

Отдел геомеханических систем и  
вибрационных технологий, зав. отделом,  
д-р техн. наук Б.А. Блюсс

**ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ, РАЗВИТИЯ И НАПРАВЛЕНИЯ НАУЧНО-  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
ОТДЕЛА ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ И  
ВИБРАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ИГТМ НАН УКРАИНЫ**

У статті представлено матеріали, які відображають етапи науково-дослідницької діяльності відділу геодинамічних систем і вібраційних технологій з моменту його створення до теперішнього часу.

**HISTORY OF CREATION, DEVELOPMENT AND DIRECTION OF SCIENTIFIC RESEARCH IN THE DEPARTMENT OF GEODYNAMICAL SYSTEMS AND VIBRATION TECHNOLOGIES, IGTM NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, UKRAINE**

This paper presents major steps and research achievements of the Department of Geodynamical Systems and Vibration Technologies from its creation until present.

История создания и развития отдела тесным образом связана с именем крупного ученого-механика академика НАН Украины, доктора технических наук, профессора Валентина Никитича Потураева (рис. 1), который за годы руководства отделом создал мощную научную школу. Ученики В.Н. Потураева возглавили многие отделы института, при этом некоторые из них были образованы путем преобразования соответствующих лабораторий отдела, которым он руководил, в самостоятельные структурные подразделения института.



Рис. 1 – Академик НАН Украины, заслуженный деятель науки и техники Украины, лауреат Государственной премии УССР в области науки и техники 1975 г., лауреат именной премии АН УССР А.Н. Динника 1982 г. и премии Совета Министров СССР 1987 г., доктор технических наук, профессор В.Н. Потураев

Профессор В.Н. Потураев стал заведующим отделом динамики и прочности горных машин в 1967 г., до этого момента отделом руководил профессор

В.А. Лазарян, и продолжил научные исследования по динамике вибрационных конвейеров для транспортирования сыпучих материалов, а также начал новые, направленные на разработку виброконвейеров для подземных горных работ, вибрационных грохотов для скальных пород, грохотов-перегрузателей и других вибрационных машин. Одновременно с проведением плановых исследований продолжалась работа и подготовка диссертационных работ аспирантами и соискателями. В течение 1968 – 1970 гг. защитили кандидатские диссертации В.И. Дырда, А.Б. Полницкин и Е.Ф. Земляной.

В 1970 г. исследования по вибрационным технологиям выполняются под руководством профессора В.Н. Потураева и продолжаются до 1974 г. в созданной при отделе механики взрыва горных пород неструктурной лаборатории, руководимой к.т.н. В.И. Дырдой. В 1974 г. по инициативе проф. В.Н. Потураева решением ученого совета института, а затем Постановлением Президиума Академии наук УССР (№363 от 12.09.1974 г.) в структуре института был создан новый отдел Теории горных машин и рабочих процессов с научным направлением: Исследование и создание новых средств и технологий добычи угля и руды на больших глубинах на основе оптимизации параметров глубоких шахт. Заведующим этого отдела назначен зам. директора института профессор В.Н. Потураев.

Первоначально комплектование отдела научными сотрудниками осуществлялось за счет перевода неструктурных лабораторий «Вибрационных машин» (зав. лабораторией к.т.н. В.И. Дырда) и «Научных основ поточной технологии подземной разработки рудных месторождений» (зав. лабораторией к.т.н. В.Т. Койлов) из отделов «Механики взрыва горных пород» и «Непрерывных процессов открытых горных работ», а также ряда сотрудников отдела динамики и прочности горных машин. Заместителем заведующего отделом был назначен к.т.н. В.И. Дырда. К концу года в аспирантуру при отделе был принят молодой специалист, инженер А.И. Волошин.

При отделе «Теории горных машин и рабочих процессов» в 1976 г. находилась неструктурная лаборатория механики эластомерных конструкций, которая в июле 1981 г. была преобразована в структурную лабораторию (Постановление Бюро отделения механики АН УССР, протокол №9). В последующем на ее базе в апреле 1983 г. был создан отдел «Механики эластомерных конструкций» (зав. отделом д.т.н. В.И. Дырда). До 1983 г. В.И. Дырда был заместителем зав. отделом «Теории горных машин и рабочих процессов», а в дальнейшем им стал к.т.н. А.И. Волошин.

