

Д. т. н. С. Я. Давыдов (✉), д. х. н. Р. А. Апакашев, д. т. н. Н. Г. Валиев,
П. А. Костюк

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный
университет», Екатеринбург, Россия

УДК 621.867.81/85.001.895

НОВЫЕ РАЗРАБОТКИ ПО ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ ДОСТАВКЕ ВЯЖУЩИХ И ИНЕРТНЫХ ДОБАВОК СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Даны основные характеристики, назначение и применение в горных выработках вяжущих строительных материалов. Доставка вяжущих материалов и заполнителей в горные выработки производится мягкими контейнерами, разгрузку мягких контейнеров осуществляют с использованием камерных пневматических разгрузателей. Разработан пневматический разгрузатель для растаривания и подачи материала к месту назначения, включая его подъем. Поперечные вставки в виде решеток предложено установить подвижно по высоте с возможностью изменения расстояния между ними в процессе перенастройки подъемника, не превышающего некоторой величины. Предложено подъемное устройство для увеличения производительности и эффективности работы пневмотранспорта за счет уменьшения или исключения завала нижней части трубопровода.

Ключевые слова: вяжущие строительные материалы, пневматический разгрузатель, мягкие контейнеры, камерный питатель, поперечные вставки, лепестки.

Для крепления подземных выработок основными вяжущими строительными материалами служат цемент и известь. Цемент с песком используется в соотношении 1:3 при обычных условиях и 1:1 при значительном горном давлении. Прочность затвердевшего раствора зависит от водоцементного соотношения В/Ц. Необходимое количество воды в растворе определяется опытным путем. При этом учитывается обводненность выработок.

Для горной крепи применяют только гидравлические вяжущие материалы, чаще всего портландцемент. В качестве вяжущих материалов применяют также гипсоцемент и синтетические смолы. В зависимости от соотношения смешиваемых количеств воды и цемента, оцениваемого по В/Ц, цементный раствор обладает различными вяжущими свойствами. Марка цемента означает предел прочности при сжатии в десятых долях мегапаскаля образца, изготовленного из одной части цемента и трех весовых частей песка при В/Ц = 1/2,5.

Наиболее широко при креплении выработок в горном деле используют получаемый обжигом до спекания смеси известняка и глины силикатный цемент — портландцемент марок 300, 400, 500 и 600. В присутствии агрессивных вод вместо

портландцемента применяют глиноземистый, пуццолановый, шлаковый и другие цементы. Рассмотренные виды цементов при твердении дают усадку, в результате чего в цементном камне появляются микротрещины. Имеются цементы, не дающие усадки при твердении: безусадочный и расширяющийся. Период схватывания обычного портландцемента после смешения с водой составляет от 45 мин до 12 ч. Для сокращения времени схватывания к цементу добавляют 1,5–5 % хлористого кальция, хлористого натрия и др. (http://www.tinref.ru/000_uchebniki/01790gornoe_delo/002_vasuchkov_gorn_delo/018.htm).

При креплении капитальных выработок используют бетон, содержащий вяжущее, мелкий и крупный заполнитель и воду. В качестве мелкого заполнителя используют песок без глинистых частиц, в качестве крупного — прочный гравий или щебень. При закладке песками нижний предел крупности закладочного материала ограничивается фракцией мельче 0,1 мм пылевато-глинистых частиц, содержание которой не должно превышать 30 %. Песок, гравий и щебень называют инертными добавками. Назначение инертных добавок — получить большой объем при том же количестве более дорогого материала (цемента). Состав бетона определяют по содержанию весовых частей цемента, песка (А) и крупного заполнителя (Б) 1:А:Б, а также по В/Ц. При расходе на 1 м³ бетона менее 200 кг цемента бетон называют тощим, при расходе цемента 200–250 кг — средним, более 250 кг — жирным. Для крепи горных выработок применяют в основном средние и жирные бетоны



С. Я. Давыдов
E-mail: davidovtrans@mail.ru

плотностью 2200–2300 кг/м³. Для горных выработок применяют тяжелый и облегченный бетоны плотностью в сухом состоянии соответственно 2200–2500 и 1800–2200 кг/м³.

