

решению Ученого совета ИГТМ НАН Украины от 06.03.2012 г. приказом директора института № 79-к от 26.03.2012 г. деятельность отдела горной аэрогазодинамики приостановлена с 01.04.2012 г. путем его реорганизации – присоединения к отделу механики эластомерных конструкций горных машин.

Согласно вышеупомянутому решению отдела механики эластомерных конструкций горных машин была передана госбюджетная тематика отдела горной аэрогазодинамики, научное руководство которой осуществляет Л. Д. Шматовский.

УДК 622.235.236.4.001.5

Отдел механики взрыва горных пород,
зав. отделом чл.-корр. НАН Украины,
д-р техн. наук Э.И. Ефремов

ОТДЕЛ МЕХАНИКИ ВЗРЫВА ГОРНЫХ ПОРОД: ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ И ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

У статті викладені основні напрями діяльності одного із старіших відділів інституту і охарактеризовані найважливіші результати, одержані його співробітниками. Розроблені механізми руйнування твердих середовищ з урахуванням їх властивостей, параметрів вибухового імпульсу та свердловинних зарядів.

DEPARTMENT OF MECHANICS OF EXPLOSION OF MOUNTAIN BREEDS: HISTORY OF CREATION AND BASIC STAGES OF ACTIVITY

In the article the expounded basic directions of activity of one of more old departments of institute and the described major results got his employees. The mechanisms of destruction of hard environments taking into account their properties, parameters of explosive impulse and mining holes charges are developed.

Создание отдела механики взрыва горных пород теснейшим образом связано с организацией в 1961 г. (Постановление Президиума АН УССР) при отделе горнорудных проблем (руководитель чл.-кор. АН УССР Н.С. Поляков) лаборатории новой технологии открытых горных работ, которую возглавил профессор М.Г. Новожилов.

Помимо разработки новых технологий ведения вскрышных и добычных работ, связанных с применением машин непрерывного действия, в задачах лаборатории особое место отводилось взрывной подготовке горной массы.

С первых дней работы новых научных подразделений Н.С. Поляковым и М.Г. Новожиловым велась активная подготовительная работа по подбору научных и инженерных кадров.

В 1962 г. на постоянную работу в лабораторию из Днепропетровского горного института (ДГИ) перешли кандидаты технических наук Б.Н. Тартаковский и М.Ф. Друкованый. С их участием началось комплектование лаборатории сотрудниками для работы по двум направлениям: технология ведения открытых работ и буровзрывных работ. Второе направление стало началом создания отдела механики взрыва.

Первыми сотрудниками будущего отдела стали В.И. Ильин, И.А. Семенюк и Н.И. Мячина. В апреле 1962 г. в лабораторию из ДГИ перешел Ефремов Э.И. В течение 1962 г. на работу в лабораторию были зачислены В.М. Комир, А.В. Бурлака, В.Д. Витковский, В.Н. Харитонов и Л.Н. Литвин. Работали сотрудники лаборатории в стесненных условиях на 2-м этаже 3-го корпуса ДГИ. Несмотря на это, приобреталось и осваивалось новое уникальное оборудование для исследования быстропротекающих процессов: оптическая установка, фото-регистрирующая установка, электронно-лучевые осциллографы. Для замера напряжений при взрыве использовались пьезоэлектрические датчики.

В 1963-1964 гг. научная группа существенно пополнилась новыми сотрудниками. Были приняты на работу В.С. Кравцов, Л.Ф. Петряшин, А.И. Пастухов, В.Н. Попов, В.Ф. Джос, В.А. Глявин, Ю.П. Хотиненко, А.И. Гаврилишина (А.И. Сердюк), Л.М. Церковная и др. (фото 1).



Фото 1.- Сотрудники лаборатории: первый ряд, слева направо – М.Ф. Друкованый, В.Н. Харитонов, В.Н. Попов, Л.Ф. Петряшин, В.Ф. Джос; стоят: В.Н. Калиниченко, Э.И. Ефремов, А. И. Пастухов, Н.Г. Тутов

При этом объём исследований группы расширился и исследования стали проводиться в промышленных условиях на железорудных карьерах Кривбасса, гранитных и флюсовых карьерах Украины, а также на шахтах Кривого Рога и Донбасса.

В марте 1963 г. на базе научной группы сотрудников-взрывников была создана неструктурная лаборатория во главе с канд. техн. наук М.Ф. Друкованым.

В этом же году Постановлением Президиума АН УССР Отделение горно-рудных проблем было преобразовано в Днепропетровский филиал Института

механики АН УССР. При этом на базе лаборатории новой технологии открытых горных работ было образовано две лаборатории: механики непрерывных процессов горных работ и механики взрыва горных пород.

