

**ОСНОВНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ  
В ОБЛАСТИ ГЕОТЕХНОЛОГИЙ, СИСТЕМ ТРУБОПРОВОДНОГО  
ПНЕВМОТРАНСПОРТА, ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ  
И КОНТРОЛЯ ГЕРМЕТИЧНОСТИ ПОЛЫХ ИЗДЕЛИЙ**

Приведені основні результати досліджень з розробки та впровадження в виробництво новітніх технічних засобів та технологій у галузі геотехнологій, систем трубопровідного пневмотранспорту, теплоенергетики та контролю герметичності порожнистих виробів. Наукова новизна та практична значимість робіт полягає в можливості значно підвищити ефективність різноманітних технологічних процесів за рахунок використання отриманих результатів.

**BASIC ACHIEVEMENTS  
IN AREA OF GEOTECHNOLOGYS, SYSTEMS OF PIPELINE  
OF PNEUMATIC TRANSPORT'S, THERMAL ENERGY  
AND CONTROL OF IMPERMEABILITY OF HOLLOW WARES**

The brought basic results over of researches from development and applying in industry of the newest technical equipments and technologies in industry of geotechnologys, systems of pipeline of pneumatic transport, thermal energy and control of impermeability of hollow wares. A scientific novelty and practical meaningfulness of works consist in possibility considerably to promote efficiency of various technological processes due to the use of got results.

Показатели эффективности угольной и энергетической отрасли промышленности, а также решение актуальных вопросов охраны окружающей среды оказывают непосредственное влияние на развитие и стабильность реального сектора экономики государства. Поэтому, новые технологии и технические средства, повышающие эффективность технологических процессов в этих отраслях хозяйственной деятельности являются стратегически важными направлениями развития экономики.

**ГОРНОЕ ДЕЛО.**

*Программно-технологический комплекс «Технология стратегического планирования развития горных работ».* Одной из важнейших задач в угольной отрасли является задача определения на стадии проектирования горных работ технологических решений, основанных на знаниях комплексных закономерностей и динамики изменения во времени поведения горного массива, обеспечивающих максимальную нагрузку на очистной забой с максимально возможными экономическими показателями при повышении уровня надежности и безопасности условий ведения горных работ.

В настоящее время существует много научных школ и методологий расчета показателей геомеханического состояния углепородного массива при ведении горных работ. Они основываются на применении основных положений механики сплошной среды, использовании как классических, так и модифицирован-

ных теорий упругости и численных методов расчета (методы конечных, граничных, дискретных элементов).

Однако на сегодняшний день еще не существует единой теории геомеханики горного массива, которая позволила бы комплексно учитывать при расчетах большое разнообразие горно-геологических и горнотехнических условий и факторов, которые прямо или косвенно влияют на показатели и особенности механизма сдвижения горных пород при ведении горных работ. К ним необходимо, в первую очередь, отнести: слоистость, разномодульность, трещиноватость массива; нелинейность деформационных характеристик пород, изменчивость физико-механических характеристик пород в зависимости от условий их залегания в массиве и по длине отработываемого столба угля, наличие выработанного пространства в окрестности отработываемой лавы, наличие проскальзывания слоев пород относительно друг друга по ослабленным контактам напластования, расслоение пород в т.ч. с образованием полостей расслоения.

Указанные обстоятельства определяют необходимость рассматривать породный массив не как сплошную, а как дискретную несплошную среду, поведение которой в большинстве случаев описывается статистическими закономерностями.

В результате анализа данных многолетних исследований в области процессов деформирования и разрушения не сплошных сред ИГТМ НАН Украины совместно с Научно-инженерным центром «Экология-Геос» создана «Технология стратегического планирования развития горных работ» [5–7].

Данная *Технология* базируется на учете закономерностей механизма сдвижения слоистого, разномодульного горного массива при ведении горных работ. Этот механизм заключается в последовательном от угольного пласта до дневной поверхности изгибе слоев пород, представленных в виде тонких плит, не жестко заземленных по контуру выработки, с подвижками слоев относительно друг друга по контактам напластований.

Разработанная *Технология* впервые в мировой практике комплексно учитывает влияние горно-геологических, горнотехнических факторов и условий ведения горных работ, а также фактора времени на геомеханическое состояние пород, окружающих горные выработки.

Всего *Технология* позволяет учитывать 36 показателей и факторов, влияющих на напряженно-деформированное состояние массива горных пород и, соответственно, на особенности ведения горных работ.

Использованный в *Технологии* оригинальный подход, взаимоувязывающий все определяющие факторы и условия ведения горных работ, позволяет на основе знаний динамики изменения напряженно-деформированного состояния массива горных пород во времени решать горнотехнические задачи любого уровня сложности. При этом в отличие от других подобных продуктов, решение горнотехнических задач производится максимально приближенно к условиям конкретного добычного участка, выработки или даже отдельного участка выработки. Это достигается путем использования реальных физико-

механических характеристик вмещающих пород и горнотехнических условий ведения горных работ.