Расчетную прочность бетон набирает на 28-й день твердения. Нормальные условия твердения бетона: температура 15–20 °С и относительная влажность воздуха 90–100 %. Для придания пластических свойств в бетонную смесь вводят добавки-классификаторы, которые одновременно снижают количество необходимой воды на 7–15 % и уменьшают на 8–10 % расход цемента. В шахтном строительстве используют марки бетона от 100 до 600 с интервалом через каждые 100 единиц.

Процесс укладки бетона хорошо поддается механизации на основе использования бетоноукладчиков. При укладке бетон принимает практически любую заданную форму. Высокая прочность, монолитность, хорошее сцепление с окружающими породами делают бетон одним из основных материалов для крепления капитальных горных выработок и камер. Для интенсификации возведения бетонных крепей и снижения расхода крепежных материалов применяют *торкрет-бетон* и *набрызг-бетон*. *Торкрет-бетон* — смесь из цемента из расчета 750 кг на 1 м³ водоцементного раствора, песчано-гравийного заполнителя с зернами крупностью до 5 мм и воды. Торкрет-бетон укладывают на укрепляемую поверхность выработки слоями толщиной 2–3 см каждый под давлением сжатого воздуха 0,2–0,3 МПа. Набрызг-бетон — смесь из цемента, взятого из расчета 400–450 кг на 1 м³ водоцементного раствора, гравийного заполнителя с частицами крупностью до 25 мм и добавок, ускоряющих отверждение (фтористый натрий и др.), в количестве 2–5 % от массы цемента и воды. Набрызг-бетон укладывают на поверхность выработки слоями общей толщиной 2–8 см.

Набрызг-бетон получил распространение в горном деле и подземном строительстве как один из основных материалов для крепления и гидроизоляции выработок, ремонта тоннельных обделок. Применяется в широком диапазоне горно-геологических условий в виде самостоятельной конструкции (в скальных и плотных глинистых грунтах с коэффициентом крепости $f > 4$), а также в сочетании с анкерами или арками с покрытием непосредственно по породе или по сетке, используемой в качестве затяжки (при $f = 2 \div 4$).

Набрызг-бетон или торкрет-бетон не являются относительно новым изобретением. Они известны более восьмидесяти лет. Первые работы с применением набрызг-бетона были выполнены в США в Аллентауне еще в 1907 г. компанией Cement-Gun. Первое устройство для напыления сухих материалов при новых строительных работах было изобретено в Пенсильва-

нии в 1907 г. Карлом Этаном, который нуждался в машине для набрызга строительного раствора на металлический каркас для сооружения динозавров. Его компания Cement-Gun защитила интересы торговой марки Gunitе для используемой ими строительной смеси. Этот раствор содержал мелкий инертный заполнитель и весьма высокое количество цемента.

Особенности набрызг-бетона, такие как метод его нанесения при креплении горных выработок, специальные материалы, оборудование, сделали его важным и необходимым инструментом для современного подземного строительства. В России набрызг-бетон впервые был применен в 1916 г. Создание в 1942 г. в Швейцарии машин для нанесения смеси с наполнителем крупностью до 30 мм и разработка эффективных ускорителей схватывания и твердения смеси способствовали широкому использованию набрызг-бетона для возведения как временной, так и постоянной крепи подземных выработок. Для торкретирования применяют высокомарочные цементы, в частности портландцемент и шлакопортландцемент по ГОСТ 10178, сульфатостойкий цемент по ГОСТ 22266, белый портландцемент по ГОСТ 965, цветной портландцемент по ГОСТ 15825. В ходе многократных производственных испытаний было выявлено, что предпочтительно использовать бездобавочные цементы с повышенным содержанием алюминатов, что приводит к быстрому набору прочности при смешивании с бесщелочными ускорителями твердения последнего поколения АФА (<http://docs.cntd.ru/document/1200080791>).

Железобетон — единый искусственный металлокаменный материал, состоящий из бетона и металлической арматуры. В качестве арматурных элементов используют круглую сталь гладкого или периодического профиля и арматурные канаты. Расчетную нагрузку железобетон может воспринимать после набора бетоном заданной прочности. Железобетонную крепь изготавливают либо непосредственно в шахте (монолитная крепь), либо на заводе железобетонных изделий (сборная крепь). Для придания железобетонным элементам крепи повышенной прочности металлическую арматуру предварительно подвергают растяжению, а затем заливают бетоном. Железобетонные крепи воспринимают не только сжимающие напряжения, но и растягивающие (<http://stroy-server.ru/notes/svyazuyushchie-dlya-ukrepleniya-gruntov>).