Активная творческая работа сотрудников лаборатории по теоретическому и экспериментальному изучению механизма разрушения твердых сред взрывом позволила установить основные факторы, определяющие интенсивность их дробления действием импульсных загрузок, и разработать рекомендации по управлению ими с учетом типа ВВ, конструкции заряда и материала забойки.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований проверялись в промышленных условиях. Исследования проводились под руководством руководителя лаборатории М.Ф. Друкованого и ведущих инженеров Э.И. Ефремова и В.М. Комира. Среди наиболее эффективных способов, способствующих увеличению времени взрывного воздействия на массив, детально исследовались многорядное короткозамедленное взрывание, взрывание зарядов с воздушными промежутками, взрывание в зажатой среде, а также использование ВВ с увеличенной зоной химической реакции (например, игданит) и др.

В результате теоретических, а также лабораторных и промышленных исследований было доказано, что значительное увеличение времени действия взрыва на массив горных пород может быть достигнуто при увеличении высоты уступа. С учетом свойств ВВ и пород была рассчитана рациональная высота уступа для железорудных, гранитных и флюсовых карьеров. Эти исследования послужили основой для широкого промышленного освоения метода взрывания высоких уступов на железорудных карьерах Украины.

Материалы теоретических и промышленных исследований эффективности взрывания высоких уступов были использованы при написании монографии «Взрывание высоких уступов» (авторы: М. Друкованый, Э. Ефремов, М.Новожилов и А. Терещенко) и кандидатской диссертации Э.И. Ефремова (1964 г.).

В 1965 г. В.М. Комиром была защищена кандидатская диссертация, посвященная исследованиям влияния параметров взрывного импульса на интенсивность дробления горных пород.

В эти годы сотрудники лаборатории вели широкую информационную работу о результатах своих исследований, печатаясь в периодических журналах и сборниках, выступая на всесоюзных и республиканских конференциях, симпозиумах и совещаниях. При непосредственном участии сотрудников лаборатории в 1963 году в Днепропетровске (фото 2), а в 1965 году в Кривом Роге были проведены Всесоюзные научно-технические конференции по проблемам буровзрывных работ, в которых приняли участие ведущие ученые и специалисты взрывного дела.



Фото 2.- Участники Всесоюзной конференции по буровзрывным работам (г. Днепропетровск). Первый ряд: А.А. Краснопольский, Л.Н. Марченко, Г.П. Демидюк, М.Н. Косачев, М.Ф. Друкованый, Е.Г. Баранов; второй ряд: В.И. Ильин, Э.И. Ефремов, Ф.И. Кучерявый, А.Ф. Суханов, Р.С. Крысин. Среди других участников: В.М. Комир, К.Н. Ткачук, Л.Н. Литвин, Н.И. Мячина и др.

Следует отметить, что в выполнение исследовательских работ были вовлечены не только сотрудники лаборатории, но инженерно-технические работники предприятий. Такое содружество способствовало научному росту, как сотрудников лаборатории, так и предприятий.

Использование полученных результатов позволяло вносить изменения в технологию ведения добычных работ, в частности, обосновать возможность применения прогрессивной циклично-поточной технологи на карьерах Кривбасса, которая в дальнейшем стала генеральным направлением в развитии открытых горных работ на многих горнодобывающих предприятиях СНГ.

Получила дальнейшее развитие экспериментальная база исследований. В частности, была оборудована передвижная лабораторная установка (на автомобиле), что способствовало проведению исследований на различных горнодобывающих предприятиях Украины.

1966-1967 – годы бурного роста научных кадров лаборатории. Были подготовлены и успешно защищены кандидатские диссертации Н.И. Мячиной (первая в Институте женщина – кандидат технических наук), В.И. Ильиным, Л.Ф. Петряшиным, В.Н. Харитоновым.

В 1967 году на объединенном Совете технических наук в г. Киеве защитил докторскую диссертацию на тему «Исследование дробления горных пород взрывом для интенсификации открытых горных работ» заведующий лабораторией М.Ф. Друкованый. Работа получила высокую оценку ученых и имела большое значение для признания заслуг всего коллектива лаборатории в развитии исследований по народно-хозяйственному использованию энергии взрыва.

Как известно, в 1964 г. началось строительство лабораторного корпуса Филиала Института механики АН УССР, в котором сотрудники лаборатории принимали самое активное участие (фото 3). В конце 1966 года сотрудники лаборатории механики взрыва активизировали работы по оборудованию экспериментальных лабораторий для научных исследований в строящемся здании.

В июле 1967 года Постановлением Президиума АН УССР Филиал Института механики АН УССР был преобразован в Институт геотехнической механики АН УССР, а лаборатория механики взрыва стала отделом механики взрыва горных пород.

Расширились задачи отдела с учетом проблем, решаемых Институтом. Кроме исследования процессов, протекающих в ВВ и разрушаемой среде при детонации ВВ, размещенного в зарядной полости внутри разрушаемого породного массива и создания методов интенсификации взрывного дробления пород, необходимых для внедрения прогрессивной циклично-поточной технологии горных работ, были поставлены задачи по разработке теоретических основ и средств управления действием взрыва при ведении буровзрывных работ по напряженным и выбросоопасным породам в условиях глубоких угольных шахт Донбасса и разработки средств и технологий комплексной механизации взрывных работ.