В середине 1975 г. в структуре СКТБ института создан Отдел проектирования технологий и комплексов машин для очистной выемки руд. Научным руководителем этого отдела назначается профессор В.Н. Потураев. Работа обоих отделов под единым научным руководством позволила организовать проведение крупных исследований направленных на создание методов расчета и проектирования машин для добычи и переработки полезных ископаемых, динамики и прочности машин вибрационного типа, а также активизировать работу по научному росту кадров высшей квалификации.

Основными направлениями деятельности отдела за период существования с 1975 по 1981 гг. были:

– Разработка научных основ создания новых вибрационных машин для классификации технологических процессов подготовки сырья в горнорудной и металлургической промышленности;

– Разработка научных основ методов расчетов и конструкций из полимерных материалов и создание на их основе упругих элементов, обеспечивающих оптимальные условия работы горных вибрационных машин;

– Создание теории расчета и проектирования машин, агрегатов и комплексов для высоко эффективного извлечения полезных ископаемых в сложных горно-геологических условиях; разработка принципиально новых способов и средств извлечения полезных ископаемых.

Опубликовано 5 монографий, 180 статей, получено 56 авторских свидетельств и 4 внедрено.

Внедрено: резиновые элементы тяжелых машин – блоки резиновые типа БР, БРМ, шарниры ШРМ, опоры АР100, защитные футеровки рабочих органов вибромашин. Разработан, исследован и внедрен в промышленность вибрационный питатель ПВГ-1,0/2,2 для выпуска и доставки руды. Разработано, освоено и внедрено в промышленность 17 наименований машин различного технологического назначения с резиновыми элементами. Среди них вибрационный питатель и комплексы для выпуска руды, вибрационные конвейера и др.

В 1975 г. присуждена Государственная премия УССР в области науки и техники за создание и внедрение нового типа пневматического крепления для угольных шахт (В.Н. Потураев).

Вибромашины с резиновыми упругими звеньями позволили создать и внедрить прогрессивные технологии (поточные и поточно-циклические) добычи и переработки полезных ископаемых. Вибромашины с упругими резиновыми элементами применяются в различных районах Украины, России и Средней Азии.

Фундаментальные достижения: Разработаны теоретические положения механики деформирования и разрушения резиновых элементов горных машин, работающих в экстремальных условиях, т.е. при постоянных циклических нагрузках, резком перепаде температур и действии агрессивной среды. Созданы методы прогнозирования и расчета долговечности натуральных резиновых конструкций, работающих в экстремальных условиях нагружения.

В сентябре 1984 г. отдел «Теории горных машин и рабочих процессов» был переименован в отдел «Геодинамических систем и вибрационных технологий».

При отделе создаются три структурные и одна неструктурная лаборатории:

1. Лаборатория механики вибротранспортных систем (зав. лаб. к.т.н. А.И. Волошин);  
2. Лаборатория проблем вибрационной техники и технологий добычи и переработки минерального сырья (зав. лаб. к.т.н. А.Г. Червоненко);

3. Лаборатория физических основ нетрадиционных методов и средств обогащения полезных ископаемых (зав. лаб. к.т.н. А.М. Туркенич);

4. Лаборатория научных основ создания машин и технологий измельчения и классификации минерального сырья (зав. лаб. к.т.н. В.П. Надутый).

Главной задачей нового отдела стало создание научных основ разработки комплексов машин для добычи ископаемых в сложных горногеологических и горнотехнических условиях глубоких шахт. Для реализации результатов этих исследований в составе СКТБ ИГТМ АН УССР образуется отдел проектирования технологических комплексов горных машин, работающий под непосредственным научным руководством академика В.Н. Потураева. Наряду с активным развитием тематики в области создания научных основ технологий и комплексов новых машин в отделе развиваются научные исследования, относящиеся к изучению вибрационного воздействия на сыпучие среды и взаимодействия рабочих органов машин, совершающих вибрационное движение, со средами, подвергающимися разрушению, транспортированию, сепарации и другим технологическим воздействиям.

Дальнейшее развитие получают исследования в области прикладной механики резины. Исследуются физические и математические модели деформации и разрушения резины, методы идентификации таких моделей и разрабатываются методики решения прикладных задач в области оптимизации упруговязких характеристик резиновых элементов, выбора рациональных параметров и определения их долговечности.

Создана новая феноменологическая теория моделирования вибровзвешенных сыпучих сред, основанная на реологических представлениях и упругонаследственном подходе.

