

ГОДИШНИК
НА
МИННО-ГЕОЛОЖКИЯ УНИВЕРСИТЕТ
«СВ. ИВАН РИЛСКИ» - СОФИЯ

Том 50
Свитък II: ДОБИВ И ПРЕРАБОТКА НА
МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ

ANNUAL
OF
UNIVERSITY OF MINING AND GEOLOGY
“ST. IVAN RILSKI” – SOFIA

Volume 50
Part II: MINING AND MINERAL PROCESSING



Издателска къща “Св. Иван Рилски”
Publishing House “St. Ivan Rilski”
София, 2007
Sofia, 2007

ISSN 1312-1820

РЕДАКЦИОННА КОЛЕГИЯ

доц. д-р Венцислав Иванов – главен редактор
доц. д-р Страшимир Страшимиров – зам. главен редактор
доц. д-р Руслан Костов - председател на редакционен съвет
доц. д-р Вяра Пожидаева – председател на редакционен съвет
проф. д-р Кръстю Дерменджиев - председател на редакционен съвет
доц. д-р Десислава Костова - председател на редакционен съвет
инж. Зоя Велева
инж. Теодора Христова

РЕДАКЦИОНЕН СЪВЕТ

на Свитък II: Добив и преработка на минерални суровини

проф. д-р Кръстю Дерменджиев – председател
проф. д-р Любомир Кузев
проф. д-р Михаил Михайлов
доц. д-р Любен Тотев
проф. д-р Койно Боев
доц. д-р Паулин Златанов

Пред нас е **юбилейното 50-то издание на Годишника** на нашата минна и геоложка Алма Матер.

В годините, с развитието на нашето висше училище, с развитието на геологопроучвателното дело и минната промишленост, се развива и Годишникът на Минно-геоложкия университет “Св. Иван Рилски”.

От времето, когато излиза първото издание, съдържащо 12 публикации на учените, основатели на Университета, Годишникът претърпява съществени промени. Нараства броят на участниците, нараства броят и качеството на научните изследвания и публикации. Появяват се първите чуждестранни участници, за да се достигне до днешния му вид, състоящ се от четири свитъка, покриващи научното и информационното обслужване на отрасъла, съдържащи средно 125 публикации на 200 автора.

С чест и гордост отбелязваме, че в тези 50 издания са публикувани над 3500 научни труда, представящи изследванията на над 6000 наши автора - учени и производственици. В 450 от тези труда са представени над 590 колеги от чужбина. Публикувани са статии за изпълнени над 5500 национални и международни научноизследователски проекти, от които 2700 са внедрени в производството. Отпечатани са публикации, свързани с успешното защитаване на 530 дисертации на доктори и дтн.

Днес, чествайки този юбилеен Годишник, се прекланяме с почит и признателност пред делото на учените, творили и изследвали преди нас, пред техните приноси и активна професионална дейност, създали условията за превръщане на нашия Университет в съвременен комплексен учебен и изследователски център с авторитет у нас, в региона и света.

Доц. д-р Венцислав Иванов

Зам. Ректор

This is the **jubilee 50th edition of the Annual** of our Mining Alma Mater in front of us.

During the years, with the development of our higher school, of the geological exploration and mining industry, the Annual of the University of Mining and Geology ST. IVAN RILSKI has developed as well.

Since the moment, when the first issue containing 12 publications of the scientists - founders of the University has been printed, the Annual undergoes significant changes. There is a growth in the number of participants and in the quality of the scientific researches and publications, the first foreign participants appear, so its current description consisting four scrolls covering the scientific and informational service, comprising 125 papers by 200 authors on average is obtained.

With honor and pride, we record that over 3500 scientific papers, representing the researches of more than 6000 authors of ours - scientists and engineers have been published in these 50 issues.

Publications about the implementation of more than 5500 national and international scientific and research projects, 2700 of which have been introduced in practice, are published. Publications, connected with the successful defenses of 530 PhD and DSc dissertations have been printed.

Today, celebrating this jubilee Annual, with respect and gratitude, we bow down to the contributions and active professional activity, to the life-work of the scientists, who have created and researched before us creating the conditions for the transformation of our University into a modern complex educational and research centre, prestigious in Bulgaria, the region and the world.

Assoc. Prof. Dr. Ventzislav Ivanov

Vice-rector

СЪДЪРЖАНИЕ

Георги Михайлов	ЕДНОСТАДИЙНИ И МНОГОСТАДИЙНИ ДОБИВНИ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ПОДЗЕМНО РАЗРАБОТВАНЕ НА РУДНИ НАХОДИЩА	9
Светлана Штилкинд	КЪМПЮТЪРНО СИМУЛИРАНЕ НА ПРОЦЕСА ИЗЛУЖВАНЕ В СОЛНИ КАВЕРНИ	15
Георги Михайлов	ГЕОМЕТРИЯ НА ОТКРИТИТЕ ПРОСТРАНСТВА КАТО ФАКТОР ЗА ОЦЕНКА НА ЕФЕКТИВНОСТТА НА ДОБИВНИТЕ ТЕХНОЛОГИИ	19
Евгения Александрова	ИЗСЛЕДВАНЕ НА БЕЗОПАСНОТО РАЗСТОЯНИЕ НА РАЗТОВАРВАНЕ НА САМОСВАЛИТЕ ПРИ ИЗГРАЖДАНЕ НА БУЛДОЗЕРНИ НАСИПИЩА	25
Димитър Анастасов	ИЗПОЛЗВАНЕ НА ИЗНОСОУСТОЙЧИВИ ЕЛЕМЕНТИ И КОНСТРУИРАНЕ НА НОВИ ЗЪБИ ЗА КОШОВ ЗАГРЕБВАЩ ОРГАН ПРИ ЧЕЛНО ИЗТОЧВАНЕ	29
Даниела Киртина	ВЪЗДЕЙСТВИЕ ВЪРХУ ОКОЛНАТА СРЕДА ПРИ МИННО-ДОБИВНАТА ДЕЙНОСТ	33
Георги Трапов Георги Михайлов	ПРИЛОЖЕНИЕ НА МЕТОДА НА КРАЙНИТЕ ЕЛЕМЕНТИ ПРИ РЕШАВАНЕ НА ЗАДАЧИ В ГЕОМЕХАНИКАТА	37
Венцислав Иванов	ГЕОМЕХАНИЧНА ОЦЕНКА НА УСТОЙЧИВОСТТА НА МАСИВА В РАЙОНА НА ЛИКВИДИРАН ПОДЗЕМЕН РУДНИК "СЕСЛАВЦИ" НА БУХОВСКОТО РУДНО ПОЛЕ	45
Виолета Трифенова-Генова	ОСНОВНИ ПРИНЦИПИ И ПРИЛОЖЕНИЯ НА МЕТОДА НА ПРЕМЕСТВАНИЯТА	53
Георги Стоянчев Кръстю Дерменджиев	РЕЗУЛТАТИ ОТ ПРЕДВАРИТЕЛНИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ ЗА ПРИЛАГАНЕ НА СОНДО-ШНЕКОВ ДОБИВ В МИНА „БЕЛА ВОДА“	57
Венцислав Иванов	ГЕОМЕХАНИЧНА ОЦЕНКА НА РУДНИК „ДИМОВ ДОЛ“ (МАДАНСКО РУДНО ПОЛЕ)	63
Пешка Стоева Сибела Златанова	ДЕФОРМАЦИОННИ ПРОЦЕСИ В СОЛНО-МЕРГЕЛНИЯ МАСИВ	75
Емил Андонов	ПРЕДПОСТАВКИ ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ЕНЕРГИЙНИЯ БАЛАНС В ПРОБНИ ТЕЛА ПРИ ОБЕМНО НАПРЕГНАТО СЪСТОЯНИЕ	79
Михаела Тодерас	ОТ РЕОЛОГИЯ ДО ПЛАСТИЧНОСТ И ВИСКОЗОПЛАСТИЧНОСТ	83
Виолета Иванова	ПРОГНОЗИРАНЕ НА ЯКОСТНОТО ПОВЕДЕНИЕ НА ГЛИНИ ПРИ ПРОМЯНА НА ВОДНОТО СЪДЪРЖАНИЕ	89
Георги Трапов Паулин Златанов Пешка Стоева	РИСК СВЪРЗАН С ВЛИЯНИЕТО НА МИННИТЕ РАБОТИ ВЪРХУ СТРОИТЕЛНИ ОБЕКТИ	97
Николае Дима Лариса Филип	СЪЩЕСТВУВАЩИ ГЕОДЕЗИЧНИ МРЕЖИ В РУМЪНИЯ	101
Тодор Трендафилов	ПРИЛАГАНЕ НА СЪВРЕМЕННИ ТЕХНИЧЕСКИ СРЕДСТВА И КОМПЮТЪРНИ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ОПРЕДЕЛЯНЕТО НА СЛЯГАНИЯ В РАЙОНА НА С. „ПРОПАСТ“	105
Валери Митков	ЗА БЕЗОПАСНОСТТА НА ЕКСПЛОЗИВИТЕ ЗА ГРАЖДАНСКИ ЦЕЛИ	109
Валери Митков Гергана Камбуrowa	ИЗСЛЕДВАНЕ, СЪЗДАВАНЕ И ВНЕДРЯВАНЕ НА ГРУБОДИСПЕРНИ АМОНИТИ СЪС СЕНСИБИЛИЗАТОР ВТОРИЧЕН БЕЗДИМЕН БАРУТ	115
Гергана Камбуrowa	ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЗАВИСИМОСТТА МЕЖДУ СКОРОСТТА НА ДЕТОНАЦИЯ И СЪДЪРЖАНИЕТО НА КИСЛОРОД ПРИ ГРУБОДИСПЕРСНИТЕ ЕКСПЛОЗИВИ	121
Ради Ганев	АМОНИЕВ ДИНИТРОАМИД – ПЕРСПЕКТИВЕН ЕНЕРГИЕН ОКИСЛИТЕЛ ЗА ЕКСПЛОЗИВИ	129