Неоспоримым преимуществом *Технологии*, по сравнению с существующими методиками, является комплексный учет влияния очистных выработок на подготовительные, учет влияния ведения горных работ на смежных пластах (подработка / надработка), что позволяет еще на стадии проектирования определять рациональные технологические параметры ведения горных работ для условий конкретного добычного участка.

Кроме этого, знание особенностей поведения массива горных пород при ведении горных работ позволяет определять параметры его деформирования: опускания пород кровли, поднятия пород почвы, сближение стенок выработок, горизонтальные подвижки слоев пород относительно друг друга по напластованию, образование полостей расслоения и их размеры. Это в комплексе со знанием силовых характеристик: нормальных нагрузок и напряжений, позволяет решать горнотехнические задачи любого уровня сложности.

Широкий спектр горнотехнических задач, решаемых с помощью *Технологии*, условно можно разбить на четыре основных направления.

1) Планирование развития горных работ на одном или нескольких угольных пластах с учетом их взаимного влияния.

На основе закономерностей распределения нормальных нагрузок в динамической и стационарной опорных зонах при ведении горных работ от горно-геологических и горнотехнических факторов и условий ведения горных работ решаются задачи по определению параметров целиков различного назначения.

2) Определение параметров очистных выработок и выемки угля.

Решаются задачи по установлению закономерностей для определения рациональной длины лавы во взаимоувязке со среднесуточной скоростью ее подвигания, скоростью подачи выемочной машины и шириной захвата исполнительного органа от геомеханического состояния вмещающих пород в призабойном пространстве лавы.

3) Определение параметров подготовительных выработок.

Устанавливаются закономерности, увязывающие опускания и поднятия пород, сближение боков выработки и нормальных нагрузок на крепь выработки в любом характерном сечении ее охраны и поддержания: в массиве вне зоны влияния лавы, в зоне влияния лавы, на сопряжении с лавой и позади лавы, от ее высоты и ширины, формы поперечного сечения, горно-геологических и горнотехнических факторов и условий ведения горных работ.

4) Подработка (надработка) объектов, включая дневную поверхность.

Устанавливаются особенности распределения нормальных нагрузок в динамической и стационарной опорных зонах при ведении горных работ от горно-геологических и горнотехнических факторов и условий ведения горных работ, обеспечивающие возможность определения характера и степени подвижек слоев пород, включающих различные объекты (выработки), и земной поверхности с учетом наличия плывунов, горных работ на смежных пластах, тектонических нарушений и фактора времени.

На сегодняшний день *Технология* убедительно доказала свою высокую эффективность при практическом применении на шести крупнейших угледобывающих предприятиях Украины: ПАО «ДТЭК Павлоградуголь», ГП ДУЭК, ГП «Селидовуголь», ГП «Макеевуголь», ПАО «Шахта им. А.Ф. Зясядько», ООО «ДТЭК Свердловантрацит».

В настоящее время с помощью «Технологии стратегического планирования развития горных работ» было решено около 100 стратегических горнотехнических задач, результаты которых надежно идентифицированы, которые находятся на разных этапах технологического использования и, соответственно, на различных этапах практической реализации в соответствии с программами развития горных работ. Фактический экономический эффект от реализованных практических рекомендаций на сегодняшний день составил свыше 70 млн. грн.

**Вибропневмотранспортные машины.** Вибрационные эффекты лежат в основе принципов действия многих высокоэффективных машин, применяемых в различных отраслях промышленности, и служат для интенсификации технологических процессов.

На протяжении длительного периода времени в ИГТМ НАН Украины под руководством академика В.Н. Потураева выполнялись комплексные теоретические и экспериментальные исследования, направленные на:

- установление физической сущности и обоснование эффективности использования вибрационного воздействия на сыпучий материал на загрузочном участке вибропневмотранспортных машин (ВПМ);
- определение величины эффективного коэффициента трения при совместном виброаэродинамическом воздействии на перемещаемый материал;
- определение закономерностей движения липкого материала на вибрирующей поверхности рабочего органа загрузочных устройств ВПМ
- установление закономерностей движения кусковатого сыпучего материала на вибрационно-разгонном участке и транспортном трубопроводе ВПМ.

В результате многолетних комплексных аналитических и экспериментальных исследований была доказана эффективность применения вибрационного воздействия на сыпучий материал на загрузочном участке пневмотранспортного оборудования и получены соотношения для определения рациональных параметров данного вида оборудования.