Разработаны принципы построения программ, алгоритмизации решения сложных задач динамики взаимодействия в системе «технологическая нагрузка – рабочий орган – вибровозбудитель – источник энергии» динамического напряженного состояния рабочих органов тяжелых вибромашин и ряда специальных технологических процессов, обусловленных воздействием поля вибрационных сил.

Разработаны методология и алгоритмы системы автоматизированного многокритериального моделирования машин вибрационного типа для горнометаллургической и других отраслей промышленности.

В результате этих работ был создан ряд машин и устройств для различных видов вибрационной переработки сыпучих сред: транспортирования, сепарации, смешивания, измельчения, дозирования и др.

В числе результатов теоретических и прикладных работ этого направления следует отметить оригинальные конструкции резонирующих ленточно-струнных сит из резины для вибрационных грохотов, позволившие интенсифицировать процессы грохочения полезных ископаемых и продуктов их обогащения, значительно увеличить долговечность просеивающих поверхностей и существенно повысить прочностные характеристики конструкций грохотов.

Выполнен большой комплекс исследований и опытно-конструкторских работ по созданию специального вибрационного оборудования для подготовки шихты материалов сварочного производства. Эти работы выполнялись при тесном содружестве с учеными института электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины.

Обширные исследования велись в области прикладной механики резины. Разработаны и исследованы физические и математические модели деформиру-

вания и разрушения резин, методы идентификации таких моделей, выбора рациональных параметров и определения долговечности резиновых элементов.

С 1978 г. в отделе развиваются исследования по проблеме разработки месторождений полезных ископаемых в сложных горно-геологических условиях. Получают развитие исследования в области создания технологии и технических средств безлюдной разработки угольных пластов, а также в области добычи угля нетрадиционными бесшахтными способами.

В 1984 г. интенсивное развитие в отделе получили исследования в области механики двухфазных потоков в вибротранспортных системах. Результатом работ явилось создание современной лабораторной базы и нового класса вибрационно-пневматических машин для транспортирования материалов, прежде всего, для закладки выработанного пространства. В настоящее время это направление развивается под научным руководством члена-корреспондента НАН Украины, доктора технических наук, профессора А.И. Волошина.

Оригинальным направлением развития этих работ явилось теоретическое и экспериментальное обоснование пневмотранспортирования брикетированных материалов.

Дальнейшее развитие получают в отделе исследования в области нелинейной механики эластомерных материалов, которые привели к созданию и широкому внедрению принципиально новых типов эластичных элементов горно-металлургических машин, футеровок и амортизационных опор оборудования и сооружений, подвергающихся сейсмическому влиянию.

В 1982 г. работа по научным основам конструирования машин была отмечена именной премией им. А.Н. Динника, а в 1987 г. за создание и внедрение способов перемещения руды мощными вибропитателями при разработке месторождений полезных ископаемых была присуждена Премия Совета Министров СССР (В.Н. Потураев, В.И. Дырда).

В 1983 г. на основе отдела организовывается отдел Эластомерных конструкций горных машин (зав. отделом, д.т.н. В.И. Дырда). В этом же году восстанавливается в институте функционирование отдела механики подъема (зав. отдела д.т.н. В.И. Белобров).

Новые направления получили в отделе исследовательские и опытно-конструкторские работы в области изучения теории процессов виброизмельчения, классификации и смешивания полезных ископаемых в процессе их переработки.

Велись работы по созданию новых высокоэффективных сепараторов для обогащения слабомагнитных окисленных железных руд. На основе предложенной отделом оригинальной магнитной системе был создан сепаратор 6ЭРМ-35/315, который используется в качестве основного сепаратора для оснащения реконструируемых и вновь создающихся горно-обогачительных предприятий.

Последующие годы решение проблем сепарации мелких классов продуктов обогащения получило новое развитие на основе применения методов сепарации с использованием пленочного течения пульпы. Полученные в результате исследований результаты не имеют аналогов в мировой практике. Для даль-

нейших исследований в этом направлении в 1990 г. в отделе была создана структурная лаборатория.

В 1987 г. была создана лаборатория вибрационной техники и технологии добычи и переработки минерального сырья. В ней выполнены фундаментальные исследования в области разработки математических моделей поведения горного массива и сыпучих сред при интенсивном динамическом воздействии, разработаны научные основы разработки высокоэффективных просеивающих поверхностей и вибрационных транспортно-технологических машин для тонкозернистых и горячих материалов.