Христо Стоев	ПРЕДВАРИТЕЛНО ЗАДАДЕНИ НИВА НА РИСКОВА ЗНАЧИМОСТ ЗА СЪЗДАВАНЕ ВЪЗМОЖНОСТ ЗА АНАЛИЗ, ОЦЕНКА И СВОЕВРЕМЕННО ПРОЕКТНО УПРАВЛЕНИЕ НА РИСКА ПРИ ВЗРИВНИ ВЪЗДЕЙСТВИЯ	133
Александър Крилчев Захари Динчев Михаил Михайлов Елена Власева	ОЦЕНКА НА ПРАХОВИТЕ ОПАСНОСТИ В ГАЛЕРИЯ ПОД ПРИЕМНИ БУНКЕРИ НА ТЕЦ	137
Камелия Капатина Шайпу Емил Каталин	ПРИЛОЖЕНИЕТО НА КВАРЦА В СЪКЛАРСКАТА ПРОМИШЛЕННОСТ	145
Любомир Кузев Стайко Сексенов Ирена Григорова Ромулус Сърбу	ВИБРАЦИОННО СМИЛАНЕ НА АЛУМИНИЕВ СКРАП	149
Ромулус Сърбу Тот Лоранд	ПРОЕКТИРАНЕ НА ЦЕНТРОБЕЖНИ ХИДРАВЛИЧНИ КЛАСИФИКАТОРИ НА БАЗАТА НА ХИДРОДИНАМИЧНА СИМУЛАЦИЯ	155
Ромулус Сърбу Тот Лоранд	ФЛОТАЦИОННО ПРЕЧИСТВАНЕ НА ОТПАДНИ ВОДИ	159
Лина Петкова Антоанета Ботева	ТЕХНОЛОГИЧНО ДЕЙСТВИЕ НА НАНО-ЧАСТИЦИТЕ В ОБОРОТНИТЕ ВОДИ – ЕЛЕКТРОКИНЕТИЧНИ АСПЕКТИ	163
Ирена Григорова Иван Нишков Валентин Велев	ВЪЗМОЖНОСТИ И ПРОБЛЕМИ ПРИ ОПОЛЗОТВОРЯВАНЕ НА БИОМАСАТА КАТО ЕНЕРГИЕН РЕСУРС	167
Любомир Кузев Стайко Сексенов П. Цветанов	ВИБРОСМИЛАНЕ И КЛАСИРАНЕ НА ПЕПЕЛИНА ОТ ТЕЦ	171
Фратьо Генчев Валерия Ковачева-Нинова Кристина Грозева-Мърхова	ОБОГАТЯВАНЕ НА ШЛАКИ ОТ КУПЕЛАЦИОННОТО ТОПЕНЕ НА РУДА, СЪДЪРЖАЩА БЛАГОРОДНИ МЕТАЛИ	175
Александър Хаджиев	ИЗВЛИЧАНЕ НА БЛАГОРОДНИ МЕТАЛИ ОТ ШЛАКА ЧРЕЗ ФЛОТАЦИЯ СЪС СМЕС ОТ МОДИФИЦИРАН ТИОНОКАРБАМАТ И АЛКИЛОВ КСАНТОГЕНАТ	181
Ирена Михайлова Борис Стефанов	ИЗСЛЕДВАНЕ НА ФАЗОВИЯ СЪСТАВ И СТРУКТУРАТА НА НАЛЕПИ, ОБРАЗУВАНИ В МЕТАЛУРГИЧНИ ПЕЩИ	185
Недялко Софрониев	СИНТЕЗ НА 6-ИЗОТИОЦИАНО-3-АРИЛМЕТИЛЕН-1(3Н)- ИЗОБЕНЗОФУРАНОНИ И НА ТИОХИДАНТОИНОВИ ПРОИЗВОДНИ НА ПРИРОДНИ L-АМИНОКИСЕЛИНИ	191
Недялко Софрониев	НОВ МЕТОД ЗА СИНТЕЗ НА ПРОИЗВОДНИ НА А-D,L-АЛАНИНА С 2- АРИЛ-1Н-ИНДЕН-1,3 (2Н)-ДИОНИ	197
Недялко Софрониев	СИНТЕЗ НА ЕСТЕРАМИДИ НА 2-АМИНО-2-[2-ЗАМЕСТЕНИ БЕНЗИЛМЕТИЛЕН-1Н-ИНДЕН-1,3 (2Н)-ДИОНИЛ]-МАЛОНОВИ КИСЕЛИНИ	203
Адриан Рункеану	ИМПЛЕМЕНТАЦИЯ НА КОНКРЕТНА ФУНКЦИЯ ПРИ ФРАГМЕНТИРАНЕТО НА СРОДНИ БАЗА ДАННИ	207
Адриан Рункеану Мариан Попеску	ОТНОСНО ФРАГМЕНТИРАНЕ И РАЗПРЕДЕЛЕНИЕ НА ИНФОРМА- ЦИОННИ ПОТОЦИ В ОПРЕДЕЛЕНИ ОБЕКТООРИЕНТИРАНИ БАЗА ДАННИ	211
	ПРОФ. ТОМА ЧОНКОВ НА 80 ГОДИНИ	215