На основе механики гетерогенных сред, основных положений газовой динамики и теории турбулентных струй под руководством академика создана фундаментальная теория двухфазных потоков «газ – твердые частицы» в поле действия виброаэродинамических сил и получила дальнейшее развитие теория смешивания газовых потоков в эжекторных устройствах. При этом, впервые, на уровне научных открытий установлены закономерности движения сыпучих материалов по транспортному трубопроводу и взаимодействия эжектирующего и эжектируемого потоков газа в камере смешения кольцевого эжектора.

На основе полученных результатов развито новое направление в плане разработки пневмотранспортного оборудования – создание вибропневмотранс-

портных машин цикличного (ВПМЦ) и непрерывного (ВПМН) принципа действия [1–3].

Эффект вибрационного воздействия на сыпучий материал в этих машинах использован и как средство против закупорки материала в транспортном трубопроводе и для обеспечения полного заполнения материалом камер, расположенных горизонтально (эффект вибробункеризации).

Это позволило разработать конструкции камерных пневмотранспортных машин с горизонтальным расположением камер и, как следствие, с минимальными габаритными размерами по высоте. Особую важность вопрос о габаритных размерах по высоте приобретает при создании ВПМ для горнодобывающей промышленности

ВПМЦ (см. рис. 1) – представляют собой камерные вибропневмотранспортные машины цикличного действия, относящиеся к классу машин цехового пневмотранспорта. Их производительность составляет до  $120 \text{ м}^3/\text{ч}$  и дальность транспортирования до 2,5 км при габаритах машины 1,2 x 0,7 x 2,5 м.

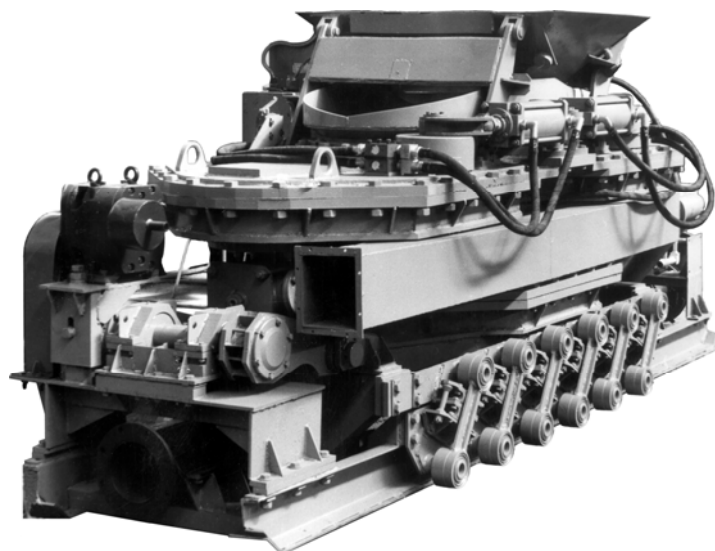


Рис. 1 – Вибропневмотранспортная машина ВПМЦ

В горнодобывающей промышленности ВПМЦ предназначены для использования в инфраструктуре закладочного хозяйства шахт как высокоэффективное средство доставки закладочного материала с участков его подготовки к добычным участкам и закладки в выработанное пространство лавы. Использование таких машин позволяет существенно снизить энергозатраты на транспортирование закладочного материала за счет исключения из стоимости закладочных работ строительства перегрузочных пунктов и эксплуатации других видов транспорта. Техно-экономические показатели работы ВПМЦ позволяет использовать ее в различных отраслях промышленности и сельском хозяйстве для транспортирования различных видов сыпучих материалов.

При разработке ВПМЦ с горизонтальными параллельно расположенными камерами возможно увеличение объема камер до  $2 \div 4 \text{ м}^3$  с размером устройст-

ва по высоте  $1,0 \div 1,4$  м. При работе в особо стесненных условиях возможно установление одной горизонтальной камеры, работающей циклично на транспортный трубопровод.

Добиться пневмотранспортирования без закупорок разгонного участка транспортного трубопровода при повышенной пропускной способности узла загрузки можно за счет вибрационного воздействия на сыпучий материал, прямой схемы воздухоподающего, разгонного и транспортного трубопроводов при постоянных их диаметрах, а также за счет обеспечения равномерного дозирования материала.

ВПМН – представляют собой малогабаритные, вибропневмотранспортные машины непрерывного действия, относящиеся к классу машин участкового пневмотранспорта (см. рис. 2).