Была организована лаборатория основ создания новых машин и технологий измельчения и классификации минерального сырья. В лаборатории велись работы по применению эластичных износостойких рабочих поверхностей при грохочении полезных ископаемых. Высокоэффективные поверхности грохочения по основным показателям в настоящее время значительно превосходят лучшие мировые образцы.

Существенное внимание уделялось в отделе разработке техники и технологии добычи полезных ископаемых со дна мирового океана. Работы по этому направлению велись с 1980 г. Выполненный комплекс теоретических и экспериментальных исследований позволил создать впервые в СССР агрегат сбора железо-марганцевых конкреций. Был подготовлен агрегат сбора конкреций. Испытания агрегата на мелководном полигоне подтвердили его высокие эксплуатационные качества.

При выполнении научных исследований специалисты отдела поддерживали тесные связи с горно-обогатительными комбинатами и обогатительными фабриками Днепровского, Криворожского и Донецкого регионов. Это позволяло не только апробировать свои научные разработки в реальных производственных условиях, но и ориентироваться на новые актуальные для производства проблемы. Так при исследовании технологий сепарации мелких классов продуктов обогащения в условиях ГОКов Кривбасса и Вольногорского горно-металлургического комбината (ВГМК) (рис. 2), специалисты отдела обратили внимания на проблемы стабильности и эффективности работы обогатительных аппаратов гравитационного типа, вопросы снижения удельного водопотребления и энергоемкости технологий переработки минерального сырья. Полученные в последующем результаты послужили основой создания нового направления научных исследований, ориентированных на создание моделей гидравлических процессов, происходящих в различных обогатительных аппаратах, на разработку методов расчета рациональных параметров и режимов работы обогатительного оборудования, на оценку надежности и эффективности технологий обогащения как сложных технических систем.

Начиная с 1990 г. это направление активно развивается под руководством к.т.н. Б.А. Блюсса. Проведенные в условиях обогатительной фабрики ВГМК и Иршанского ГОКа, ЦОФ «Комсомольская», ЦОФ «Павлоградская», ЦОФ «Моспинская» и ЦОФ «Чумаковская» масштабные исследования режимов работы конусных и струйных сепараторов, позволили выделить факторы влияющие на надежность,



стабильность и эффективность их функционирования, уточнить физическую картину и особенности течения пульпы, сформулировать критериальные условия изменения режимов течения однослойных и двухслойных потоков пульпы и воды. Полученные результаты позволили разработать научно обоснованные модели гидродинамических процессов, происходящих в конусных, струйных и противоточных сепараторах, разработать методики их расчета, а также рекомендации по повышению эффективности технологий обогащения россыпей и углей. Результат этих научных исследований были обобщены в 3 монографиях.



Рис. 2 – Конусные сепараторы в отделении гравитационных методов обогащения обогатительной фабрики ВГМК

С 1994 г. по просьбе специалистов ВГМК сотрудники отдела занимаются проблемами напорного гидротранспорта исходных песков на обогатительное производство. Этот новый вид транспорта был внедрен на ВГМК в 1985 г вместо конвейеров, что позволило снизить эксплуатационные затраты, а также совместить технологический процесс дезинтеграции россыпей с процессом их доставки на фабрику. Однако к 1995 г. начали сказываться особенности эксплуатации оборудования в условиях переходного экономического периода, повышение цен на электроэнергию и ограничение водопотребления комбината. Одновременно с этим получила обоснование перспектива удлинения магистралей и использования насосов новой конструкции. В такой ситуации эффективная эксплуатация сложного гидротранспортного комплекса, совместно с системой водоснабжения открытых горных работ и обогатительного производства, требовала обоснования модернизации схемы гидротранспорта, определения мест и типа-размера насосов, выбора диаметров трубопроводов и рабочих колес. Дополнительные трудности

были обусловлены особенностями транспортируемого материала и режимом пульпоприготовления, который ориентирован на периодические колебания концентрации и плотности пульпы. Исходные пески ВГМК характеризуются не только различными гранулометрическими составами каждого из четырех составляющих их компонентов, но и различной плотностью каждого из них: глина, суглинок, песок и минералы. При этом в глинистых фракциях сосредоточены частицы, плотность которых различается более чем в два раза, что вносило существенную погрешность в существующие на тот момент методы расчета гидравлического уклона и критической скорости. К решению этих задач под руководством заведующего отделом д.т.н. Б.А. Блюсса был подключен аспирант Е.В. Семененко.

