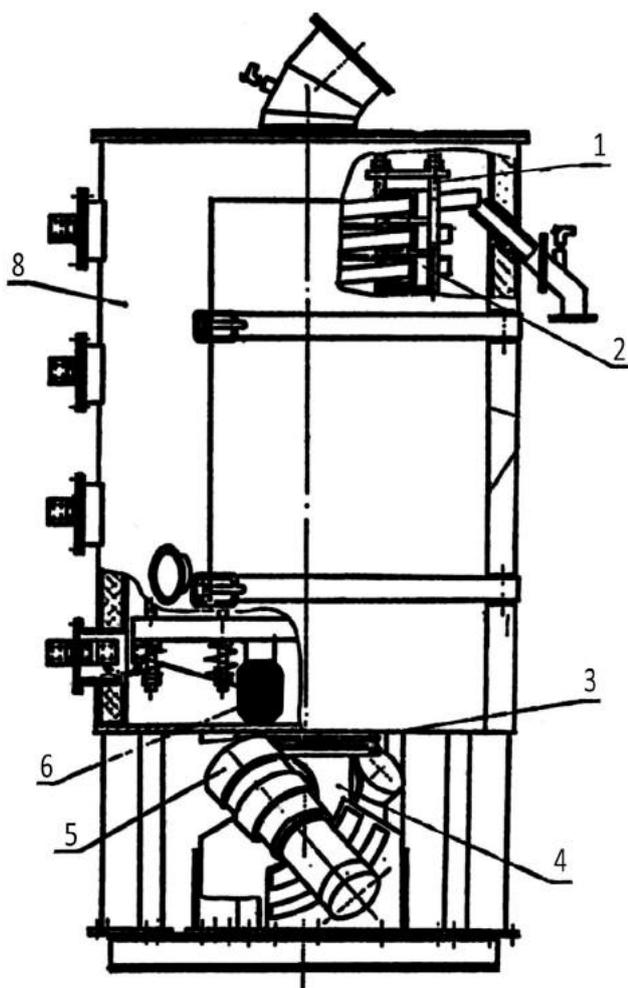


1 – загрузочная камера; 2 – помольная камера; 3 – мелющие тела; 4 – резинометаллические блоки БРМ; 5 – вибровозбудитель; 6 – резиновая упругая муфта; 7 – двигатель

Параметры вибрации:  $A = 5$  мм;  $\omega = 24$  Гц

Масса колеблющихся частей  $M = 330$  кг

Рис. 6.4.10 – Мельница вибрационная вертикальная МВВ-0,3



1 – жёлоб; 2 – изолятор; 3 – резиновый герметизатор; 4 – кронштейн; 5 – привод; 6 – упругая подвеска (виброизолятор типа ВР)

Рис. 6.5.1 – Сушилка вибрационная СВЭЖ-300



Рис. 6.5.2 – Сушилка вибрационная СВП-02 с виброизоляторами типа ВР

### 6.5. Разработка вибрационных теплообменных аппаратов

В основе действия таких аппаратов лежит способность сыпучего материала направленно двигаться по колеблющейся поверхности в вакууме, газовой или жидкой среде; при этом в самом слое обрабатываемого материала возникают такие явления как псевдокипение, вспучивание, перемешивание и т.д., которые благотворно влияют на процесс теплообмена частиц материала с контактирующими поверхностями. В таких аппаратах при различных технологических процессах (нагрев, сушка, прокалка, охлаждение, растворение, экстракция и т.д.) вибрация создаёт виброкипящий режим, что позволяет существенно ускорить и улучшить технологический процесс. Была создана и внедрена в производство серия теплообменных аппаратов:

- сушилки вибрационные типа СВТ-0,5; СВП; СВК; СВЭЖ (рис. 6.5.1, рис. 6.5.2);
- вибрационные кольцевые печи типов ВП и ВПК (рис. 6.5.3);
- вибрационные грануляторы типа ВИГ.

Все эти виброаппараты представляют собой одномассную резонансную систему; в качестве упругих звеньев используются виброизоляторы резиновые типа ВР.



Рис. 6.5.3 – Вибрационная печь ВП-0,07-567 с виброизоляторами ВР

### **6.6. Разработка и внедрение дробилок типа КИД**

Дробилки КИД (конусные инерционные дробилки) представляют собой резонансную систему (рис. 6.6.1); в качестве упругих звеньев используются резиновые виброизоляторы ВР и резинометаллические ВРМ; дробилки предназначены для измельчения минерального сырья. Параметрический ряд дробилок используется в цехах рудоподготовки; дробилки (КИД-450, КИД-900, КИД-1500, КИД-1750, КИД-2200) освоены в производстве и выпускаются серийно до настоящего времени для многих стран мира.