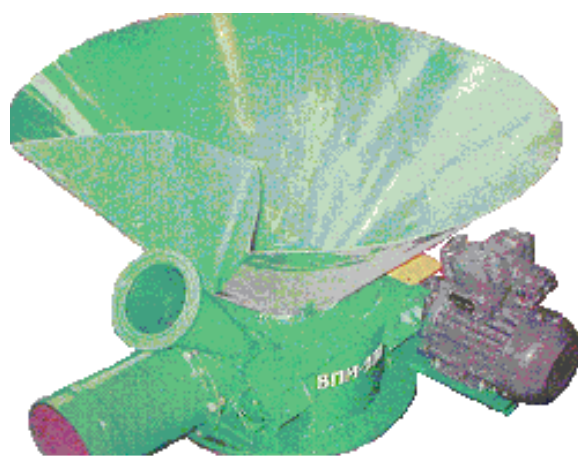


Рис. 2 – Вибропневмотранспортная машина ВПМН

Отличительная особенность ВПМН, разработанных в ИГТМ НАН Украины, заключается в рациональном взаимном расположении кольцевого эжектора с загрузочным бункером питателем и вибрационным загрузочным. Благодаря такой конструктивной схеме компоновки основных элементов машины сыпучий материал подается в транспортный трубопровод с использованием комплексного виброаэродинамического воздействия на перемещаемый материал. Вибролоток в конструкциях данного типа предназначен для создания в зоне загрузки вибрируемого слоя материала и тем самым снижения эффективного коэффициента трения материала о стенки загрузочного устройства. Вследствие этого достигается снижение затрат энергии и, соответственно, сжатого воздуха на разгон материала. При этом происходит уменьшение потерь полного давления на инерционный разбег перемещаемого материала и снижаются потери давления несущей среды (воздуха) в загрузочном бункере. В конечном счете, все это позволяет существенно увеличить эффективность транспортирования сыпучих материалов [1–3].

В горнодобывающей промышленности ВПМН предназначены для решения комплекса задач горного производства в технологических схемах с оставлением горных пород в выработанном пространстве шахт.

Машины этого класса характеризуются незначительными массогабаритами (масса до 200 кг, габариты 0,7 х 0,8 х 0,3 м); дальностью транспортирования горной массы до 100 м; производительностью до 30 м<sup>3</sup>/ч. ВПМН могут располагаться непосредственно на добычном участке и перемещаться по подготовительным выработкам вслед за очистным забоем по всей длине обрабатываемого столба.

Малые габаритные характеристики и технологические возможности ВПМН позволяют использовать ее непосредственно на добычном участке с возможностью перемещения машины по подготовительным выработкам вслед за очистным забоем. ВПМН с кольцевым эжектором можно применять в различных технологических процессах горного производства как самостоятельно, так и в составе закладочных комплексов. В частности, при отдельной выемке тонких пологих пластов и оставлении породы, полученной от проведения выработок и их ремонта, в выработанном пространстве, в том числе в виде бутовых полос [3, 4].

На базе ВПМН в ИГТМ НАН Украины под руководством академика В.Н. Потураева были разработаны, изготовлены и апробированы в промышленных условиях действующих шахт вибропневмозакладочный комплекс ВПЗК ТУ 14-12/332-85 и комплекс вибрационно – пневматический бутовый КВПБ.

Экспериментальные и промышленные испытания натуральных образцов ВПМН на опытно-промышленном полигоне ИГТМ НАН Украины и предприятиях горнодобывающей промышленности [1, 3] показали, что ВПМН с кольцевым эжектором и вибрационным загрузочным лотком позволяет:

- впервые в практике ведения горных работ достичь устойчивого режима транспортирования всех видов закладочных материалов, включая липкие и влажные горные породы;

- увеличить в 2 ÷ 2,5 раза пропускную способность загрузочного участка и тем самым повысить производительность транспортирования;

- увеличить дальность транспортирования на расстояние до 120 м;

- обеспечить возможность транспортирования по трубопроводу с участками подъема и поворота до 90°;

- повысить кинетическую энергию аэросмеси на выходе из транспортного трубопровода, что позволит существенно (до 0,8 ÷ 0,85) увеличить относительную плотность закладочного массива;

- значительно уменьшить габаритные характеристики машины (по высоте до 0,4 м) и массу (до 200 кг), а также обеспечить возможность увязки с существующим оборудованием;

- снизить на 20 ÷ 40 % энергоемкость пневмотранспортирования и тем самым уменьшить расход сжатого воздуха.

Учитывая большое разнообразие технологических схем использования ВПМН, а также тот факт, что обеспечение этих машин сжатым воздухом является высокоэнергоемким процессом, стратегическим направлением в разработке машин данного класса принято создание их типоразмерного ряда. Такой подход позволяет минимизировать потребление ВПМН сжатым воздухом пу-

тем возможности выбора в каждом конкретном случае типоразмера ВПМН с показателями назначения в наиболее полной мере адаптированными к условиям их практического применения [4].