В ходе масштабных многолетних исследований специалистами отдела была решена актуальная научная проблема развития научных основ гидромеханизации для открытой разработки полиметаллических россыпей путем определения закономерностей, описывающих комплексное влияние на гидравлический уклон и критическую скорость полидисперсности транспортируемого материала, содержания в нем частиц различной плотности и установившихся пульсаций давления и расхода гидросмеси с учетом характерных параметров пульпообразования, что имеет важное значение для минимизации энергоемкости и водопотребления технологий гидромеханизации.

На основе выявленных зависимостей параметров гидротранспорта от крупности и плотности транспортируемых частиц, впервые была разработана методика расчета гидравлического уклона и критической скорости гидротранспортирования полидисперсных материалов с различной плотностью частиц, что позволяет достоверно рассчитывать параметры гидротранспорта при транспортировании материалов различного гранулометрического состава с существенной разницей в плотностях частиц и тем самым повысить точность определения гидравлического уклона на 11 %, а критической скорости на 8 % по сравнению с существующими методиками.

На основе установленных закономерностей процесса пульпообразования при открытой разработке россыпных месторождений были разработаны модели системы водоснабжения карьерного гидротранспортного комплекса, впервые учитывающие особенности подачи воды при открытых горных работах на россыпных месторождениях, организацию процесса пульпообразования на забойных пульпонасосных станциях гидротранспортного комплекса (рис. 3), а также возможность установки бустерных насосов и насосов дополнительных подъемов. Экспериментальная проверка достоверности расчетов по разработанной методике, проведенная в условиях ВГМК, показала, что относительная погрешность при определении расходов воды, поступающей в зумпф, не превышает 3 %.

Впервые была предложена и апробирована в условиях гидротранспортного комплекса ВГМК модель процесса пульпообразования, учитывающая количество используемых гидромониторов, количество трубопроводов подачи воды в зумпф, а также удельный расход воды на размыв горной массы и позволяющая определять концентрацию и плотность пульпы во всасывающей патрубке насоса, возможные подачи пульпы и грузопоток. Экспериментальная проверка достоверности расчетов



по разработанной методике показала, что относительная погрешность при определении плотности и концентрации пульпы в зумпфе не превышает 17 %.

Внедрение на ВГМК разработанных научных основ в виде методического обеспечения расчетов в период с 2005 по 2008 г.г. позволило разработать, апробировать и внедрить систему мониторинга гидротранспортного комплекса, обеспечивающую сбор, регистрацию, обработку, анализ и обобщение информации о параметрах и режимах работы гидротранспортной системы, а также обосновать изменения в схеме гидротранспортирования, обеспечившие предотвращение кавитационных и критических режимов работы; снижение потребления электроэнергии на 6,95 – 10,54 % и оборотной воды на 6,53 – 22,14 %; продление на 3 года срока эксплуатации гидротранспортного комплекса без установки дополнительного четвертого насоса. Фактический экономический эффект от модернизации гидротранспортного комплекса ВГМК за период с 2005 по 2007 г.г. составил 10,18 млн. грн.



а)



б)

Рис. 3 – Узлы пульпообразования на головных ПНС первой (А) и второй (Б) очередей гидротранспортного комплекса ВГМК

Опыт полученный специалистами отдела при исследовании параметров и режимов работы гидротранспортного комплекса ВГМК был использован ими в условиях других ГОКов Украины: при модернизации системы отведения отходов обогащения ЮГОКа на вторую карту хранилища «Объединенное», при проектировании и введении в эксплуатацию узла предварительного обогащения техногенных россыпей ЦГОКа, при технико-экономическом обосновании использования поршневых насосов в условиях СевГОКа (рис. 4).

а)



б)



Рис. 4 – Модернизируемые в проекте введения в эксплуатацию второй карты хранилища «Объединенное» объекты систем складирования (А) и отведения (Б) отходов обогащения ЮГОКа

Результат научных исследований параметров и режимов работы гидротранспортного комплекса ВГМК были представлены в более чем 200 публикациях, а также обобщены в 3 монографиях. В 2009 г. д.т.н., проф. Б.А. Блюсс и к.т.н., с.н.с. Е.В. Семененко были удостоены именной премии НАН Украины им. А.Н. Динника за разработку гидромеханических основ экологически безопасных ресурсо- и энергосберегающих технологий транспортирования и переработки минерального сырья.

**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-