CONTENTS

Georgi Mihaylov	SINGLE-STAGE AND MULTI-STAGE MINING TECHNOLOGIES IN UNDERGROUD ORE MINING	9
Svetlana Shtilkind	COMPUTER SIMULATION OF SALT CAVERN LEACHING PROCESS	15
Georgi Mihaylov	GEOMETRY TO THE OPEN STOPES AS A FACTOR FOR THE EFFICIENCY'S ASSESSMENT OF THE MINING TECHNOLOGIES	19
Evgenia Alexandrova	INVESTIGATION OF THE SAFETY DISTANCE OF UNLOAD OF THE CAMIONBY A CONSTRUCTION OF THE BOULDOZER EMBANKMENTS	25
Dimitar Anastasov	USING WEAR RESISTANT ELEMENTS AND CONSTRUCTING NEW TOOTH TYPES FOR BUCKET SCOOP BODY APPLIED IN FRONT DRAW	29
Daniela Cîrţină	THE IMPACT OF EXTRACTION ACTIVITY ON THE ENVIRONMENT QUALITY	33
Georgi Trapov Georgi Mihaylov	AN APPLICATION OF FINITE ELEMENTS METHOD FOR GEOMECHANICAL SOLUTIONS	37
Ventzislav Ivanov	GEOMECHANICAL ASSESSMENT OF THE COMPETENCE OF THE ROCK MASS IN THE VICINITY OF SESLAVTSI ABANDONED UNDERGROUND MINE IN THE BUHOVO ORE FIELD	45
Violeta Trifonova - Genova	BASIC PRINCIPLES AND APPLICATIONS OF METHOD OF DISPLACEMENT	53
Georgy Stoianchev Krastu Dermendgiev	SOME RESULTS FROM PRELIMINARILY EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS FOR AUGER DRILLING MINING METHOD APPLICATION IN "BELA VODA" MINE	57
Ventzislav Ivanov	GEOMECHANICAL ASSESSMENT OF THE "DIMOV DOL" MINE (MADAN ORE FIELD)	63
Peshka Stoeva Sibila Zlatanova	PROCESSES OF DEFORMATION IN THE SALT - MARL MASS	75
Emil Andonov	PRECONDITIONS FOR DETERMINATION OF THE ENERGETIC BALANCE IN TRIAL SUBSTANCES AT STRAINED VOLUMETRIC STATE	79
Mihaela Toderas	FROM RHEOLOGY TO PLASTICITY AND VISCOPLASTICITY	83
Violeta Ivanova	PROGNOSTICATION OF CLAY STRENGTH BEHAVIOR IN CASE OF WATER CONTENTS VARIATION	89
Georgy Trapov Paulin Zlatanov Peshka Stoeva	RISK BRING INFLUENCE OF THE MINING WORKS AND THE CONSTRUCTION SITES	97
Nicolae Dima Larisa Filip	THE ACTUAL STAGE OF GEODETIC NETWORKS IN ROMANIA	101
Todor Trendafilov	ADVANCED TECHNICAL INSTRUMENTS AND COMPUTER TECHNOLOGIES APPLICATION IN SUBSIDENCE DETERMINATION OF PROPAST VILLAGE AREA.	105
Valery Mitkov	SAFETY OF EXPLOSIVES FOR CIVIL USES	109
Valery Mitkov Gergana Kamburova	RESEARCH, CREATION AND IMPLEMENTATION OF ROUGHLY DISPERSED AMMONITES WITH SECONDARY SMOKELESS POWDER AS SENSITIZER	115
Gergana Kamburova	RESEARCH OF THE DEPENDENCE BETWEEN THE DETONATION VELOCITY AND THE CONTENT OF OXYGEN AT ROUGHLY DISPERSED EXPLOSIVES	121

Rady Ganev	AMMONIUMDINITROAMID - LONG-TERM ENERGY OXIDIZING AGENT FOR EXPLOSIVES	129
Hristo Stoev	PREVIOUSLY ASSIGNED LEVELS OF RISK SIGNIFICANCE FOR CREATING POSSIBILITY OF ANALYSIS, EVALUATION AND DULY PROJECT MANAGEMENT OF THE RISK AT EXPLOSIVE IMPACTS	133
Alexander Krilchev Zahari Dinchev Elena Vlasheva Michael Michaylov	DUST RISK MANAGEMENT IN UNDERGROUND GALLERY UNDER RECEPTION SILO OF THERMAL POWER PLANT	137
Căpățină Camelia Șchiopu Emil Cătălin	THE USE OF SILICA IN THE GLASS INDUSTRY	145
Lubomir Kuzev Stayko Seksenov Irena Grigorova	VIBROGRINDING OF ALUMINIUM SCRAP	149
Romulas Sârbu	DESIGN OF CENTRIFUGAL HYDRAULIC CLASSIFIERS BASED ON HYDRODYNAMIC SIMILITUDE	155
Romulus Sarbu Toth Lorand Lina Petkova Antoaneta Boteva	WASTEWATER TREATMENT BY FLOTATION A TECHNOLOGICAL ACTOIN OF NANO – PARTICALS IN RECYCLING WATERS – ELECTROKINETICAL ASPECTS	159 163
Irena Grigorova Ivan Nishkov Valentin Velev L.Kuzev S.Seksenov P.Tsvetanov	POTENTIALITY AND PROBLEMS BY UTILIZATION OF BIOMASA LIKE ENERGETIC RESOURCES VIBROGRINDING AND CLASSIFICATION ON FLY ASH OF THERMAL POWER STATION	167 171
Fratyo Genchev Valeria Kovacheva-Ninova Kristina Grozeva-Marhova	BENEFICATION OF SLAG FROM CUPPELATIVE MELTING OF ORES WITH NOBEL METALS CONTENT	175
Alexander Hadjiev	REPROCESING OF NOBLE METALS CONTAINING SLAG BY FLOTATION WITH BLEND OF MODIFIED THIONOCARBAMATE AND ALKYL XANTHATE	181
Irena Mihailova Boris Stefanov	RESEARCH EXAMINING THE PHASE COMPOSITION AND THE STRUCTURE OF BUILDUPS, FORMED IN METALLURGICAL FURNACES	185
Nedyalko Sofroniev	SYNTHESIS OF 6-ISOTHIOCYANO-3-ARYLMETHYLENE-1(3H)–ISOBENZOFURANONES AND THIOHYDANTOIN DERIVATIVES OF NATURAL L-AMINO ACIDS	191
Nedyalko Sofroniev	NEW METHOD OF SYNTHESIS OF A-D,L-ALANINE MODIFIED WITH 2-ARYL-1H-INDENE-1,3 (2H)-DIONES	197
Nedyalko Sofroniev	SYNTHESIS OF ESTERAMIDES OF 2-AMINO-2-[2-SUBSTITUTED BENZYL METHYLENE-1H-INDENE-1,3 (2H)-DIONYL]-MALONIC ACIDS	203
Adrian Runceanu	AN OBJECTIVE FUNCTION IMPLEMENTATION IN FRAGMENTATION DISTRIBUTED RELATIONAL DATABASES	207
Adrian Runceanu Marian Popescu	ABOUT DATA FRAGMENTATION AND ALLOCATION IN DISTRIBUTED OBJECT ORIENTED DATABASES	211
	PROF. TOMA CHONKOV – 80 YEARS OLD	215

ЕДНОСТАДИЙНИ И МНОГОСТАДИЙНИ ДОБИВНИ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ПОДЗЕМНО РАЗРАБОТВАНЕ НА РУДНИ НАХОДИЩА

Георги Михайлов

Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", София 1700

РЕЗЮМЕ. Представен е преглед на системите на разработване, изхождайки от състоянието на добивното пространство: открито (поддържано с целици); запълнено с изкуствен материал; запълнено с обрушени скали. Формулирани са понятията едностадийно и многостадийно изземване в зависимост от количеството на запасите, блокирани в целици. Използвайки принципа на системния подход е съставена матрица на приложимите системи на разработване. Формира се множество, което дава основание да се предложи нов подход за класификация на системите на разработване в зависимост от стадийте на изземване: едностадийни, двустадийни, многостадийни.

SINGLE-STAGE AND MULTI-STAGE MINING TECHNOLOGIES IN UNDERGROUND ORE MINING

Georgi Mihaylov

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", Sofia 1700

ABSTRACT. A review of mining methods is presented depending on the state of stope area: open stope (pillar-supported); stope filled with artificial material; stope filled with caved rock. The concepts 'single-stage' and 'multi-stage' mining are defined with respect to the quantities of reserves blocked in the pillars. A matrix of the applicable mining methods has been designed by using the systems approach principle. A set is formed which provides a basis for proposing a new approach to classifying the mining methods according to the mining stages: single-stage, two-stage and multi-stage methods.

Едностадийни и многостадийни добивни технологии като алтернатива на съществуващите класификации при разработване на рудни тела с голяма дебелина

В практиката на подземно разработване на рудни находища се забелязва тенденция към намаляване на броя на приложимите добивни технологии. Това се отразява върху подходите за тяхното систематизиране (класифициране) в отделни класове, групи, варианти. От тази гледна точка актуален е въпросът с разработване на рудни тела с голяма дебелина. По съществуващите класификации те попадат в класа на т.нар. комбинирани системи. Характерна особеност за този клас е изменението на състоянието на добивното пространство през отделните етапи на разработване. В съвременните условия на висока степен на механизация и интелектуализация на работата в подземните пространства възникват предпоставки за търсене на признак с по-комплексни и обединяващи функции при формиране на множеството варианти за разработване на рудни тела с голяма дебелина. Такъв признак може да бъде етапността (стадийността) при изземване на даден добивен блок. Той се разглежда като основна производствена единица в рамките на подземния рудник. Неговите размери съответстват на размерите на отделните рудни тела или стълбове (за находище от

жилен тип). Възникват алтернативи по отношение на последователността на изземване и състоянието на добивното пространство през отделните стадии на разработване; интервалите между тях; редът на изземване на запасите в блока (възходящ, низходящ). При тази постановка широк дял заемат добивните технологии, основаващи се на един етап (един стадий) на изземване. Логично е те да се наричат **едностадийни добивни технологии**. Тяхна алтернатива са двустадийните или най-общо многостадийни добивни технологии.