Подводя итоги вышесказанному, можно сделать вывод, что исследования, выполненные в ИГТМ НАН Украины, позволили:

- разработать научные основы транспортирования сыпучих материалов в поле действия виброаэродинамических сил;
- дополнить теорию турбулентных струй описанием физической картины взаимодействия газовых потоков в эжекторных устройствах;
- создать высокоэффективные, отвечающие мировому уровню, вибропневмотранспортные машины для транспортирования всех видов, включая липкие и влажные горные породы, сыпучих материалов для технологических процессов различных отраслей промышленности.

В совокупности полученные результаты работ ученых института в данном направлении позволяет смело утверждать, что они являются основополагающими в создании и развитии нового научного направления – механики пневмотранспортирования.

#### **ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА.**

**Реактор и технология сжигания низкорреакционных углей в котлах тепловых электростанций.** В настоящее время одной из важнейших и актуальных проблем энергетического комплекса Украины является эффективное сжигание низкорреакционных энергетических углей марки АШ в котлах тепловых электростанций (ТЭС). Сжигание АШ в котлах ТЭС в настоящее время осуществляется в виде угольной пыли (аэросмеси) с подсветкой мазутом или природным газом. Доля подсветки в общем тепловом балансе котла достигает 10 % и более от тепловой мощности котельного агрегата и может увеличиваться до 30 % при ухудшении качества угля.

Применение существующих технологий характеризуется значительным механическим и химическим недожогом, использованием природного газа или мазута для стабилизации процесса горения, кроме того, применение мазутного розжига сопровождается значительными выбросами веществ в атмосферу.

Актуальность проблемы обусловлена тем, что геологические запасы таких углей разведаны на много лет вперед. Исходя из этого, во всем мире были построены и в настоящее время эксплуатируются большое количество котлов различной мощности, сжигающих низкорреакционные энергетические угли марки АШ с содержанием летучих менее 4 %.

Сжигание такого угля производится в виде аэросмеси с подсветкой дорогостоящим природным газом или мазутом, доля которого в тепловом балансе котла может достигать 30÷40 %. Повышение эффективности сжигания путем использования углей с высоким содержанием летучих в котлах, предназначенных для сжигания АШ, из-за специфики технологического процесса, а также по условиям взрывной и пожарной безопасности не допускается.

Традиционные методы повышения эффективности использования низкорреакционных углей и улучшения экологической обстановки себя исчерпали, по-



этому в настоящее время назрела необходимость разработки принципиально новых технологий. Кардинальное решение данной проблемы обеспечивает новая технология, разработанная ИГТМ НАН Украины совместно с Научно-инженерным центром "Экология-Геос" [8].

Сущность технологии заключается в скоростном высокотемпературном нагреве потока аэросмеси в специальном аэродинамическом реакторе термохимической подготовки топлива (ТХПТ), где частицы угольной пыли разогреваются до температуры воспламенения (см. рис. 3). При этом происходит нагрев, полное выделение летучих веществ, частичная газификация коксового остатка топлива, и воспламенение частиц угля без добавления природного газа или мазута.

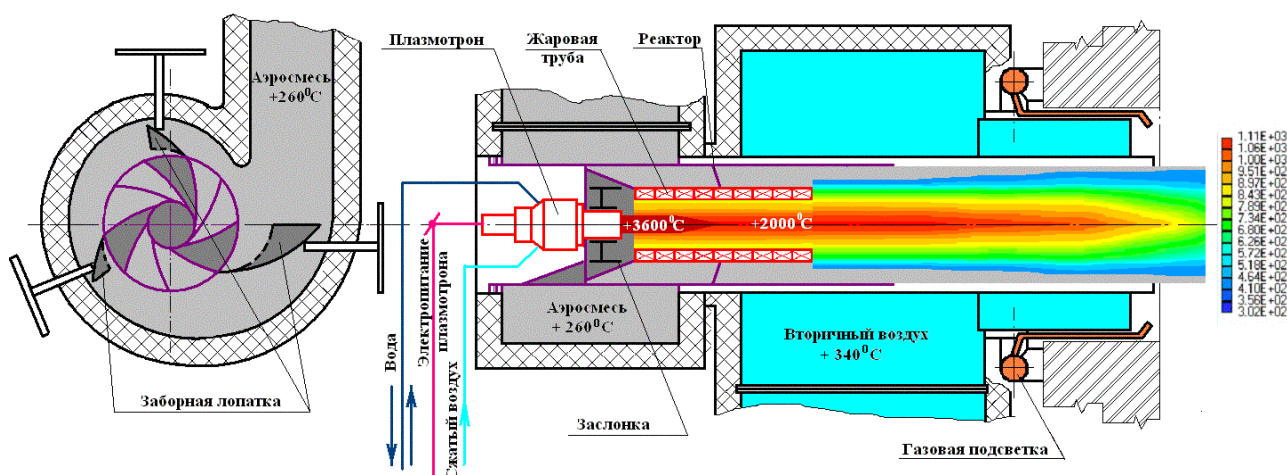


Рис. 3 – Принципиальная схема реактора ТХПТ

Для практической реализации этой технологии необходимо знать закономерности процессов турбулентного движения закрученных двухфазных потоков, содержащих горящие частицы топлива с учетом переменности их массы, химического состава аэросмеси, тепломассообмена газовой и дисперсной фаз. Эти закономерности являются основой для разработки практических рекомендаций для разработки технологического процесса и создания технических средств для эффективного сжигания низкорекреационных углей в котлах ТЭС.