Рис. 6.6.1 – Дробилка типа КИД с упругой подвеской (резиновые виброизоляторы типа ВР)

## **7. Внедрение в производство эластомерных конструкций, машин и аппаратов**

### **7.1. Внедрение в производство эластомерных конструкций**

Разработаны, созданы и серийно внедрены в производство следующие параметрические ряды эластомерных конструкций:

- блоки резиновые типа БР и резинометаллические типа БРМ;
- шарниры резинометаллические типа ШРМ;
- виброизоляторы резиновые типа ВР;
- виброизоляторы резинометаллические типа ВРМ;
- виброизоляторы типа ОП-180;
- вибросейсмоизоляторы типа ВРМС, ВСБ и ВС;
- резиновые герметизаторы типа Г-200;
- резиновые упругие муфты типа МУЛ;
- упругие карданы;
- резиновые и резинометаллические футеровки рудоизмельчительных мельниц;
- разработаны и отработаны в промышленных условиях резиновые футеровки горных вагонеток и окомковывателей.

Начиная с 1967 года по настоящее время было изготовлено и поставлено предприятиям-изготовителям вибрационной техники более двухсот тысяч эластомерных конструкций (подавляющее большинство из них типа БРМ и виброизоляторы типа ВР).

### **7.2. Внедрение в производство вибрационных машин и аппаратов**

На базе эластомерных конструкций (упругих звеньев, виброизоляторов, герметизаторов и упругих муфт) разработаны, созданы и серийно внедрены в производство следующие параметрические ряды вибромашин:

#### *7.2.1. Вибрационные горные питатели*

- типов ПВГ, ВПР, ПВМ; комплексы типов КГВ-1, ПВС, ПВСТ и другие; всего разработано и внедрено 14 типов вибрационных машин для выпуска и доставки минерального сырья. С 1967 года по настоящее время было изготовлено и внедрено свыше 18000 питателей различного технологического назначения (из них примерно 13,5 тысяч для добычи ураносодержащих руд).

#### *7.2.2. Вибрационные конвейеры, бункерные питатели и конвейеры-грохоты:*

- вибрационные конвейеры однотрубные зарезонансные типа КВ1Т;
- вибрационные конвейеры двухтрубные резонансные типа КВ2Т;
- вибрационные конвейеры вертикальные зарезонансные типа КВВ;
- вибрационные бункерные питатели типа ПВБ;
- вибрационные питатели-грохоты типа ПГВ;
- вибрационные конвейеры-грохоты типа КГВ.

#### *7.2.3. Вибрационные машины и аппараты:*

- вибросмесители типа СВ;
- вибросита типа СВ;
- вибромельницы типа МВК, МВВ, МВШ.

#### *7.2.4. Вибрационные теплообменные аппараты:*

- сушилки вибрационные типа СВТ; СВП; СВК;
- вибрационные грануляторы типа ВИГ.

### *7.2.5. Конусные инерционные дробилки типов КИД-450; КИД-900; КИД-1500; КИД-1750; КИД-2200.*

До 1986 года было разработано свыше 64 типоразмеров вибрационных машин и аппаратов различного технологического назначения: горных питателей, виброконвейеров, конвейеров-грохотов, бункерных питателей, смесителей, сит, мельниц, грануляторов, фильтров, печей, экстракторов, сушилок и другого вибрационного оборудования с эластомерными упругими звеньями и изоляторами; всё оборудование отличается высокими технико-эксплуатационными показателями, надёжностью, долговечностью, экологической чистотой (до санитарных норм снижены шум и вибрация, практически нет просыпей и пыли химически вредных веществ).

Было изготовлено и внедрено в производство предприятий Минсредмаша СССР, Минчермета СССР, Минцветмета СССР и других предприятий:

- горных питателей 14 типоразмеров свыше 18000 шт.; в настоящее время выпускается и внедряется в производство 25-30 шт. в год только для нужд ВостГОКа;
- вибрационных машин и аппаратов: разработано более 50 типоразмеров; изготовлено и внедрено свыше 1450 штук; в настоящее время большинство вибромашин и аппаратов изготавливаются и внедряются различными фирмами в странах СНГ.