Голямото многообразие на прилаганите варианти за разработване на един или друг морфологичен тип находища (жили, щокове, пластове, пластообразни рудни тела) се дължи както на природните, така и на минно-техническите условия. Ето защо една от целите на предлагания подход е систематизиране на това многообразие в по-строга рамка и най-важното – създаване на предпоставки за генериране на обосновано множество от варианти.

Наличието на множество варианти поставя въпроса за тяхната оценка. Освен традиционното решение в п-мерното евклидово пространство, възможна е и друга, принципно различна постановка, основаваща се на пространствената конфигурация на ограничаващите условия. Така се достига до необходимостта от създаване на общ модел на добивна технология, който включва не само добивните, а и подготвително-нарезните работи.

Разработването на рудни тела с голяма дебелина и особено с голяма степен на изменчивост в елементите на залягане, изискват значителен обем на тази група изработки. Тяхната устойчивост, с развитието на отделните стадии, прогресивно се влошава и това е предпоставка за увеличаване на разходите, свързани с безопасната им експлоатация. Комплексният характер на критериите за оценка на дадена добивна технология зависи от пространствената структура на ограничаващите условия, които най-често са систематизирани в три групи: технологични, икономически и организационни.

Същност на подхода за класификация на добивните технологии като едностадийни и многостадийни

Подходът за изграждане на добивните технологии въз основа на стадията на изземване се основава на три признака:

- брой на стадията на изземване;
- начин на управление на скалния натиск;
- начин на закрепване на призабойното пространство.

Едно от условията, върху което се гради многовариантният подход, е връзката между фактори с различен характер на градация: бинарно-алтернативна от една страна и дискретно-непрекъсната от друга. При тази постановка е удачно използване на матричен запис. За едностадийни и двустаийни добивни технологии (DT) той ще изглежда така: $\|DT\|_{ij}$, където $i = 1, 3$; $j = 1, 3$.

Цифрите от 1 до 3 съответстват на начина на управление на скалния натиск

1 – поддържане с целици (открито добивно пространство);
2 – запълване; 3 – обрушаване. Членовете на матрицата, които се намират на главния диагонал, т.е. $i=j$ идентифицират едностадийна добивна технология. Останалите случаи (при $i \neq j$) съответстват на двустаийни добивни технологии. Комбинацията (ij) определя вида на използваната технология през първия и втория стадий.

Очевидно матрицата $\|DT\|_{ij}$ не е симетрична, тя е

своеобразен генератор на възможни добивни технологии при едностаийно и многостаийно изземване - общо 9 на брой, от които 3 едностаийни и 6 двустаийни. При това генериране на варианти се оформят комбинации, които изглеждат трудно приложими. Например DT₃₁ – обрушаване през първия стадий и открито добивно пространство през втория; DT₃₂ – обрушаване и запълване на добивното пространство.

При наличие на три и повече стадии матричният запис не е подходящ и тогава се използват символите на логическата алгебра и по-конкретно логическата функция конюнкция “ $\wedge$ ”. Чрез нея се идентифицира всяка добивна технология, включваща три и повече стадии на разработване. В този случай автоматичното генериране на множеството варианти не е целесъобразно. То се формира ръчно, изхождайки от спецификата на природните условия и минно-техническата характеристика на обекта.

На фиг.1 е показана класификация на добивните технологии по фактор „стадий на изземване“. Посочено е съответствието със съществуващите класификации. Прави впечатление, че някои от известните системи на разработване, като система с магазиниране, слоево обрушаване, етажно-камерна система на разработване не намират място в предлагания подход. За първите две обяснението е, че в съвременни условия техният относителен дял бързо намалява. Ниското равнище на постигнатите технико-икономически показатели ги прави неконкурентно способни спрямо алтернативни добивни технологии (открито добивно пространство или запълване). Същността на етажно-камерната система е типична двустаийна добивна технология от типа DT₁₂ или DT₁₃. В по-нататъшния анализ наличието на алтернативи е удобно да се представя с логическата функция дизюнкция “ $\vee$ ”, т.е. $DT_{12} \vee DT_{13}$.

При разработване на пластови находища широко приложение намира камерно-стълбовата система. Ако поддържащите целици не се изземват, тя е типична едностаийна технология от вида DT₁₁. Ако целиците се изземват – тя се превръща в многостаийна добивна технология. Възможни са следните алтернативи:

- запълване на камерите и изземване на целиците като открито добивно пространство;
- запълване на камерите и изземване на целиците чрез технология на запълване на добивното пространство;
- запълване на камерите и изземване на целиците чрез обрушаване.

Логическият израз на така описаните алтернативи на добивна технология има вида:

$$\{[DT_{12}] \wedge [DT_{11}]\} \vee \{[DT_{12}]^A \wedge [DT_{12}]^B\} \vee \{[DT_{12}] \wedge [DT_{13}]\} \quad (1)$$

Символите A и B при технологиите със запълване определят различните градации, чийто смисъл в конкретния случай са механичните свойства на изкуствения материал. В горния израз и трите алтернативи са изградени от четиристадийни добивни технологии.

При разработване на масивни щокове широко приложение намира камерно-целиковата система и по-конкретно варианта „камера-целик-камера“. Логическият израз на тази технология е аналогичен с този при камерно-стълбовата система при изземване на целиците със запълнение.

$$\{[DT_{12}]^A \wedge [DT_{12}]^B\} \quad (2)$$

Възможните алтернативи ще се формират от реда на изземване в границите на блока (възходящ или низходящ). Камерно-целиковата система на разработване е една от добивните технологии, който формира значително множество от алтернативи. Освен варианта „камера-целик-камера“ приложение намира и варианта „едновременно запълване на 1/5 част от запасите“. Логическият израз на тази технология ще бъде:

Едностадийни добивни технологии			
Наименование		Символно означение	Съответствие със съществуващи класификации
1. Изземване с открито добивно пространство		DT ₁₁	I.A. Камерно-стълбова система I.B. Камерна система с отбиване от подетажни изработки
2. Технология със запълване на добивното пространство		DT ₂₂	II.A. Системи на разработване със запълване II.A.1. Изземване на ленти II.A.1.1. Хоризонтални ленти II.A.1.2. Наклонени ленти II.A.2. Изземване от подетажи
3. Технология със обрушаване на страничните скали		DT ₃₃	III.A.Подетажно обрушаване III.B. Етажно самообрушаване
Двустадийни добивни технологии			
Първи стадий	Втори стадий	Символно означение	Съответствие със съществуващи класификации
1. Открито добивно пространство	Запълване	DT ₁₂	IV.A. Комбинирани системи с изземване на целиците при запълнени камери
2. Открито добивно пространство	Обрушаване	DT ₁₃	IV.B. Комбинирани системи с изземване на целиците при открити камери I. B. Етажно принудително обрушаване
3. Запълване	Открито добивно пространство	DT ₂₁	IV.A. Комбинирани системи на изземване чрез обрушаване
4. Запълване	Обрушаване	DT ₂₃	IV.B. Комбинирана система на разработване
5. Обрушаване	Открито добивно пространство	DT ₃₁	IV.Г. Комбинирана система на разработване
6. Обрушаване	Запълване	DT ₃₂	Няма съответствие Няма съответствие

Фиг. 1. Класификация на добивните технологии по фактор "стадии на изземване"

$$[DT_{12}]^A \wedge [DT_{12}]^A \wedge [DT_{12}]^B \wedge [DT_{12}]^B \wedge [DT_{12}]^C \quad (3)$$