Фото 3.- Закладка фундамента будущего Института геотехнической механики НАН Украины: на переднем плане Ф.А. Абрамов, Э.И. Ефремов, Б.Е. Грецингер; на заднем плане М.Г. Новожилов, В.Т. Глушко и др.

Основываясь на теоретических исследованиях механизма разрушения твердых сред с учетом их свойств и параметров взрывного импульса, ученые отдела разработали и внедрили высокоэффективные методы управления действием взрыва при дроблении скальных горных пород: взрывание в зажатой среде, метод внутрискважинных замедлений, рациональные конструкции скважинных зарядов, схем их размещения и очередности взрывания и др. В их разработке и

внедрении принимали участие М.Ф. Друкованый, Э.И. Ефремов, В.М. Комир, В.И. Ильин, Н.И. Мячина, И.А. Краснопольский, Л.Н. Литвин, А.И. Пастухов, В.С. Кравцов и др.

В исследованиях процессов детонации промышленных ВВ принимали участие В.М. Комир, Н.Г. Тутов, Л.Н. Литвин, О.Н. Оберемок и И.А. Краснопольский. Было определено влияние различных примесей на устойчивость процесса детонации. Исследован механизм передачи детонации от промежуточных детонаторов заряду ВВ, установлены основные параметры промежуточных инициаторов для устойчивого течения детонации взрывчатых веществ.

В январе 1968 года М.Ф. Друкованый был утвержден в должности заместителя директора Института по научной работе, оставаясь заведующим отдела. При этом темпы и уровень исследований в отделе не снижались благодаря активной работе заместителя зав. отделом Э.И. Ефремова и старших научных сотрудников В.М. Комира, В.Н. Харитонова, Н.И. Мячиной, И.Н. Усика и др.

Поскольку на Институт геотехнической механики была возложена ответственность за решение проблемы разработки месторождений полезных ископаемых на больших глубинах (угольных шахт), на которых наблюдались внезапные выбросы породы при проведении подземных выработок буровзрывным способом, отделу механики взрыва было поручено исследование влияния динамических напряжений от взрыва на механизм возникновения выбросов.

Для проведения исследований по данному направлению при отделе была организована научная группа во главе с канд. техн. наук В.Н. Харитоновым, защитившим диссертацию в 1967 году. Сотрудниками группы стали молодые специалисты Г.Р. Мейпариани, С.Н. Пикар, М.А. Яремчук, В.Д. Борисенко и опытный инженер И.А. Семенюк.

Для проведения исследований в шахтных условиях была разработана методика и специальная аппаратура. Киносъемка выбросов породы с использованием скоростной кинокамеры позволила установить последовательность и особенности характера разрушения выбросопасных пород при проведении взрывных работ. Отметим, что подобные исследования в сверхкатегорийных шахтах, опасных по газу и пыли, были осуществлены впервые в стране.

В результате исследований по разработке способов управления динамическими напряжениями при ведении взрывных работ по выбросоопасным породам были разработаны рекомендации по снижению частоты и интенсивности выбросов породы. К ним относятся: применение предохранительных ВВ III, IV и V класса, рациональных конструкций зарядов ВВ, схем расположения шпуров, обоснование рациональных интервалов замедлений и направления инициирования зарядов, новые приемы взрывания и др. Были проведены исследования и выработаны рекомендации по применению поверхностно-активных веществ, переводящих выбросоопасный песчаник в невыбросоопасное состояние за счет уменьшения его поверхностной энергии. Разработана на уровне изобретения и внедрена в промышленность новая конструкция патронов ВВ с демпфирующей прокладкой для направленного разрушения выбросоопасных пород.

В 1967 году в отделе была создана научная группа (в последствии лаборатория «Научные основы поточной технологии подземной разработки рудных месторождений») во главе с канд. техн. наук В.Г. Койловым, на которую были возложены обязанности по исследованиям физико-технических проблем подземной разработки рудных месторождений на больших глубинах.

Сотрудниками лаборатории была разработана и прошла опытно-промышленную проверку на руднике им. Карла Либкнехта в Кривбассе поточная технология отработки рудных залежей, использующая систему разработки с обрушением и методы управляемого взрывного разрушения рудного массива в условиях повышенного горного давления на больших глубинах.

Наряду с решением прикладных задач, связанных с особенностями добычи полезных ископаемых в условиях больших глубин, а также с необходимостью расширения области применения циклично-поточной технологии на открытых горных работах, в отделе получили дальнейшее развитие теоретические и экспериментальные исследования разрушения горных пород взрывом. Под руководством В.М. Комира расширяется круг экспериментальных исследований, проводимых на моделях из эквивалентных материалов, в которых принимали участие Н.И. Мячина, С.Н. Родак и др. (фото 4). С использованием уникальной магнитной установки определены параметры ударных волн в ближней зоне, а также пространственное распределение трещин в зависимости от величины напряжений, возникающих при взрыве в горных породах.