Железобетон применяют для повышения прочности крепи, работающей на изгиб или растяжение. Для железобетонной крепи металлическую арматуру заделывают внутрь бетона. Конструкция арматуры соответствует конструкции железобетонной крепи. Наибольший размер щебня не должен превышать 0,75 наименьшего расстояния между прутьями арматуры.

Наиболее распространен метод укрепления грунта с помощью портландцемента и шлакопортландцемента с добавками, регулирующими процесс твердения цементогрунта (хлористый кальций, известь, соли щелочных металлов, поверхностно-активные вещества). Основные процессы, происходящие при формировании цементогрунта, зависят от взаимодействия цемента с глинистыми частицами грунта. Взаимодействие вызывается растворением кремнезема и глинозема из частиц глины и аморфного компонента в среде с высоким pH, образованного в результате выделения гидратирующим цементом высокореактивного $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Растворившиеся компоненты с ионами кальция могут образовывать дополнительный цементирующий материал, который скрепляет между собой частицы глины. Для цементации грунтов применяют цементные, цементно-песчаные, цементно-глинопесчаные и цементно-глинистые растворы. В ряде случаев требуется повышение проницаемости частиц цемента в грунт, для этого производят помол цемента (мокрый или сухой) или воздушное сепарирование крупных частиц (<http://crdtech.ru/index.php/technology/item1/50-2012-04-30-12-21-40>).

Так называемый безвзрывной разрушающий реагент предназначен для тихого разрушения подлежащих сносу фундаментов, бетонных стен, опор. Может быть использован при добыче мрамора, гранита и др. Реагент состоит из извести и наполнителя. После ввода его в шпур и плотной закупорки реагент приводится в контакт с водой. Через 10–16 ч давление в шпуре достигает 300 кгс/см^2 , что достаточно для образования трещин в теле разрушаемого объекта. При бурении нефтяных скважин в состав промыочно-бурового раствора добавляют до 0,5 % гидратной извести, особенно при тяжелых условиях работ. При этом удается нейтрализовать вредное воздействие некоторых солей и ускорить буровые работы.

Имеется технология подавления взрывоопасности угольной пыли в шахтах. Для этой цели в атмосферу шахт вводят известковую пыль, которая, осаживаясь на угольной пыли, делает ее взрывобезопасной.

Экономия и повышение эффективности использования энергетических ресурсов входят в число восьми приоритетных направлений политики Российской Федерации, утвержденных Указом Президента РФ от 7 июля 2011 г. № 899 «Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации». Основными потребителями ТЭР являются промышленные предприятия. Реализация технологического процесса во многих отраслях промышленности требует перемещения большого объема сыпучих

материалов. При этом на долю пневмотранспорта приходится около 30 % объема всех работ по транспортировке сыпучих грузов. Системы пневмотранспорта имеют ряд преимуществ по сравнению с традиционными средствами транспортировки сыпучих материалов: компактность, высокие гигиенические показатели, способность одновременно с транспортированием материала изменять его состояние, простота обслуживания. Однако системы пневмотранспорта обладают самыми высокими затратами энергии на тонну перемещаемого материала. В некоторых случаях этот показатель превышает энергетические затраты традиционных видов транспорта в 10–15 раз. Высокое удельное энергопотребление часто связано с ошибками на этапе проектирования установок, поскольку существующие инженерные методики расчета пневмотранспортных установок (ПТУ) не учитывают специфику разных отраслей промышленности, что приводит к снижению энергетической эффективности ПТУ. Поэтому в настоящее время актуальной является проблема повышения энергетической эффективности систем пневмотранспорта при транспортировке сыпучих материалов.

Доставка вяжущих материалов в горные выработки производится мягкими контейнерами. Разгрузку мягких контейнеров осуществляют с использованием камерных пневморазгрузчиков. Одной из сложных проблем использования мягких контейнеров для пылевидных и порошковых материалов — их опорожнение. Существует ряд механических устройств (в том числе, например, устройство распаковки сыпучих продуктов из мягких контейнеров с донными клапанами фирмы «РМК-Т») для опорожнения мягких мешков.