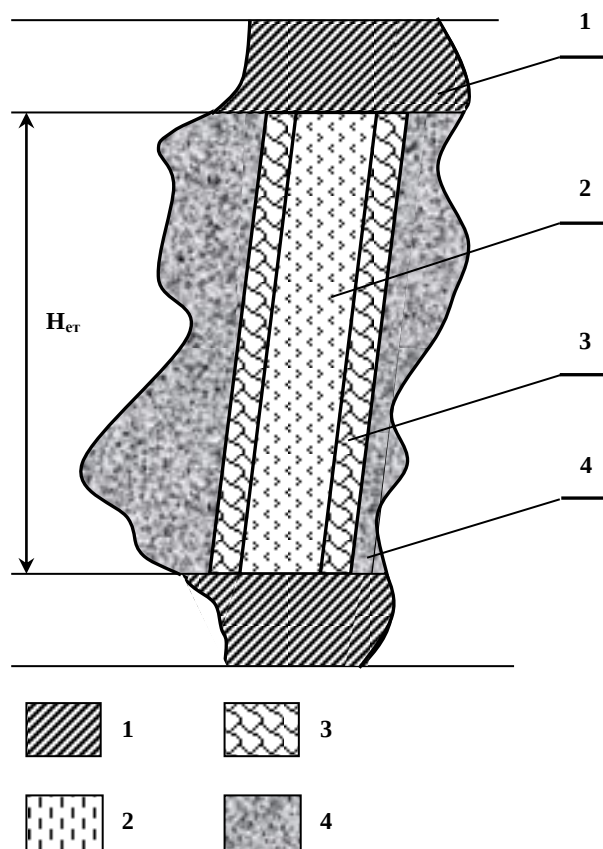
Градацията, характеризираща свойствата на изкуствения материал има три степени: А, В, С. Ако се приеме, че камерно-целиковата система се прилага в рамките на един етаж, двете алтернативи „камера-целик-камера” и „едновременно изземване на 1/5 част от запасите” изискват следния логически запис:

$$\{ [DT_{12}]^A \wedge [DT_{12}]^B \} \vee \{ [DT_{12}]^A \wedge [DT_{12}]^A \wedge [DT_{12}]^B \wedge [DT_{12}]^B \wedge [DT_{12}]^C \} \quad (4)$$

На фиг.2 е показан вертикален напречен разрез на рудна жила с голяма дебелина. Приема се, че тя се характеризира с голяма степен на изменчивост. Максимална ефективност на разработване може да се постигне при използване на многостадийна добивна

технология. Предвижда се централната част на рудното тяло да се изземва чрез камерна система и отбиване на рудата от подетажни изработки. Така оформеното добивно пространство се запълва с втвърдяващо запълнение. Във втория сектор на рудното тяло се прилага система със запълване на добивното пространство и изземване на летни. Тези две технологии предвиждат оформяне на добивно пространство с правилни размери. Следователно, променливата дебелина практически не оказва влияние върху ефективността на разработването. Периферните части на рудното тяло се предвижда да се изземват чрез технология с подетажно обрушаване. Нейното съществено предимство е сравнително лесното преодоляване на участъците с променливи елементи на залегане (променлива дебелина и ъгъл на наклона). Логическият израз на така описаната технология има вида:

$$\{[DT_{12}] \wedge [DT]_{22} \wedge [DT]_{33}\} \quad (5)$$



Фиг. 2. Многостадийна добивна технология при разработване на рудно тяло с променлива дебелина.
– руден масив; 2 – камерна система с отбиване от подетажни изработки; 3 – технология със запълване на добивното пространство; 4 – технология с подетажно обрушаване

В случая възможните алтернативи ще се формират от избрания ред (последователността) на изземване на запасите, както и от елементите на прилаганата добивна технология: геометрия на блока, свойства на запълнението, вид на използваната механизация. Прави впечатление, че многостадийната добивна технология включва два елемента, характеризиращи едностайни добивни технологии DT_{22} и DT_{33} .

Направеният преглед показва, че многостайните добивни технологии са практически приложими при всякакъв морфологичен тип и елементи на залегане на рудните тела. Конструкцията на класификацията по фактор стаий на разработване (вж. фиг.1) е базова при формиране на възможните алтернативи. Матричният запис $\|DT\|_{ij}$ със своите 9 члена е напълно достатъчен за тази

формализация. Очевидно всеки член $[DT_{ij}]$ представлява комбинация от фактори, признаци и технологични елементи, чиято същност може да се изрази с подходящ алтернативен граф.

Модел на добивна технология

Класификацията на добивните технологии по фактор „стаий на разработване“ е първата стъпка в общата процедура за избор на оптимално техническо решение. Формиращото се множество от варианти изисква разработване на подходящ модел за анализ и оценка на техните показатели. Основните изисквания към модела са:

- да отчита комплексно показателите, както на добивните, така и на подготвително-нарезните работи в блока;
- коректно да опише многообразието на природните и минно-технически фактори;
- да формира множество от допустими варианти, способни да реагират на ограничаващите условия.

Моделът не предвижда решаване на екстремална задача. Той трябва да определи динамиката на функционалните показатели, характеризиращи добивната технология. Освен на различни по характер ограничения, логиката на моделиращото въздействие се основава на факторите, идентифициращи състоянието на обекта в стремежа за минимизация (максимизация) на глобалните показатели (най-често с икономическа същност)

На фиг.3 е показана принципна схема за синтез на добивна технология, изхождайки от изискването за съвместимост с природните (минно-геоложките) фактори. Булевата променлива y_i , определя технологичните елементи на добивната технология. Векторите X_{kj} и X_{μ} определят състоянието на k -я фактор при j -та градация и съвместимост на μ -я признак. Формира се множеството $I^{\rho} (\rho = \overline{1, \beta})$, характеризиращо съвместимостта на елементите на добивната технология с конкретните природни (минно-геоложки) фактори. От друга страна, налице е множеството I^T , което характеризира технологичните елементи на добивната технология. За неговото формиране се използва изразът

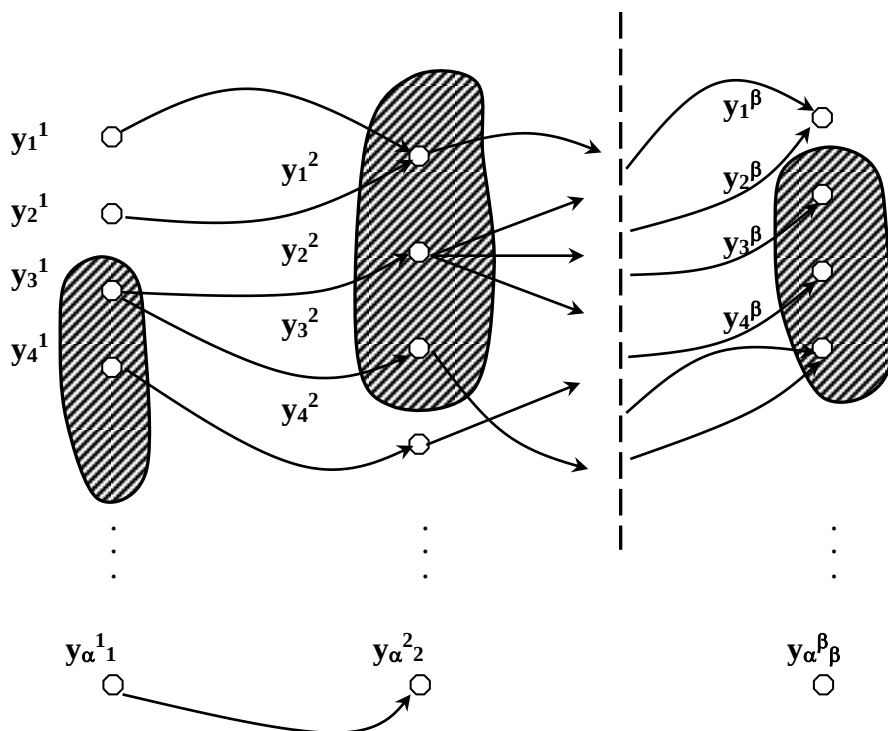
$$I^T = \bigvee_{i=1}^{\alpha_i} I_i$$

$$I_i = (y_{i1}^1 \wedge y_{i1}^2 \wedge \dots \wedge y_{i1}^{\beta}) \vee (y_{i2}^1 \wedge y_{i2}^2 \wedge \dots \wedge y_{i2}^{\beta}) \vee \dots \vee (y_{iZ}^1 \wedge y_{iZ}^2 \wedge \dots \wedge y_{iZ}^{\beta}) \quad (6)$$

където z определя поредния маршрут при формиране на елементите y_i на дадена добивна технология.

Общият брой на вариантите, подлежащи на анализ и оценка се формира от множеството, получено при

пресичане на $I^{\rho} \left(\rho = \overline{1, \beta} \right)$ и I^T . Това е т.н. множество на допустими варианти. Неговото определяне се основава на обективно действаща процедура. Субективният фактор е сведен до минимум и това е най-голямото предимство на предлагания подход.



Фиг. 3. Принципна схема за синтез на добивна технология

Заклучение

С помощта на матричния запис е съставена класификация на добивните технологии, основаваща се на броя на етапите на изземване. Тази класификация е ориентирана към разработване на рудни тела с голяма дебелина, но тя е напълно приложима при средно-дебели рудни жили: $2 \leq M \leq 5$ (M е дебелината на рудната жила). Относителният дял на подготвително-нарезните работи съществено се увеличава при изземване на рудни тела с голяма степен на изменчивост на техните елементи на залягане. Това налага изграждане на комплексен модел на добивната технология, включващ както добивните така и подготвително-нарезните работи.