Фото 4.- Исследование процесса разрушения моделей с использованием энергии взрыва на специальном стенде: Н.И. Мячина, Э.И. Ефремов, В.Ф. Джос, Ю.Ф. Кучерявый, В.С. Кравцов, В.Н. Попов, В.Д. Петренко

Возрос объём исследований, проводимых в промышленных условиях по рациональному использованию ВВ, влиянию величины и материала забойки на интенсивность дробления горных пород на карьерах, управлению взрывным

разрушением сложно-структурных пород, исследованию причин отказов и затухания детонации, по разработке методов взрывной отбойки крупноблочных гранитов, а также снижению действия сейсмических волн на окружающую среду и др. В этих исследованиях принимали активное участие Э.И. Ефремов, В.М. Комир, А.И. Пастухов, Л.Ф. Петряшин, В.Д. Петренко, Л.Н. Литвин, И.А. Семенюк, В.Ф. Джос, Ю.Ф. Кучерявый, В.Ф. Дурнев, А.В. Бурлака, В.Д. Сиротенко и др.

Как следствие в период 1971 – 1974 гг. по отдельным направлениям защитили кандидатские диссертации сотрудники отдела В.Ф. Джос, Н.Г. Тутов, Ю.Ф. Кучерявый, В.П. Билоконь, В.Ф. Дурнев, В.Д. Петренко, В.Д. Борисенко, С.Н. Родак, О.Н. Оберемок, Г.Р. Мейпариани, С.Н. Пикар, А.И. Сердюк.

В 1973 году В.М. Комир и Э.И. Ефремов защитили докторские диссертации на тему: В.М. Комир – «Исследование процесса разрушения и разработка методов регулирования дробления горных пород взрывом на карьерах Украины»; Э.И. Ефремов – «Исследование и разработка методов дробления горных пород взрывом для циклично-поточной технологии на глубоких железорудных карьерах Кривбасса».

В этом же году после организации СКТБ института в его структуре был создан отдел «Проектирование технологии и комплексов машин для очистной выемки руд», который возглавил доктор техн. наук В.М. Комир, а также проектно-конструкторский отдел механизации взрывных работ на открытых и подземных горных выработках. Заведующим отделом был назначен Г.В. Чернуха. Научное руководство осуществлял М.Ф. Друкованый.

Комплексный подход к решению вопроса механизации всех технологических операций при подготовке массовых взрывов на карьерах позволил усилиями ученых научного отдела, конструкторов СКТБ и работников предприятия «Кривбассвзрывпром» разработать (на уровне изобретений) технологические схемы, создать и внедрить более 50 транспортно-зарядных машин типа МЗ-8, МЗ-12, УДЗ для транспортирования и зарядания ВВ заводского изготовления, а также разработать к зарядной технике специальное устройство для зарядания простейших ВВ местного изготовления (типа игданит) – типа МЗ – 1ПИ. В их разработке и внедрении совместно с работниками предприятий принимали участие М.Ф. Друкованый, Г.В. Чернуха, А.И. Чайковский, А.Д. Бурлак, В.М. Кочерга, Э.И. Ефремов, В.Ф. Джос и др.

Кроме того, были разработаны и внедрены механизированные стационарные и передвижные погрузочно-растаривающие установки типа УПР-30, 1УПР-30 и 2УПР-30.

В 1974 году доктор техн. наук М.Ф. Друкованый переходит на преподавательскую работу в Винницкий политехнический институт. Заведующим отделом механики взрыва был назначен доктор техн. наук Э.И. Ефремов. В этом же году на преподавательскую работу в Кременчугский политехнический институт перешел и доктор техн. наук В.М. Комир.

В 1974-1979 гг. в отделе проводились исследования разрушения твердых сред еще при одном способе импульсного нагружения - электровзрыве провод-

ников в жидкости с целью моделирования взрыва химических ВВ. Было теоретически рассчитано распределение напряжений в среде при электровзрыве проводников, разработана методика моделирования и критерии подобия при электровзрывном разрушении (С.Н. Родак, Н.И. Мячина, В.А. Никифорова).

Учитывая, что в 1975 году Э.И. Ефремов был утвержден в должности заместителя директора Института по научной работе, оставаясь одновременно заведующим отдела, оперативная работа по руководству отделом была поручена зам. зав. отделом канд. техн. наук В.Д. Петренко.

Происшедшие кадровые перестановки не повлияли на темпы, объёмы и глубину проводимых в отделе исследований. По ряду направлений исследования углублялись и расширялись. Укреплялась и лабораторная база.

В отделе продолжались исследования, направленные на разработку научно обоснованных методов разрушения горных пород, учитывающих их структуру и физико-механические свойства, а также степень дробления пород, требуемую для внедрения циклично-поточной и поточной технологии добычи полезных ископаемых. Активное участие в этих исследованиях принимали Э.И. Ефремов, В.Д. Петренко, И.Н. Усик, Л.Г. Переяславский, В.Ф. Джос, В.Д. Сиротенко, В.Ф. Дурнев и др. (фото 5).