Авторы [1–9] разработали пневматический разгрузатель (растариватель, пневморастариватель) пылеобразных насыпных грузов из гибкой тары. Разгрузатель включает процессы растаривания и подачи материала к месту назначения, включая подъем материала.

Техническим результатом разработки [8] является такое конструктивное исполнение камерного питателя, которое обеспечивает прием заполненной сыпучим материалом гибкой тары разных типоразмеров по высоте и извлечение порожней тары из приемной камеры под воздействием сжатого воздуха.

Камерный питатель (растариватель) пневмотранспортной установки [9] содержит приемную камеру 1 (рис. 1) с шарнирно смонтированной на ней крышкой 2. В приемную камеру 1 помещена гибкая (мягкая) емкость (тара) 3 с сыпучим материалом в закрытом состоянии. Разгрузочный трубопровод 4 смонтирован на крышке 2. Нагнетательный трубопровод 5 содержит патрубков 6 с нагнетательным соплом 7 с возмож-

ностью свободного перемещения вдоль него. Лезвие ножевого устройства 8 направлено вниз для разрезания верхней части гибкой тары 3.

Для отвода излишка воздуха по воздуховоду 9 дно 10 приемной камеры 1 снабжено патрубком 11. Для удаления гибкой тары 3 из камерного питателя приемная камера 1 снабжена диском 12 с юбкой 13. Установка диска 12 на определенном расстоянии от дна 10 камеры 1 обеспечивается винтовым устройством 14. Замкнутое пространство 15 приемной камеры 1 сообщается с разгрузочным трубопроводом 4 через вентиль 16 и с нагнетательным трубопроводом 5 посредством вентиля 17 воздуховода. Вентиль 18 транспортного трубопровода предназначен для перекрытия и подачи сжатого воздуха к нагнетательному соплу 7. Диск 12 имеет возможность свободного перемещения по вертикали до стопорного устройства 19. Диск 12 снабжен отверстием 20, перекрытым обратным клапаном 21.

При открытой крышке 2 тара 3, заполненная сыпучим материалом, в закрытом состоянии опускается в приемную камеру 1. При падении гибкой тары 3 в замкнутом пространстве между ее дном и диском 12 образуется излишек воздуха. Этот излишек воздуха через отверстие 20 обратного клапана 21 диска 12 отводится по патрубку 11 трубопровода 9 (пунктирная стрелка) через вентиль 16 в транспортный трубопровод 4. Крышка 2 закрывается. Патрубок 6 под действием собственного веса свободно перемещается вдоль нагнетательного трубопровода 5 вниз. Ножевое устройство 8 с усилием веса крышки 2 и патрубка 6 разрезает верхнюю часть гибкой тары. После открытия вентиля 18 при закрытых вентилях 16 и 17 воздух (сплошная стрелка) подается через патрубок 6 и нагнетательное сопло 7 внутрь гибкой тары 3. Верхние слои сыпучего материала в гибкой таре 3 аэрируются, приобретая текучесть, и вытесняются сжатым воздухом в транспортный трубопровод 4. Во время подачи сжатого воздуха в полость гибкой тары 3 ее стенки прижимаются к стенкам приемной камеры 1. После опорожнения тары 3 вентиль 18 закрывают, и подача сжатого воздуха через нагнетательное сопло 7 прекращается. Крышку 2 открывают при закрытых вентилях 17 и 18. В процессе подъема крышки 2 патрубок 6 с ножевым устройством 8 и нагнетательным соплом 7 опускается в полость нагнетательного трубопровода 5 (рис. 2).