Матричният запис показва, че цялото многообразие на добивните технологии при разработване на рудни тела с голяма дебелина се основава на трите начина на управление на скалния натиск: поддържане с целици (открито добивно пространство); запълване; обрушаване. Ето защо, управлението на скалния натиск е един от трите

признака въз основа на който се изгражда класификацията на добивните технологии.

От пресичането на множеството I^T , характеризиращо технологичните елементи на дадена добивна технология, с множеството $I^{\rho} \left(\rho = \overline{1, \beta} \right)$, характеризиращо съвместимостта на технологичните елементи с конкретните природни (минно-геоложки) условия, се формира множеството на допустимите варианти. То е съставено, въз основа на обективно действаща процедура, като субективният фактор е сведен до минимум.

Класификацията на системите по фактор „стадий на разработване“, както и изграденият подход за формиране на множеството допустими варианти откриват пътя към следваща стъпка за анализ и оценка на ефективността на добивните технологии. Тя се основава на подходящ графо-аналитичен апарат и формализация на групи ограничаващи условия.

Препоръчана за публикуване от
Катедра “Подземно разработване на полезни изкопаеми”, МТФ

COMPUTER SIMULATION OF SALT CAVERN LEACHING PROCESS

Svetlana Shtilkind

Moscow State Mining University

ABSTRACT. Underground caverns in rock salt are being constructed by leaching of salt deposits through the tubing. This complex development is composed of different physical, chemical and thermodynamical processes and may be described by a system of non-stationary multidimensional partial differential equations which cannot be solved analytically (Каратыгин *et al* , 1994). That is why to solve such equations and thus to get technological characteristics of leaching it is necessary to use numerical methods. This paper presents the mathematical model of laminar isothermal flow of incompressible two-component liquid inside the cavern during leaching process. The mathematical model and related computational algorithm are supported by a computer program which is able to calculate main features of technological process and to demonstrate development of cavern in time.

КЪМПЮТЪРНО СИМУЛИРАНЕ НА ПРОЦЕСА ИЗЛУЖВАНЕ В СОЛНИ КАВЕРНИ

Светлана Штилкинд

Московски държавен минен университет

РЕЗЮМЕ. Подземните каверни в сол-съдържащите скали са изградени за излужване на солните залежи чрез тръбопроводи. Тази метод включва комплекс от физични, химични и термодинамични процеси и може да бъде описан чрез система от променливи, многомерни диференциални уравнения, които не могат да бъдат решени аналитично. Това е така защото за да се решат подобни уравнения, така че да се получат технологични параметри за излужването е необходимо да се използват числови методи. Този доклад представя математически модел на слоест изотермичен поток от постоянна двукомпонентна течна среда вътре в каверната по време на излужващия процес. Математическият модел и свързаният компютърен алгоритъм е поддържан от компютърна програма, която е способна да изчисли основните параметри на технологичния процес.

Mathematical modeling of leaching process

Basic assumptions

The laminar isothermal flow of incompressible two-component liquid (water and salt) inside the cavern during leaching process is considered taking into account such effects as free convection and convective diffusion.

Basic assumptions of the model discussed are as follows:

- the shape of cavern at the initial moment is cylindrical;
- dissolution of salt is occurring on the lateral surface only;
- leaching process is isothermal;
- flow of brine is laminar;
- leaching process is treated as two-dimensional;
- brine is considered as ideal incompressible liquid.

Input data are divided into three groups:

- geological and physical parameters (densities of rock salt, water and saturated brine);
- geometric parameters (height and radius of cavern, radii of hanging coaxial pipes);
- Technological parameters (method of water injection – direct or reverse, rate of water injection, configuration of hanging pipes).

Main equations (mathematical model)

Flow of brine inside the cavern while leaching process may be described by following equations (in terms of dimensionless variables) (Кочин *et al*, 1963):

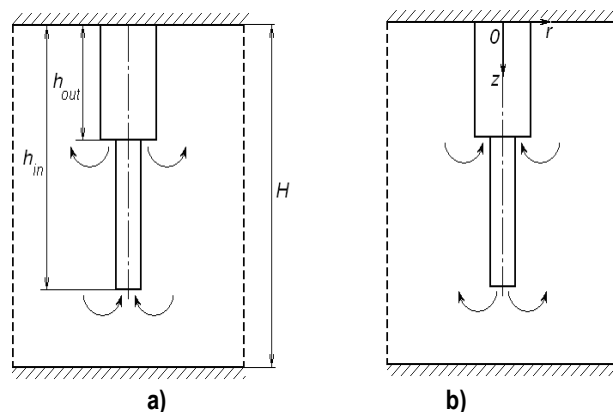


Fig. 1. Two basic methods of water circulation: a) – reverse, b) – direct.

Output data are:

- field of flow velocities;
- distribution of brine concentration within cavern;
- concentration of produced brine;
- rate of brine withdrawal;
- rate of rock salt dissolution.

$$\text{• continuity equation: } \frac{1}{r} \frac{\partial(ru)}{\partial r} + \frac{\partial v}{\partial z} = 0; \quad (1)$$

- Navier-Stokes equations for each components of velocity:

$$\rho \left(\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{1}{r} \frac{\partial(ru^2)}{\partial r} + \frac{\partial(vu)}{\partial z} \right) + \frac{\partial P}{\partial r} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(\mu r \frac{\partial u}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\mu \frac{\partial u}{\partial z} \right); \quad (2)$$

$$\rho \left(\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{1}{r} \frac{\partial(ruv)}{\partial r} + \frac{\partial v^2}{\partial z} \right) + \frac{\partial P}{\partial z} = \rho \cdot Gr + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \mu \frac{\partial v}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\mu \frac{\partial v}{\partial z} \right); \quad (3)$$

• diffusion-convection equation:

$$\frac{\partial a}{\partial t} + \frac{1}{r} \frac{\partial(rua)}{\partial r} + \frac{\partial(va)}{\partial z} = \frac{1}{Sh} \left[\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \mu \frac{\partial c}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\mu \frac{\partial c}{\partial z} \right) \right]; \quad (4)$$

• equation of brine condition:

$$\rho = 1 + A \cdot a; \quad (5)$$

where u , v – components of velocity in cylindrical coordinates (r, z); ρ – density of brine; P – pressure; a – salt

concentration in brine; $c = \frac{a}{\rho}$ – specific concentration of

salt; μ – dynamic viscosity of brine; g – free fall acceleration;

D – diffusion coefficient, Gr и Sh – Grashof and Schmidt numbers respectively.

The process is considered within the area shown in Fig. 2.

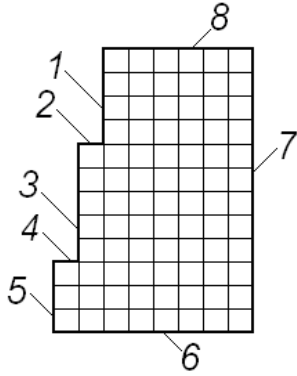


Fig. 2. Geometry of computational area: 1, 3 – lateral surfaces of hanging pipes; 6 – bottom of cavern; 8 – ceiling of cavern; 2, 4 – cross-sections of water injection and brine production; 5 – symmetry axis; 7 – surface of dissolution.

Initial conditions

It is assumed that at the initial moment ($t = 0$) cavern is filled by stationary saturated brine: $u = v = 0$. Initial concentration of salt, brine density and pressure are expressed as follows:

$$a = A_n, \quad \rho = 1 + A \cdot A_n, \\ P = Gr \cdot (1 + A \cdot A_n) \cdot (z - z_{in}),$$

where z_{in} – dimensionless height (z -coordinate) of water injection level, A_n – salt concentration in saturated brine.