Специально для данной технологии разработано новое плазменное оборудование, которое обеспечивает непрерывность процесса термохимической подготовки топлива. Установленное на одной из тепловых электростанций плазменное оборудование отработало без замены быстроизнашивающихся частей плазмотрона более 1000 часов, что превосходит показатели мировых аналогов.

Для защиты внутренних полостей реактора от воздействия окислительно-восстановительной среды высокой температуры Национальной Академией наук Украины был разработан специальный высокотемпературный керамический материал, который стойкий в окислительно-восстановительной среде, позволяет стабильно работать при температурах  $1800 \div 1900$  °C в режиме «жидкого» шлакоудаления и обеспечивает достижение среднемассовой температуры аэро-

смеси при входе в котел равной 1000 °С, что соответствует лучшим мировым достижениям.

В настоящее время разработанный реактор установлен на котле одной из теплостанций. Проведенные испытания в период 2007 ÷ 2011г. подтвердили стабильную работу реактора без шлакования на режиме «сухого» шлакоудаления с достижением среднемассовой температуры аэросмеси до 700 °С.

Разработанная технология и реактор позволяют:

- исключить использование природного газа и мазута в процессе сжигания низкорекреационных энергетических углей с содержанием летучих до 4 %;
- обеспечить работу котла с минимально возможным механическим недожогом угля;

- улучшить экологические и социальные условия промышленных регионов.

Экономический эффект от внедрения реактора на одном котле составил 11,5 млн. долларов США в год.

### **КОНТРОЛЬ ГЕРМЕТИЧНОСТИ ПОЛЫХ ИЗДЕЛИЙ.**

Обеспечение герметичности полых изделий, применяемых в ракетно-космическом комплексе, а также в различных сферах промышленности для хранения и транспортирования жидких и газообразных веществ, представляет собой важный экономический, социальный и экологический фактор. Достичь положительных результатов в данном направлении возможно только с использованием новых прогрессивных технологий, повышающих эффективность контроля герметичности полых изделий при их изготовлении, эксплуатации и регламентной поверке.

#### **Устройство и технология контроля герметичности полых изделий.**

ИГТМ НАН Украины совместно с Научно-инженерным центром «Экология-Геос», Государственным конструкторским бюро «Южное», Производственным объединением «Южный машиностроительный завод» и Харьковским Национальным научным центром «Институт метрологии» разработано принципиально новое прецизионное устройство и технология контроля герметичности полых изделий (см. рис. 4).



Рис. 4 – Внешний вид пневмоблока и устройства контроля герметичности

В основу принцип действия устройства и технологии контроля герметичности заложен манометрический метод контроля, разработанный на основе феноменологического подхода к описанию физических процессов, происходящих в закрытой системе под действием избыточного внутреннего давления с учетом градиентов параметров окружающей среды.

Этот подход в сочетании с оригинальными техническими и конструктивными решениями позволяет с высокой точностью определить фактическую величину суммарной негерметичности различных полых изделий без использования индикаторных газов, вакуумных камер, контрольных течей. При этом, при минимально возможных финансовых затратах обеспечивается:

- получение фактической величины суммарной негерметичности изделия с высокой точностью;
- определение величины негерметичности при низких давлениях до 300000 Па (3 атм);
- повышение точности и достоверности определения микро утечек газа;
- контроль герметичности изделий любой конфигурации;
- регистрация и учет в определении величины негерметичности микро перепадов давления и температуры окружающей среды;
- сокращение времени испытаний.

В качестве рабочего газа в устройстве может использоваться сжатый воздух или азот с параметрами по чистоте и влажности, определенными конструкторской или эксплуатационной документацией испытуемого изделия.

Диапазон контролируемой герметичности изделия в зависимости от его объема, который может быть от 0,01 до 100 м<sup>3</sup>, составляет от 10<sup>-5</sup> до 10<sup>-3</sup> Вт соответственно.

Контрольно-измерительная аппаратура устройства прошла входной метрологический контроль и метрологическую аттестацию в Национальном научном центре «Институт метрологии».