При закрытых вентилях 16 и 18 подают сжатый воздух (сплошная стрелка) через открытый вентиль 17 в замкнутое пространство 15. Под действием сжатого воздуха диск 12 поднимается до стопорного устройства 19, поднимая при этом опорожненную гибкую тару 3 до верхнего положения для ее съема из камеры 1. Юбка 13 является направляющей, противодействуя

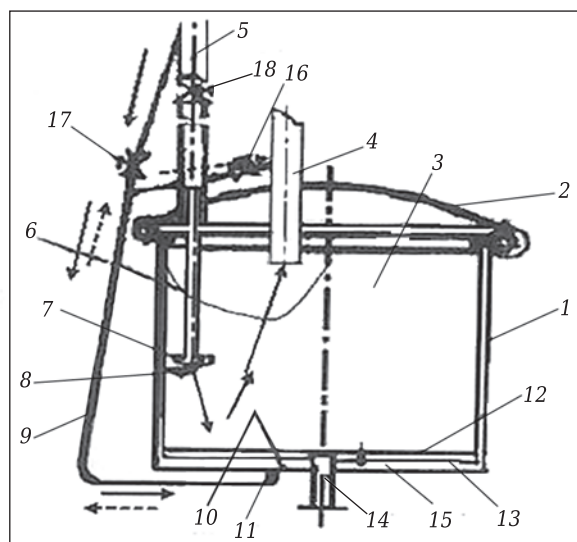


Рис. 1. Камерный питатель нагнетательной пневмотранспортной установки

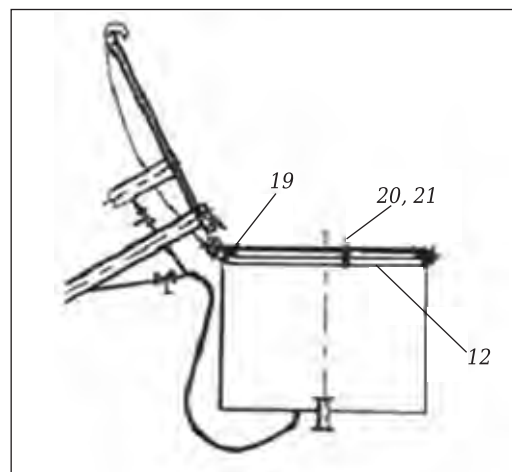


Рис. 2. Камерный питатель в разгрузочном состоянии

любому перекосу движущегося вверх диска 12. Установка диска 12 на определенном расстоянии от дна 10 камеры 1 обеспечивается установкой винтового устройства 14. При этом осуществляется разгрузка гибкой тары, различной по высоте.

Изучение процессов приема загруженной и извлечения опорожненной гибкой тары из камерного питателя на опытно-промышленной установке позволили сделать следующее заключение. Наличие диска 12 с юбкой 13, отверстия 20 с обратным клапаном 21 и стопорного устройства 19 (см. рис. 2) движения диска по высоте в предлагаемом устройстве упрощает не только процесс извлечения опорожненной тары 3 из камерного питателя, но и ее приема заполненной сыпучим материалом. Наличие винтообразного устройства 14 позволяет принимать заполненную сыпучим материалом гибкую тару 3 с различной высотой.

В известных устройствах [10–12] затруднительна ориентированная переустановка поперечных перфорированных вставок в заданном положении по высоте в зависимости от технико-экономических параметров подъемника, что приводит к уменьшению надежности его работы и увеличению расхода энергозатрат.

Авторы разработки [13] предложили поперечные вставки в виде решеток установить подвижно по высоте. Заданная высота должна быть выполнена с возможностью изменения расстояния $H_{\text{пер}}$ между ними в процессе перенастройки подъемного устройства, не превышающего величины, определяемой по зависимости

$$H_{\text{пер}} < H_0(1 + 9,52 \cdot 10^{-7} \left(\frac{W}{W_{\text{кр}}} - 1 \right)^{1,93}),$$

Расстояние $H_{\text{пер}}$ устанавливается с учетом изменения физико-механических свойств сыпучих материалов и гидродинамики несущей среды. При этом расстояние между поперечными перфорированными вставками не должно превышать 5 диаметров транспортного трубопровода.

Практика показала, что в вертикальных транспортных трубопроводах [10–12] при нарушении оптимального режима пневмоподъема происходит завал нижней части трубопровода, для ликвидации которого требуются энергозатраты. Это приводит к снижению производительности и уменьшению эффективности работы пневмотранспорта. Технический результат

разработки — увеличение производительности и эффективности работы пневмотранспорта за счет уменьшения или исключения завала нижней части трубопровода.