Boundary conditions

The boundary of computational area consists of eight parts (Fig. 2) with different conditions on them:

- lateral surface of main hanging pipe (boundary 1)
 $r = r_{out}; 0 \leq z \leq h_{out};$

$$u = v = 0, \quad \frac{\partial a}{\partial r} = 0;$$

- boundaries of hanging pipes cross-section at the water injection level (boundary 2 or 4):

$$u = 0, \quad v = v_{in} = \frac{S_k}{S_{in}} Re, \quad a = 0, \quad P = P_{in},$$

- boundaries of hanging pipes cross-section at the level of brine production withdrawal (2 or 4): $u = 0, \quad v = v_{out},$

where: $Re = \frac{R \rho_0 Q}{\mu \cdot S_k}$ – Reynolds number, $S_k = \pi R^2$,

$$S_{in} = \begin{cases} \pi \cdot (r_{out}^2 - r_{in}^2), & 0 \leq r \leq r_{in}; z = z_{in}; \\ \pi \cdot r_{in}^2, & r_{in} \leq r \leq r_{out}; z = z_{out}; \end{cases}$$

depending on reverse or direct circulation;

- lateral surface of central hanging pipe (boundary 3)

$$r = r_{in}; h_{out} \leq z \leq h_{in}; u = v = 0, \quad \frac{\partial a}{\partial r} = 0.$$

- symmetry axis (boundary 5) $r = 0; h_{in} \leq z \leq H:$

$$u = 0, \quad \frac{\partial v}{\partial r} = \frac{\partial P}{\partial r} = \frac{\partial a}{\partial r} = 0;$$

- bottom of cavern (boundary 6) $0 \leq r \leq R; z = H:$

$$u = v = 0, \quad \frac{\partial a}{\partial z} = 0.$$

- surface of dissolution (boundary 7) $r = R; 0 \leq z \leq H:$

$$a = A_n, \quad v = 0, \quad u = \beta \cdot w,$$

$$\beta = 1 - \frac{(\rho_0 + A_n - \rho_n) \rho_s}{A_n \cdot \rho_0},$$

$$w = \frac{\rho_0 \rho_n}{\rho_s (\rho_n - A_n)} \frac{1}{Sh} \frac{\partial c}{\partial r}.$$

- ceiling of cavern (boundary 8) $r_{out} \leq r \leq R; z = 0:$

$$u = v = 0, \quad \frac{\partial a}{\partial z} = 0.$$

Numerical method

As it was told above the equations presented are to be solved numerically (Amosov et al, 1994). For this sake a computational three-dimensional mesh is needed (time and two space coordinates). Equations are approximated by means of explicit first order finite-difference scheme. The system obtained is solving by iterative methods. At the beginning field of pressure is calculated from continuity equation. This solution can be found analytically. Field of pressure determines field of velocities. Field of concentration may be found as a final stage.

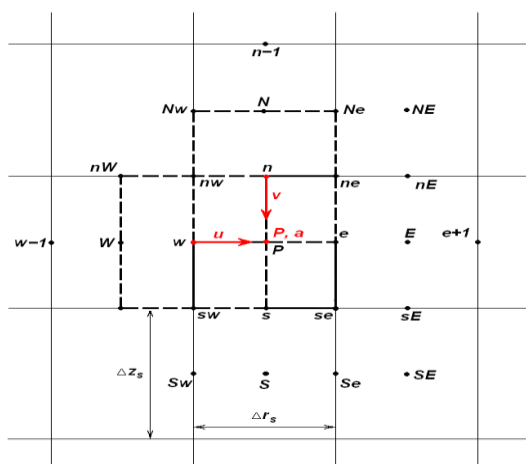


Fig.3. Template of finite-difference scheme: (nw-ne-se-sw) – computational mesh for pressure and concentration; (s-n-nE-sE) – for r-component of velocity; (w-Sw-Se-e) – for z-component of velocity.

Computer program

The enounced mathematical model and corresponding numerical algorithm are realized as a computer program for Windows. The prime objective of this program is to predict main characteristics for next stage of leaching process. For this purpose fields of velocities, pressure or concentration are calculated (see Fig. 4 - 7). The program enables to determine such parameters as concentration of produced brine, time of leaching as well as volume and shape of cavern. So, this program may be used as a practical tool to simulate basic technological process of salt cavern leaching and thus to predict shape and volume of prospective cavern under conditions and input parameters. Through multiple computations one can choose optimal decisions under different criteria, say, to minimize energy consumption or time of leaching.

References

1. Каратыгин Е. П., Кубланов А. В., Пустыльников Л. М., Чанцев В. П., 1994. *Подземное растворение соляных залежей*. – С. Петербург: Гидрометеиздат.
2. Кочин Н.Е., Кибель И.А., Розе Н.Ф., 1963. *Теоретическая гидромеханика*. Т. I, II. - М: Гостехиздат.
3. Амосов А. А., Дубинский Ю. А., Копченова Н. В., 1994. *Вычислительные методы для инженеров*. – М: "Высшая школа".

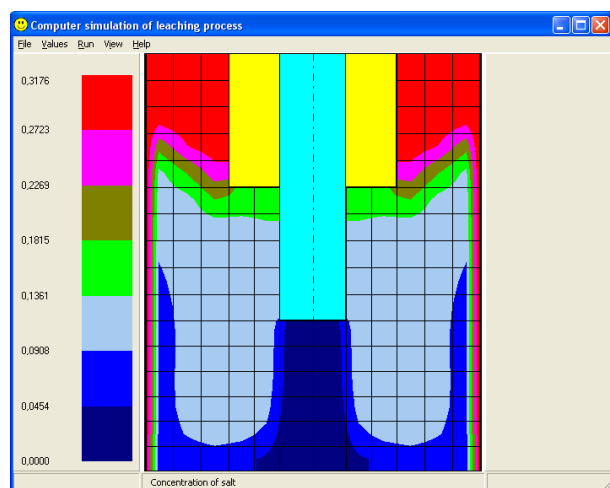


Fig. 4. Field of salt concentration, direct circulation, initial stage

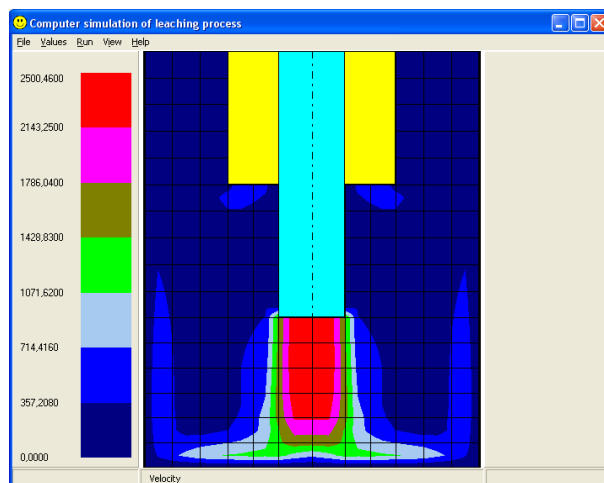


Fig. 5. Field of brine velocities, direct circulation, initial stage

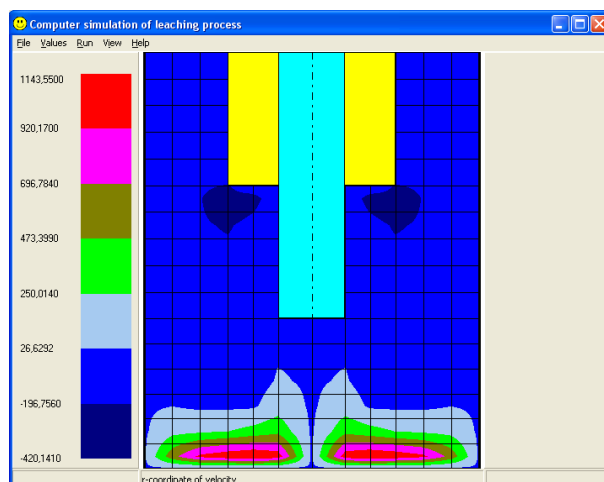


Fig. 6. Field of r-component of brine velocities, direct circulation, initial stage

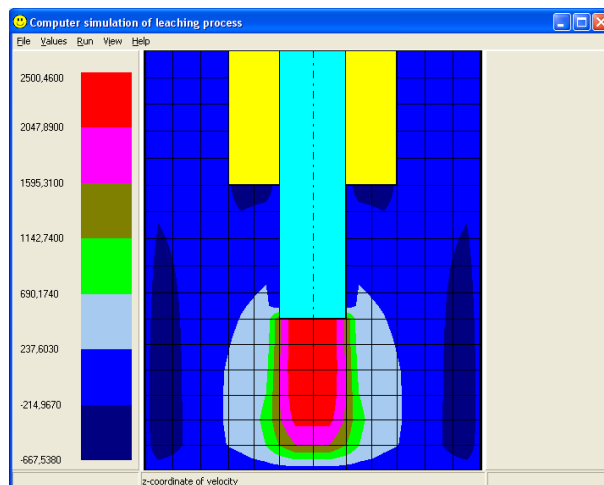


Fig. 7. Field of z-component of brine velocities, direct circulation, initial stage

Recommended for publication by the Editorial board

ГЕОМЕТРИЯ НА ОТКРИТИТЕ ПРОСТРАНСТВА КАТО ФАКТОР ЗА ОЦЕНКА НА ЕФЕКТИВНОСТТА НА ДОБИВНИТЕ ТЕХНОЛОГИИ

Георги Михайлов

Минно-геоложки университет "Св.Иван Рилски", 1700 София

РЕЗЮМЕ. Представен е количествен показател за оценка на откритите добивни пространства – хидравличният радиус (HR). Предложен е методичен подход за определяне на големината на откритите добивни пространства чрез хидравличния радиус HR и модула, характеризиращ устойчивостта на масива Mo. Изведени са аналитични зависимости за конкретни условия при системите със запълване и открито добивно пространство.