Фото 5.- Э.И. Ефремов докладывает материалы об эффективности циклично-поточной технологии горных работ на карьерах Украины.

На переднем плане: Президент Академии наук УССР Б.Е. Патон, Президент Академии наук СССР А.П. Александров, первый секретарь Днепропетровского обкома компартии Украины В.А. Бойко, академик Академии наук СССР А.Ю. Ишлинский, генеральный директор Южного машиностроительного завода А.М. Макаров и др.

Результатом теоретических и экспериментальных исследований в период 1978-1979 гг., в которых принимали участие В.С. Кравцов, Н.И. Мячина, С.Н. Родак, В.А. Никифорова, стала разработка основ статистической теории дробления хрупких сред под действием импульсных нагрузок, позволивших создать предпосылки для прогнозирования гранулометрического состава взорванной горной массы и разработки зонной теории взрывного дробления пород.

Продолжался и научный рост кадров. За период 1975 по 1980 годы подготовили и защитили кандидатские диссертации: Л.С. Коваленко, И.А. Краснопольский, В.Н. Калиниченко, Н.П. Рева и М.П. Белоконь.

В 1981 г. на базе научной группы, руководимой канд. техн. наук В.Н. Харитоновым, при отделе создается структурная лаборатория «Управление взрывным разрушением напряженных и выбросоопасных пород». Заведующим лабораторией стал В.Н. Харитонов, а научное руководство осуществлял Э.И. Ефремов.

Выполненные сотрудниками лаборатории теоретические исследования позволили установить аналитическую взаимосвязь между параметрами взрывного импульса и потенциальной упругой энергией призабойного участка массива горных пород, что позволило скорректировать величину давления, распределенного по контуру зарядной полости и обеспечить разгрузку приконтурного массива в квазистатическом режиме, а соответственно, сохранить его монолитность.

Для проведения экспериментальных работ в лабораторных условиях сотрудниками лаборатории был разработан и изготовлен уникальный стенд, позволяющий создавать неравнокомпонентное напряженное состояние в образцах угля и горных пород. При этом были выявлены новые закономерности развязывания и протекания выбросов угля и выбросоопасных пород. Определено значение критической взрывной нагрузки, предопределяющей развитие выброса с учетом потенциальной упругой энергии горного массива. Результаты теоретических и экспериментальных исследований вошли составной частью в основы теории выбросов угля, породы и газа, а установленный механизм разрушения напряженных и выбросоопасных пород позволил разработать инженерные способы управления динамическими напряжениями при буровзрывном способе проведения выработок на больших глубинах. Сотрудниками лаборатории проводились также исследования по созданию нетрадиционных способов и технологии добычи угля, в том числе выемки угля без постоянного присутствия людей в очистных забоях.

Создан способ управления динамическими напряжениями с использованием зарядов с демпфирующими прокладками зарядов с демпфирующими прокладками для образования щелей над и под угольным пластом, а также разработана методика расчета поля напряжений от взрыва заряда ВВ, влияющих на выброс породы в выработке, проводимой смешанным забоем (В.Н. Харитонов, Л.Ф. Черныгина).

Для обеспечения максимального запираания газообразных продуктов детонации в зарядной полости, увеличения длительности нагружения породы и повышения КПД взрыва разработаны на уровне изобретений и обоснованы новые составы расширяющихся твердеющих смесей (РТС-1) для забойки шпуровых и скважинных зарядов и на их основе способ управления взрывным разрушением крепких напряженных пород в глубоких шахтах (К.С. Ищенко).

По результатам этих исследований в 1983 г. защищены кандидатские диссертации И.В. Калиниченко, Л.Ф. Черныгиной, А.Н. Денисенко, а в 2003 г. – К.С. Ищенко.

В 1980-1984 гг. сотрудники отдела под руководством С.Н. Родака и В.С. Кравцова занимались исследованиями распределения энергии взрывчатых веществ по формам работы при разрушении массивов горных пород различной структуры (В.С. Кравцов, С.Н. Родак).

Одним из важнейших результатов работы отдела за это время стало разработка основ теории взрывного дробления блочных сред.

Экспериментально установлено, что механизм взрывного разрушения блочных сред определяется действием таких разрушающих факторов взрыва как: волны напряжений, газообразные продукты детонации, соударение блоков (фото 6). При этом использовались такие методы экспериментальных исследований как метод йодометрии и метод контактных датчиков. Это позволило установить роль каждого фактора в работе взрывного дробления блочных сред (Э.И. Ефремов, С.Н. Родак, Н.И. Мячина, В.А. Никифорова, В.В. Шеленок). В.А. Никифорова по материалам проводимых исследований в 1984 г. защитила кандидатскую диссертацию.