## **8. Разработка и внедрение ресурсо- и энергосберегающих технологий для добычи, переработки и обогащения минерального сырья**

### **8.1. Разработка и внедрение подземной циклично-поточной технологии выпуска и доставки руды**

На базе разработанных научных основ расчёта и проектирования вибромашин с эластомерными элементами были созданы оригинальные конструкции горных питателей и комплексов, отличающихся экологической чистотой, низкой удельной металлоёмкостью и энергоёмкостью, высокой долговечностью и надёжностью, безопасным функционированием. Созданный и массово внедрённый в производство параметрический ряд таких машин, предназначенных для всего многообразия технологических схем выпуска, доставки и погрузки горной массы при добыче рудных залежей от жильных до весьма мощных, позволил впервые разработать и внедрить подземную малоотходную циклично-поточную технологию (ЦПТ) без постоянного присутствия людей в забое.

Такая ЦПТ позволила:

- увеличить производительность выпуска и погрузки крупнокусковой горной массы в 2,5-3 раза;
- уменьшить количество рабочих; на 20-40 % снизить себестоимость работ;
- снизить потери руды в днищах блоков и объём горнопроходческих работ;
- практически исключить случаи травматизма на операциях выпуска и погрузки, занимающих ранее (50-60) % всех случаев на подземных работах.

До 1992 на горнодобывающих предприятиях Минсредмаша СССР ежегодно находилось в эксплуатации 800-1000 машин и с их применением добывалось 95 % руды; на предприятиях Минчермета и Минцветмета соответственно 150-200 ма-

шин и (60-75) % руды. Вибропитатели поставлялись также зарубежным горнорудным предприятиям. Всего было изготовлено и внедрено свыше 18000 вибрационных машин и комплексов различного технологического назначения.

На сегодняшний день ЦПТ успешно применяется на ВостГОКе; ежегодно изготавливается и внедряется в производство 25-30 машин.

## **8.2. Разработка, создание и внедрение эффективной технологии рудоподготовки и обогащения минерального сырья**

### **8.2.1. Разработка, создание и внедрение технологии герметичного транспортирования и обработки сыпучих и химически активных веществ**

На основе вибрационных машин и аппаратов создана уникальная технология герметичного транспортирования и обработки сыпучих, токсичных, пылящих, радиоактивных и других вредных для здоровья обслуживающего персонала веществ. Технология отличается универсальностью и позволяет наряду с механическими процессами (транспортирование, смешение, измельчение, грохочение) осуществлять также тепломассообменные процессы обработки минерального сырья: сушку, охлаждение, растворение, экстракцию и т.д. Технология широко используется при обогащении ураносодержащих руд, а также в других отраслях промышленности: химической, биологической, обработке пищевых материалов и т.д.

### **8.2.2. Создание новой прогрессивной ресурсо- и энергосберегающей RES-технологии измельчения руд в шаровых мельницах с резиновой футеровкой**

Такая технология была создана на базе эластомерных футеровок различных морфологических форм. В инженерной практике футеровки известны под следующими марками: для второй и третьей стадии измельчения «Плита-Волна» и «Плита-Лифтёр-Волна»; для первой стадии измельчения с шарами диаметром 100 мм «G.M-Волна», выполненная из трапециевидных плит толщиной 170-270 мм.

Применение таких футеровок позволило создать новую ресурсо- и энергосберегающую RES-технология измельчения руд в шаровых мельницах. Благодаря этой технологии для мельниц МШЦ 3,6×5,5 второй и третьей стадии измельчения железных руд (Северный горно-обогатительный комбинат – СевГОК, г. Кривой Рог, Украина) получены следующие результаты: прирост готового класса увеличился на 17-29 %; расход мелющих тел снизился на 10 %; удельный расход электроэнергии в целом на технологическую секцию снизился на (10-12) %.

По сравнению с металлическими футеровками самофутерующая резиновая футеровка «Плита – Волна» на шаровых мельницах 2 и 3 стадии измельчения позволила: снизить массу комплекта футеровки более чем в 3-5 раз и тем самым повысить срок службы опорных подшипников, снизить эксплуатационные затраты на монтажно-демонтажные работы по замене изношенной футеровки и уменьшить риск несчастных случаев; в 2-3 раза снизить шум; на (3-5) % повысить коэффициент использования мельниц (резиновая футеровка по сравнению с металлической имеет меньшую толщину); обеспечить заданную производительность

мельницы уже с первых часов работы; увеличить продолжительность межремонтных циклов в два раза; на (3-5) % повысить коэффициент использования мельниц на (25-30) % сократить время простоев мельниц для планового и непланового ремонтов.