Компьютеризация всего процесса контроля герметичности позволяет не только управлять процессом измерения в автоматическом режиме и контролировать текущие изменения газодинамических параметров, но и определять фактическую величину негерметичности испытуемого изделия в общепринятых размерностях.

Технология и устройство контроля герметичности прошли промышленную апробацию на изделиях Производственного объединения «Южный машиностроительный завод» при проведении сравнительных испытаний с использованием масс-спектрометрического (гелиевого метода).

Технология контроля герметичности предусматривает в зависимости от объема испытуемого изделия и контролируемого диапазона негерметичности как самостоятельное использование разработанного устройства, так и применение его в комплекте с технологической калиброванной течью капиллярного типа. При этом, подобного рода технологии контроля микропотоков газа для больших свободных объемов изделий аналогов в мировой практике не имеет.

В зависимости от технологической схемы контроля герметичности и условий контроля возможны различные варианты изготовления устройства контроля герметичности, электропитания и применение этого устройства в закрытом объеме, находящемся вне земной поверхности.

Характеристики устройства контроля герметичности свидетельствуют о принципиальной возможности его применения для создания эталонной базы микропотоков газа. Наличие подобного рода эталонов необходимо в технической базе любой государственной метрологической службы для обеспечения единства выполнения измерений, воспроизводимости полученных результатов и их точности, что обязательно учитывается при поверке и аттестации контрольно измерительной аппаратуры соответствующими территориальными органами.

Это обстоятельство особенно важно при участии государства в реализации международных космических, энергетических, авиационных и других программ.

В ракетно-космической отрасли технология и устройство контроля герметичности может использоваться при:

- изготовлении на заводе-изготовителе ступеней ракет – носителей для контроля суммарной герметичности топливных баков и топливных магистралей (заправочные и расходные магистрали), пневматических систем, пневмогидравлических систем двигателя, а также на различных этапах сборки ступени;

- подготовке ракет – носителей к эксплуатации на стартовом полигоне для контроля суммарной герметичности топливных баков, топливных магистралей (заправочные и расходные магистрали), пневматических систем, пневмогидравлических систем двигателя, после стыковки ступеней;

- подготовке к эксплуатации наземных систем заправки ракет-носителей для контроля суммарной герметичности всех подсистем системы заправки;

- определении величины герметичности стыковки наземной системы заправки с ракетой-носителем;

- проведении регламентных работ с ракетами-носителями, находящихся на хранении в эксплуатирующей организации.

Кроме ракетно-космической отрасли технология контроля герметичности может быть применена в атомной энергетике, общем машиностроении, авиационной промышленности, судостроении и во многих других отраслях.

**Подытоживая все вышесказанное**, можно сделать вывод о том, что за последний период времени для важнейших отраслей промышленного сектора экономики в ИГТМ НАН Украины решен целый ряд важнейших научно-технических и прикладных задач, а именно:

- разработана принципиально новая методология определения рациональных технологических параметров ведения горных работ при отработке пологих угольных пластов. Методологии впервые разрешает комплексно учитывать связь и взаимовлияние 36 горно-геологических и горнотехнических показателей и факторов, которые имеют непосредственное или побочное влияние на эффективность ведения горных работ;

– созданы основы механики пневмотранспортирования сыпучих материалов с использованием механики гетерогенных сред и физически обоснованной математической модели движения двухфазных потоков «газ - твердые частицы». Создана фундаментальная теория двухфазных потоков в поле действия виброаэродинамических сил, которая стала основанием для формирования нового направления в разработке пневмотранспортного горного оборудования высокого технического уровня - малогабаритных, экономических, высокоэффективных вибропневмотранспортных машин непрерывного и циклического действия. Комплексы оборудования, оснащенные эжекторными машинами, прошли широкомасштабные испытания и рекомендованы к внедрению на предприятиях горнодобывающей промышленности Украины;

– в области теплоэнергетики разработана математическая модель турбулентного движения неизотермических нагретых закрученных газовых потоков, которые вмещают горящие твердые частицы. В модели учтены смена массы и теплообмен газовой фазы с фазой твердых частиц, а также химические изменения в газовых потоках. На базе полученных результатов разработана новейшая технология сжигания низкосортного угля в котлах тепловых электростанций. Технология основана на использовании созданного высокотемпературного термодинамического реактора и обеспечивает сжигание низкосортных углей без использования газа и мазута. При этом практически полностью уменьшается недожог угля при минимальном содержании летучих до 4 %;