Фото 6.- А.И. Сердюк, В.А. Никифорова, Э.И. Ефремов, С.Н. Родак за обсуждением результатов эксперимента.

Основные исследования теоретического плана и вопросы разработки методов управления энергией взрыва в породах сложного строения, обеспечивающих эффективную работу горнотранспортного оборудования при поточной технологии открытых горных работ, решались с учетом спроектированного и построенного впервые в мире участка поточной технологии при добыче скальных руд и пород в условиях ЦГОКа (Э.И. Ефремов, В.Д. Петренко).

В 1983 году Э.И. Ефремову в составе коллектива авторов была присуждена **Государственная премия УССР** в области науки и техники: «Разработка и широкое промышленное внедрение прогрессивной циклично-поточной технологии на железорудных карьерах Кривбасса».

В 1985-1989 годы отдел занимался исследованиями, разработкой и внедрением способов повышения полезного использования энергии взрыва при разрушении горных пород в сложных горно-геологических условиях глубоких карьеров, разработкой технологии буровзрывных работ при проведении выработок по выбросоопасным пластам, основанной на новых приемах разрушения напряженного массива.

В результате выполнения теоретических исследований установлены закономерности пространственного распределения в породах поверхностей ослабления структурных связей и их влияния на механизм взрывного разрушения. Полученные данные были использованы при создании ресурсо- и энергосберегающих технологий производства взрывных работ (Э.И. Ефремов, В.Д. Петренко, И.Л. Кратковский).

Осуществлено математическое моделирование действия взрыва цилиндрического заряда с учетом конечной скорости распространения детонационных процессов по оси заряда, что позволяет определить размеры зоны разрушения и воронки выброса, оптимальное место расположения точек инициирования и их количества в скважине при взрыве (В.С. Кравцов, В.Я. Темкин).

На основе теоретических и экспериментальных исследований разработаны методики расчета характеристик дробления при свободном ударе в зависимости от размеров исходных отдельностей, скорости их перед ударом, физических свойств материала разрушаемой среды и преграды, расстояния до преграды и угла встречи с ней (С.Н. Родак, Н.И. Мячина, В.А. Никифорова, А.И. Сердюк).

За успехи в развитии горной науки 28 февраля 1985 года Э.И. Ефремов награждается **Грамотой Президиума Верховного Совета УССР**.

28 марта 1985 г. Общим собранием Академии наук УССР Э.И. Ефремов избирается **членом-корреспондентом Академии наук УССР** по специальности «Механика, геодинамика взрыва».

Впервые на уровне открытия (1986 г.) экспериментально установлена ранее неизвестная закономерность изменения механической работы, производимой взрывом зарядов ВВ при изменении электрического потенциала, возникающего при взрыве (Э.И. Ефремов, В.М. Комир, С.Н. Родак, Н.И. Мячина, С.Н. Гринько), что послужило началом более глубоких исследований в физике взрыва с целью управления взрывными процессами.

Было экспериментально установлено, что электрическое поле, возникающее при взрыве, способствует возрастанию реальной компоненты механического давления, что приводит к преждевременному разлету продуктов детонации (С.Н. Родак, С.Н. Гринько).

Снижение потенциала электрического поля или его устранение (введение в заряд ВВ заземленного электрического зонда) замедляет разлет продуктов детонации до полного завершения реакции взрывчатого превращения, повышая полезную работу взрыва. По материалам проведенных исследований в 1990 г. С.Н. Гринько защитил кандидатскую диссертацию.

В 1989 году решением Президиума АН Украины Э.И. Ефремову, В.М. Комиру и А.Г. Шапарю за цикл работ «Механика взрывного и гравитационного разрушения и перемещения горных пород» была присуждена **премия им. А.Н. Динника**.

В ноябре 1989 года Э.И. Ефремов за выдающиеся достижения и общественную деятельность за пределами Венгрии избран **Постоянным почетным членом Ассоциации Научного Общества Венгерской Республики**.

В 1990-1994 годах сотрудники отдела занимались разработкой научных основ методов повышения полезной работы взрыва для ресурсосберегающих и экологически безопасных способов и технологий взрывного разрушения горных пород.

Впервые на микро- и макроуровне установлен избирательный характер разрушения полиминеральной среды, который состоит в том, что в кварцсодержащих горных породах, которые характеризуются повышенной плотностью дефектов внутреннего строения кварца, при действии динамических и статических нагрузок происходит интенсивное разрушение с последующим обогащением раздробленной (пылевидной) фракции мономинеральным компонентом – кварцем (до 95 %), что является одним из источников опасного загрязнения атмосферы карьеров кварцевой пылью (Э.И. Ефремов, И.Л. Кратковский).

Разработаны и экспериментально апробированы принципы пылегазоподавления на карьерах, основанные на перераспределении во времени и пространстве смещения массива горных пород, истечения продуктов детонации и эффекта диспергирования жидкости при ведении взрывных работ.