На СевГОКе на мельнице МШР 3,6×4,0 на первой стадии измельчения с шарами диаметром 100 мм впервые в мировой практике дезинтеграции крепких железных руд была установлена резинометаллическая футеровка типа «G.M-Волна». Результаты испытаний весьма обнадеживающие: снизилось потребление энергии на 5 %; удельный расход мелющих тел снизился на 5 %; прирост готового класса продукта увеличился на (10-12) %; долговечность до отказа свыше 9000 ч.

Пятилетний опыт применения RES-технологии более чем на десяти предприятиях (примерно 70 мельниц различного назначения) показал явные преимущества новых конструкций резиновых и резинометаллических футеровок по сравнению с металлическими футеровками.

Применение новых конструкций резиновых футеровок на всех стадиях измельчения позволяет получить дополнительный резерв по питанию мельниц для последующего увеличения объёмов измельчения в пределах 10-15 % в целом по ГОКу, что существенно снижает капитальные и эксплуатационные затраты.

### **8.3. Создание эффективной технологии вибро- и сейсмозащиты**

На базе разработанных резиновых и резинометаллических виброрезонаторов типа ВР, ВС, ВРМС, ОП-180, ВРМ и других разработаны эффективные системы защиты тяжёлых машин, зданий и сооружений. Разработаны, созданы и внедрены в производство виброзащитные системы таких машин и оборудования:

- вентиляторов различных типов в т.ч. во взрывозащищённом исполнении; использовались виброизоляторы ОП-180, ВР и ВРМ;
- окомкователей-смесителей (з-д Азовсталь, з-д им. Ильича, г. Мариуполь; использовались виброизоляторы ОП-180 и ВРМ);
- вихревых смесителей (ОАО «СевГок», г. Кр. Рог, использовались виброизоляторы ОП-180);
- ковочного молота МД 4131 (ОАО «ВостГОК», г. Жёлтые Воды, использовались виброизоляторы ОП-180);
- конусных инерционных дробилок типа КИД (ОАО «Карелия-руд», ОАО «Башкиравтодор», дробилки КИД-900, КИД-1200, КИД-1500; использовались виброизоляторы ВР и ВРМ);
- молотковых дробилок ДМРЕ 14,5×13 (в цехе углеподготовки ОАО «Запорожкокс», г. Запорожье, использовались виброизоляторы ОП-180);
- молотковых дробилок СМ-170В (ОАО «Макеевкокс», г. Макеевка, использовались виброизоляторы ОП-180);
- молотковых дробилок ДРМЭ 1000×1004 (ОАО «Днепродзержинский КХЗ», использовались виброизоляторы ОП-180);
- молотковых дробилок ДРМРЭ 1450×1300 (ОАО «Алчевский коксохимзавод», г. Алчевск; использовались виброизоляторы ОП-180);

Внедрение виброзащитных систем позволило уменьшить амплитуды виброускорений опорных конструкций перекрытий цехов в 10-12 раз, уменьшить шум

и довести уровни шума и вибраций до требований санитарных норм, как для зданий, так и для обслуживающего персонала.

Виброзащитные системы машин и оборудования прошли Государственные приёмочные испытания.

Разработана номенклатура перспективных способов защиты КВО (зданий и сооружений) от аварий и катастроф природного, техногенного и террористического характера, которые могут обеспечить защиту КВО от шума, вибраций, сейсмударов и взрывной волны; разработан и опробован в лабораторных условиях параметрический ряд вибросейсмоизоляторов с жёсткостью на сжатие от 10 до 300 т/см.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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.
2. Прикладная механика упругонаследственных сред: В 3-х томах. – Т. 2. Методы расчета эластомерных деталей / А.Ф. Булат, В.И. Дырда, Е.Л. Звягильский, А.С. Кобец. – Киев: Наук. думка, 2012. – 616 с.

#### REFERENCES

1. Bulat, A.F., Dyrda, V.I., Zvyagilskiy, Ye.L., Kobets, A.S. (2011), *Prikladnaya mekhanika uprugo-nasledstvennykh 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.
2. Bulat, A.F., Dyrda, V.I., Zviagilskii, E.L. and Kobets, A.S. (2012), *Prikladnaya mekhanika uprugo-nasledstvennykh sred. Tom 2. Metody rascheta elastomernykh detalei* [Applied mechanics of elastic-hereditary media. Vol. 1. Design techniques of elastomeric parts], Naukova dumka, Kiev, Ukraine.

---

#### 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

**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

**Хохотва Александр Иванович**, инженер, председатель Государственной службы горного надзора и промышленной безопасности Украины, Киев, 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

**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

**Khokhotva Alexandr Ivanovich**, Engineer, The Head of The State Service of Mining Supervision and Industrial Safety of Ukraine, Kyiv, Ukraine