– выполнен комплекс работ по созданию принципиально новых, прецизионных способов контроля герметичности полых изделий, работающих под избыточным давлением. Создан прибор контроля герметичности по методу фиксированных объемов, который является наиболее совершенным средством манометрического способа контроля герметичности. Результаты выполненных исследований показали принципиальную возможность создания Государственного эталону единицы мощности микропотока газа.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Потураев В.Н. Вибрационно-пневматическое транспортирование сыпучих материалов/ В.Н. Потураев, А.И. Волошин, Б.В. Пономарев. – К. : Наук. думка, 1989. – 248 с.
2. Волошин А.И. Механика пневмотранспортирования сыпучих материалов / А.И. Волошин, Б.В. Пономарев.– Киев: Наук. думка, 2001. – 521 с.
3. Механика вибрационно-пневматических машин эжекторного типа / В.Н. Потураев, А.Ф. Булат, А.И. Волошин [и др.]. – Киев: Наукова думка, 2001. – 176 с.
4. Волошин А.И. Использование эжекторных закладочных машин в технологиях горного производства / А.И. Волошин, А.И. Коваль, С.Н. Пономаренко. – Уголь Украины. –2011, №4. – С.40 – 44.
5. Булат А.Ф. Методология определения рациональных технологических параметров ведения горных работ / А.Ф. Булат, А.И. Волошин, А.В. Савостьянов, О.В. Рябцев. – Уголь Украины. – 2010, № 10. – С. 15 – 18.
6. Волошин А.И. О механизме формирования полостей расслоения, содержащих метан / А.И. Волошин, А.И. Коваль, О.В. Рябцев. – Уголь Украины. – 2011, № 1. – С. 46 – 50.
7. Булат А.Ф. Технология стратегического планирования развития горных работ / А.Ф. Булат, А.И. Волошин, А.И. Коваль, О.В. Рябцев. – Уголь. – 2011, № 2. – С. 22 – 25.
8. Моделирование движения и горения пылеугольного топлива. Основные уравнения / А.Ф. Булат, А.И. Волошин, А.В. Жевжик, О.Л. Кордюк, Е.В. Фомина // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. / ИГТМ НАН Украины. – Днепрпетровск, 2010. – Вып.89. – С. 83 – 90.

## **ОТДЕЛ МЕХАНИКИ ЭЛАСТОМЕРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ГОРНЫХ МАШИН: ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ И РАЗВИТИЯ**

Викладено історію становлення та розвитку відділу механіки еластомерних конструкцій гірничих машин. Сформульовані основні задачі відділу за період його існування, та завдання створеної у м. Дніпродзержинську лабораторії нових технологій переробки сировини і промислових відходів, а також описане впровадження розробок у промисловість.

## **DEPARTMENT OF MECHANICS OF ELASTOMERIC CONSTRUCTIONS OF MINING MACHINES: CREATION AND DEVELOPMENT HISTORY**

History of becoming and development of department of mechanics of elastomeric constructions of mountain machines is laid out. Formulated basic tasks of department for period of his existence, and tasks of the laboratory of new technologies of processing of raw material and industrial wastes created in Dniprodzerzhinsk, and also described introduction of developments in industry.

В 1968 году в Институте геотехнической механики НАН Украины отдел «Динамика и прочность горных машин» возглавил проректор Днепропетровского горного института (ДГИ) д.т.н. профессор Валентин Никитич Потураев; до этого отдел возглавлял д.т.н. профессор Всеволод Арутюнович Лазарян. В апреле 1968 г. в отдел из ДГИ был переведен Дырда Виталий Илларионович, несколько позже Надутый Владимир Петрович, ныне д.т.н., профессор, зав. отделом института.

В 1968 г. Дырда В.И. в Днепропетровском горном институте защитил кандидатскую диссертацию (научный руководитель проф. Потураев В.Н.) по специальности «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры».

В 1968 г. из ДГИ была переведена хоздоговорная тематика с п/я М-5703 (г. Москва) по расчету, испытаниям и внедрению в производство различных типов резиновых виброизоляторов, а также по расчету динамики машин преимущественно вибрационного типа. С открытием госбюджетной тематики была создана научная группа, позже в рамках отдела неструктурная лаборатория по механике эластомеров.

С уходом проф. Потураева В.Н. с должности зав. отделом неструктурная лаборатория несмотря на трудности организационного характера сохранила свое научное кредо, увеличился штат сотрудников и объем х/д тематики. Это стало возможным благодаря следующему. Во-первых, все разработки эластомерных деталей были внедрены в производство (ряд из них серийно), что обеспечивало довольно большой объем финансирования. Во-вторых, была начата весьма перспективная тематика совместно с п/я Г-4938 (г. Ж. Воды) по расчету, конструированию и внедрению вибрационных машин для выпуска и доставки урановых руд. В-третьих, научная работа выполнялась на достаточно высоком уровне; научные публикации, монографии, патенты, доклады на симпозиумах и съездах обеспечивали научную рекламу, а это, в свою очередь обеспечивало финанси-