В 1991 году Постановлением Президиума АН УССР Институт геотехнической механики стал базовым институтом Научного совета Президиума АН УССР по проблеме «Механика и технология взрыва и его использование в народном хозяйстве. **Председателем Научного совета был утвержден член-корреспондент АН УССР Э.И. Ефремов**.

10 июля 1993 года за весомый личный вклад в развитие и внедрение научных достижений, укрепление научно-технического потенциала Украины Э.И. Ефремову присвоено почетное звание **Заслуженного деятеля науки и техники Украины**.

В 1995-1999 гг. продолжают работы по фундаментальным исследованиям механики взрывного разрушения полиминеральных сред и разработке методов повышения полезной работы взрыва простейших, водосодержащих и конверси-

онных ВВ для создания экологически надежных взрывных технологий при разработке полезных ископаемых.

Получена зависимость амплитуды вынужденных колебаний дефектов (трещин), ведущих к разрушению среды, от ее акустических свойств, размеров дефектов и амплитуды взрывного импульса (В.А. Никифорова).

Разработан новый способ определения в лабораторных условиях относительного количества газообразных продуктов детонации и пылевидных частиц разрушенных взрывом моделей, выбрасываемых в замкнутом пространстве взрывной камеры, по изменению плотности воздушной среды в объеме камеры после взрыва путем зондирования лазерным лучом (Э.И. Ефремов, С.Н. Родак, С.Н. Гринько).

Разработанное в отделе новое ВВ «Акватол Т-20МС», защищенное авторским свидетельством Украины, предотвращает возникновение экзотермической реакции (теплового взрыва) при взрывном разрушении сульфидосодержащих пород и руд, обеспечивая безопасность взрывных работ (Э.И. Ефремов, В.Д. Петренко, М.П. Белоконь).

В 1997 году В.Д. Петренко защитил докторскую диссертацию на тему «Научные основы методов взрывного дробления и перемещения горных пород на карьерах с учетом технологических требований и экологической безопасности».

В 1997 году Э.И. Ефремову и В.Д. Петренко в составе авторского коллектива присуждена **Государственная премия Украины** в области науки и техники «Работа в области горнодобывающей и химической промышленности» (фото 7).



Фото 7.- Президент Украины Л.Д. Кучма вручает Э.И. Ефремову вторую Государственную премию Украины в области науки и техники.

В 2000-2002 гг. проводились исследования основных параметров взрывного нагружения массивов горных пород с учетом особенностей их строения, технологической и экологической безопасности взрывных работ.

Для повышения полезного использования энергии взрыва при разрушении нерудных полезных ископаемых с учетом соответствия взрывного нагружения свойствам разрушаемых пород осуществлена количественная оценка площадей под головными частями импульсов взрыва, которые обуславливают выход переизмельченных фракций при использовании промышленных взрывчатых веществ (Э.И. Ефремов, В.А. Никифорова).

Разработаны на уровне изобретений и испытаны в промышленных условиях многокомпонентные взрывчатые вещества простейшего состава, обеспечивающие значительное снижение стоимости взрывных работ и потерь полезных ископаемых – выхода переизмельченных фракций (Э.И. Ефремов, Е.В. Николенко, М.П. Белоконь, Л.А. Логвина).

В начале 2000-х годов была завершена работа группы ученых и производственников, которую возглавлял Э.И. Ефремов, над Законом Украины «Про поводження з вибуховими матеріалами промислового призначення». Закон (первый в СНГ) был утвержден в 2004 г. Президентом Украины Л.Д Кучмой.

В 2005 году **Э.И. Ефремов** «За вагомий особистий внесок у справу підвищення стану промислової безпеки при веденні вибухових робіт, активну участь у розробці Закону «Про поводження з вибуховими матеріалами промислового призначення», високий професіоналізм, багаторічну сумлінну працю» был **награжден Почесною Грамотою Верховної Ради України** (За особливі заслуги перед Українським народом).

В 2003-2006 гг. разрабатывались научные основы методов взрывного разрушения обводненных горных пород и способы формирования скважинных зарядов многокомпонентных взрывчатых веществ.

При этом обоснован механизм действия взрыва на обводненную среду, представляющий собой последовательность процессов, происходящих после детонации размещенного в ней заряда ВВ. Оценены потери энергии взрыва при преломлении ударной волны, возникающей при детонации ВВ, через водный промежуток между ВВ и стенкой зарядной полости с учетом свойств среды и ВВ. Рассчитано увеличение объема зарядной полости под действием ударной волны в обводненной среде и увеличение напряжений в ней от квазистатического действия продуктов взрыва.

Установлено, что при взрывном разрушении обводненных горных пород зарядами взрывчатых веществ простейшего состава в гидроизолирующих оболочках за счет наличия водных зазоров между ВВ и породой объем переизмельченных фракций по сравнению со взрывами в необводненных породах уменьшается в 1,5 раза..

Исследования способов взрывного разрушения интрузивных пород с учетом их свойств и структуры явились основой для защиты в 2006 г. И.Л. Кратковским кандидатской диссертации.