Авторы настоящей статьи предлагают устройство (рис. 3) для пневматического транспортирования сыпучих материалов, которое содержит смесительную камеру 1 с вертикальным транспортным трубопроводом 2. В нижней части смесительной камеры установлены патрубки 3 для подвода сжатого воздуха и газораспределительная пористая перегородка 4. В транспортном трубопроводе 2 рассредоточенно по его длине вмонтированы поперечные вставки 5. Поперечные вставки содержат кольца 6. На эти кольца 6 установлены шарнирно сегменты (лепестки) 7. Лепестки 7 размещены внахлест одного края с возможностью обеспечения их подвижности относительно друг друга и поперек трубопровода 2. При этом высота h лепестков 7 не должна превышать размера радиуса поперечного сечения транспортного трубопровода 2. Под воздействием движущейся материалогазовой смеси на лепестки 7 обеспечивается перекрытие и раскрытие поперечного сечения вертикального трубопровода 2. Под кольцами 6 на внутренней стенке 8 трубопровода установлен упорный элемент 9.

Сыпучий материал непрерывно подается в смесительную камеру 1. Через патрубок 3 подается сжатый воздух под газораспределительную пористую перегородку 4. Над ней сжатым воздухом аэрируется сыпучий материал до создания псевдоожиженного слоя. В таком виде сыпучий материал под действием избыточного давления в смесительной камере 1 и постоянного подпора материала в подпитывающей части 10 подается и движется по вертикальному трубопроводу. В транспортном режиме под действием материаловоздушной среды лепестки 7 расположены в поднятом состоянии и не препятствуют продвижению потока сыпучего материала. При нарушении транспортного режима подъема лепестки 7 под действием материаловоздушной среды в обратную сторону (вниз) резко опускаются и перекрывают поперечное сечение трубопровода. Упорный элемент 9 препятствует загибу лепестков вниз. Таким образом, лепестки 7 под действием материаловоздушной среды перекрывают или раскрывают поперечное сечение вертикального трубопровода 2.

Таким образом, выполнен анализ характеристик, назначения и применения в горных выработках вяжущих строительных материалов. Доставка вяжущих материалов и заполнителей в горные выработки производится мягкими контейнерами. Разработан пневматический разгрузатель для растаривания и подачи материала к месту назначения, включая подъем материала. Поперечные вставки в виде решеток предло-

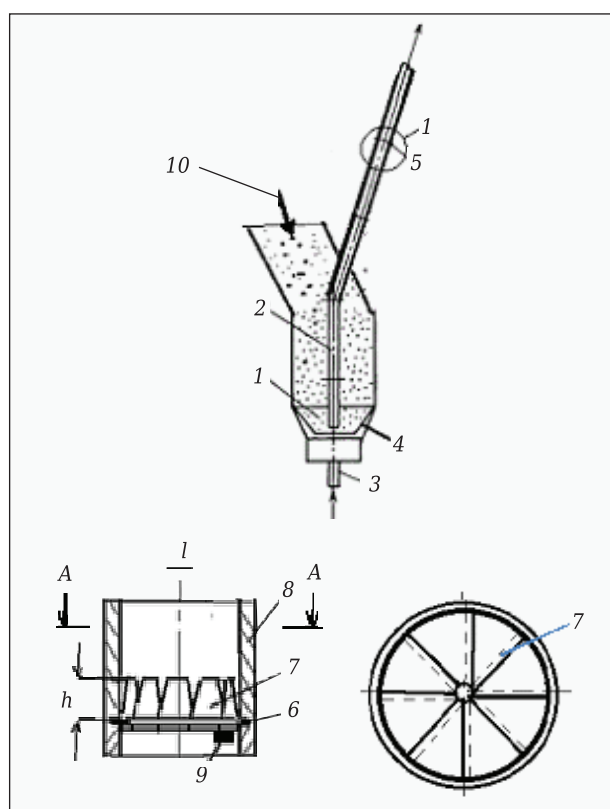


Рис. 3. Устройство для подъема материалогазовой смеси

жено устанавливать подвижно по высоте с возможностью изменения расстояния между ними в процессе перенастройки подъемного устройства, не превышающего некоторой величины.

Движение диска по высоте в предлагаемом устройстве упрощает не только процесс извлечения опорожненной тары из камерного питателя, но и ее приема заполненной сыпучим материалом.