В 2007-2010 гг. были разработаны физико-технические основы методов и способов управления разрушением горных пород взрывом, обеспечивающих создание в массиве неоднородного поля напряжений, в котором разрушение горных пород происходило за счет растягивающих и сдвигающих напряжений, энергоемкость разрушения которыми на порядок меньше, чем сжимающими нагрузками. При этом уменьшается расход ВВ, площадь его контакта с породой, снижается объём переизмельченных фракций и выброс вредных газов и пылевидных фракций, загрязняющих окружающую среду (Э.И. Ефремов, В.А. Никифорова, И.Л. Кратковский, Е.В. Николенко, В.Д. Петренко и др.).

Материалы исследований отдела механики взрыва горных пород неоднократно докладывались Э.И. Ефремовым на Международных конференциях и симпозиумах в различных странах: ГДР, Болгарии, Венгрии, Польше, Чехословакии, Югославии, Италии, Австрии, ФРГ, России и др. В частности, в 1986 году он выступал с докладом по технике и технологии взрыва в г. Марианская Лазня (ЧССР), в 1987 году – в ФРГ (г. Аахен) с докладом «Управление энергией взрыва при дроблении горных пород», в 1987 и 1988 гг. в Австрии (г. Линц) с докладами, посвященным вопросам разработки высокоэффективных методов взрывного дробления пород и их внедрению на карьерах Украины, в 1992 г. – в г. Турине (Италия) Э.И. Ефремов руководил секцией и выступал с докладом на Международном конгрессе по открытым горным работам, а в 1994 году – выступал с докладом на Всемирном горном конгрессе в г. София (Болгария).

По материалам исследований сотрудниками отдела за последние 45 лет в издательствах Москвы, Киева и Днепропетровска по важнейшим вопросам теории и практики взрывного дела опубликовано более 35 монографий, справочников и учебников.

Новизна исследований защищена многочисленными охранными документами: всего за этот период сотрудниками отдела получено около 200 Авторских свидетельств на изобретения СССР и Патентов Украины.

Відділ гірничої термоаеродинаміки
і автоматизованих систем,
зав. відділом, д-р техн. наук
В.В. Виноградов

ОСНОВНІ НАПРЯМКИ ДІЯЛЬНОСТІ ВІДДІЛУ ГІРНИЧОЇ ТЕРМОАЕРОДИНАМІКИ ТА АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ

В статье изложены результаты работ по основным направлениям деятельности отдела «Горной термоаэродинамики и автоматизированных систем» за период с 1983 года по настоящее время. Отмечены направления работ по созданию приборов контроля воздухораспределения нового технического уровня, механики подъема.

BASIC DIRECTIONS OF ACTIVITY OF ROCK THERMO- AND AIRDYNAMICS AND AUTOMATED SYSTEMS DEPARTMENT

The article presents the results of the basic directions of activity of «Rock thermo- and air dynamics and automated systems» department IGTM NAS from 1983 till present. Directions of works on creation of devices of air-distribution of control the new technical level, and research of mine-hoisting mechanics.

Відділ «Гірничої термоаеродинаміки та автоматизованих систем» засновано у 1983 році внаслідок реорганізації відділу «Гірничої аерогазотермодинаміки», яким багато років керував видатний вчений Ф.О.Абрамов (21.03.1904 р. - 5.12.1982 р.).

Першим завідуючим відділом «Гірничої термоаеродинаміки та автоматизованих систем» був доктор технічних наук, професор Ю.А.Цейтлін (2.06.1928 р. – 6.09.1994 р.) – один із провідних вчених у галузі гірничої механіки, термодинаміки та шахтних систем кондиціонування. Ю.А.Цейтлін створив наукову школу з розвитку теорії та розробки ефективних методів проектування та експлуатації потужного пневматичного устаткування дегазації та кондиціонування шахтного повітря. Їм створена оригінальна теорія складних пневматичних мереж шахт, на базі якої розроблена методика оптимального проектування шахтних пневматичних установок, положення якої успішно використовуються проектними інститутами гірничого профілю. У зв'язку з переходом гірничих робіт на великі глибини видобутку, велику значимість у той час мали дослідження Ю.А.Цейтліна в галузі розвитку теорії та створення систем оптимального проектування потужних багатоконтурних установок кондиціонування шахтного повітря, які не мали аналогів в інших галузях промисловості.

До складу відділу входила структурна лабораторія «Шахтних автоматизованих систем та робототехнічних комплексів», якою керував кандидат технічних наук В.Я.Потьомкін (08.02.1943 р. – 08.03.2000 р.) – відомий вчений та дослідник Ф.О.Абрамова в галузі створення теорії та комп'ютерних методів проектування та аналізу шахтних вентиляційних систем.

Основними науковими напрямками відділу в той період були:

- розробка теорії проектування, аналізу та регулювання режимів нормалізації теплових умов та кондиціонування повітря у виробка глибоких шахт;