Библиографический список

1. **Давыдов, С. Я.** Энергосберегающее оборудование для транспортировки сыпучих материалов: исследование, разработка, производство / С. Я. Давыдов. — Екатеринбург : УГТУ-УПИ, 2007. — 317 с.
2. **Давыдов, С. Я.** Энергосберегающее оборудование пневматического транспорта: вчера, сегодня, завтра: теория, расчет, исследования, производство / С. Я. Давыдов, А. Н. Сёмин. — М. : Изд. Фонд «Кадровый резерв», 2016. — 472 с.
3. **Давыдов, С. Я.** Транспортное и складское оборудование с пневморазгрузкой / С. Я. Давыдов, Ф. Л. Капустин, И. Д. Кашеев, С. Н. Селезнева // Новые огнеупоры. — 2010. — № 6. — С. 21–27.
4. **Давыдов, С. Я.** Исследования по растариванию гибкой тары / С. Я. Давыдов, Ф. Л. Капустин, И. Д. Кашеев, А. Г. Устинова // Новые огнеупоры. — 2007. — № 4. — С. 24–26.
5. **Пат. 2261214 Российская Федерация.** Камерный питатель нагнетательной пневмотранспортной установки / Давыдов С. Я., Кашеев И. Д., Капустин Ф. Л. — № 2003123474; заявл. 23.07.03; опубл. 10.02.05, Бюл. № 27.
6. **Пат. 2323151 Российская Федерация.** Камерный питатель нагнетательной пневмотранспортной установки / Давыдов С. Я., Капустин С. Я. — № 2006111682; заявл. 10.04.06; опубл. 27.04.08, Бюл. № 12.
7. **Пат. 2540889 Российская Федерация.** Камерный питатель нагнетательной пневмотранспортной установки / Давыдов С. Я., Косарев Н. П., Валиев Н. Г., Симисинов Д. И. — № 2013115811; заявл. 08.04.13; опубл. 10.02.15, Бюл. № 4.
8. **Пат. 2537368 Российская Федерация.** Камерный питатель нагнетательной пневмотранспортной установки / Давыдов С. Я., Косарев Н. П., Валиев Н. Г., Симисинов Д. И., Потапов В. Я., Костюк П. А. — № 2013125215; заявл. 30.05.13; опубл. 10.01.15, Бюл. № 1.
9. **Пат. 155128 Российская Федерация.** Камерный питатель нагнетательной пневмотранспортной установки / Давыдов С. Я., Филатов М. С. — № 2014151993; заявл. 22.12.14; опубл. 20.09.15, Бюл. № 26.
10. **Урбан, Я.** Пневматический транспорт / Я. Урбан. — М. : Машиностроение, 1967. — 256 с.
11. **Давыдов, С. Я.** Повышение эффективности транспорта глиноземной пыли / С. Я. Давыдов, И. Д. Кашеев, А. А. Рукомойкин // Новые огнеупоры. — 2004. — № 5. — С. 9–12.
12. Расчеты аппаратов кипящего слоя : справочник ; под ред. И. П. Мухленова, Б. С. Сажина, В. Ф. Фролова. — Л. : Химия, 1986. — 91 с.
13. **Пат. 201015 Российская Федерация.** Устройство для подъема сыпучих материалов в транспортном трубопроводе / Тырцева К. Е., Давыдов С. Я., Гревцев Н. В., Горбунов А. В., Олейникова Л. Н., Горбунов А. А., Рахимова В. Т. — № 2020114057; заявл. 03.04.20; опубл. 23.11.20, Бюл. № 33. ■

Получено 18.12.20

© С. Я. Давыдов, Р. А. Апакашев,
Н. Г. Валиев, П. А. Костюк, 2020 г.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ



27–29 января 2021 г.
Токио, Япония

Основные разделы выставки:

- + Функциональные материалы (био- и стройматериалы, бумага, ткань, нетканые технические материалы, полимеры, органические и неорганические материалы, гибридные материалы, материалы для вакуумного напыления и поверхностных покрытий, сверхтонкие изоляторы и проводники, краски, покрытия, добавки, наполнители, смолы и др.)
- + Нанотехнологии и оборудование для изготовления функциональных материалов
- + Технологии использования электромагнитных полей

www.worldexpo.pro