GEOMETRY TO THE OPEN STOPES AS A FACTOR FOR THE EFFICIENCY'S ASSESSMENT OF THE MINING TECHNOLOGIES

Georgi Mihaylov

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", Sofia 1700

ABSTRACT. The hydraulic radius (HR) is presented as a quantitative index for the assessment of open stopes. A methodology is proposed for determining the size of open stopes by the hydraulic radius and the module characterizing the rock mass stability Mo. Analytical dependences have been derived for the particular conditions in open stoping-and-filling methods.

Въведение

Технологиите със запълване на добивното пространство намират широко приложение в съвременната практика. Изземването на рудата в добивния блок се извършва на ленти или се използват подетажни изработки. При разработване на щокове, представени от средно устойчиви и устойчиви руди, се прилага камерно-целикова система (КЦС). Високопроизводителната механизация влиза в конфликт с устойчивостта на рудата и страничните скали, тъй като не винаги могат да се оформят открити пространства с размери, съответстващи на безопасните условия на труд. Изборът на оптималните размери на добиваните пространства в съвременния етап на развитие, когато на пазара се предлага широка гама пробивна и товаро-транспортна техника, се превръща в особено актуален проблем.

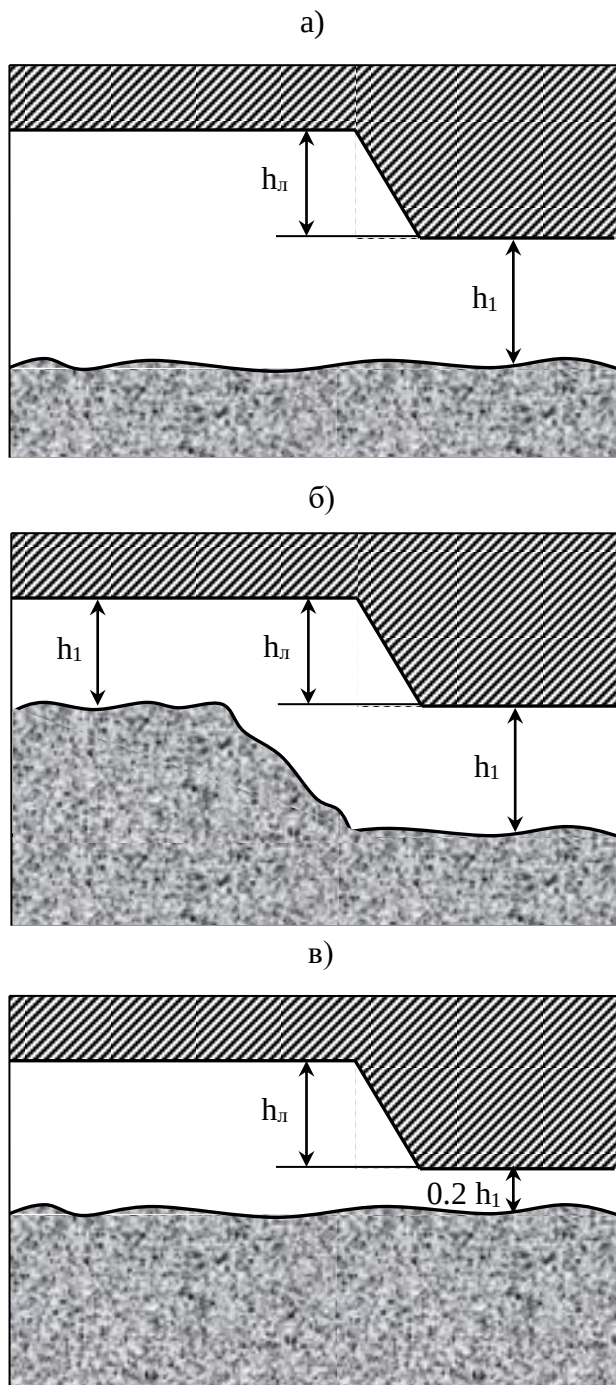
Схеми на работа в добивния забой при технология със запълване на добивното пространство

Най-големи възможности за прилагане на високопроизводителна механизация имат камерно-целиковите системи (КЦС). Ако трите размера на камерата са ширина – $A_{кам}$, дължина $D_{кам}$, височина $H_{кам}$, то в зависимост от устойчивостта на рудата ще се определя геометрията на добивните пространства. Подходящ критерий за сравняване, анализ и оценка е хидравличният

радиус HR, който при така представените означения се изразява с отношението

$$HR = \frac{H_{кам} D_{кам}}{2(H_{кам} + D_{кам})}$$

При технологиите със запълване на добивното пространство и изземване на ленти основен конструктивен параметър е височината на лентата h_l , която е еквивалентна на височината на стъпалото. На фиг.1 са показани три възможни конфигурации на експлоатационната лента при разработване на стръмно-западаща рудна жила. Случаят "а" съответства на последователното извършване на отбиване на рудата и запълване на експлоатационната лента. Условно този случай нека да се нарече (h_1/h_1+h_l) , където h_1 е необходимата височина за нормално функциониране на добивната механизация (самоходни пробивни карети, товаро-транспортни машини и пр.). Случаят "б" съответства на едновременно извършване на отбиване на рудата и запълване на добивното пространство. Условно този случай нека да се нарече (h_1/h_1) . За да се осигури необходимият отстъп между отбиването и доставката на рудата от една страна и запълването на добивното пространство от друга, е необходимо блоковете да бъдат със значителни размери. За това много често в практиката се използват варианти, при които едно рудно тяло представлява един добивен блок. За случаите "а" и "б" е характерно, че доставката на рудата се извършва на преден рудоспуск, с което се осигурява максимална



Фиг. 1. Варианти за изземване на експлоатационната лента при технология със запълване на добивното пространство

съвместимост на производствените процеси в добивния забой. Принципната схема на добивен блок, съответстващ на случаите "а" и "б" (вж. фиг.1) при възходящ ред на изземване е показана на фиг. 2а. Добивният блок се разделя на няколко сектора чрез прокарване на блокови комини. Аналогично на тях в запълненото пространство се изграждат рудоспусъците. Обемът на подготвително-нарезните работи нараства, но заедно с това се увеличава производителността на блока, с което в крайна сметка се постига по-голяма ефективност на разработването. Случаят показан на фиг.1в съответства на изземване на експлоатационната лента при условие, че между рудата и запълнението се оставя минимално разстояние. То се

използва за проветряване на блока и за аварийни нужди. Условно този случай нека да се нарече $(0,2h_n/1,2h_n)$. Схемата се прилага при средно-устойчиви до неустойчиви масиви. Тя се съпровожда със закрепване на призабойното пространство. Съвместяване на двата процеса – отбиване на рудата и запълване на добивното пространство е невъзможно. Доставка на рудата се извършва на заден рудоспусък, който обикновено се комбинира с пътеходно отделение. В зависимост от размерите на рудната жила: дебелина, дължина по линията на западане и разпространение се оформят два типа добивни блока: с един рудоспусък и два блокови комини – фиг.2б или два рудоспусъка и един блоков комин – фиг.2в.

При разработване на средно устойчиви до устойчиви рудни тела се използва вариант на системата със запълване и отбиване на рудата от подетажни изработки – фиг.3. Във зависимост от степента на изменчивост на елементите на залягане и най-вече на дебелината на рудното тяло, се избира височината на подетажа h_{ne} . Вариантът е особено ефективен при използване на сух скален материал за запълване, който се осигурява от прокарването на скалните подготвителни изработки в рудника.

Същност на хидравличния радиус (HR) като показател за оценка на откритите добивни пространства

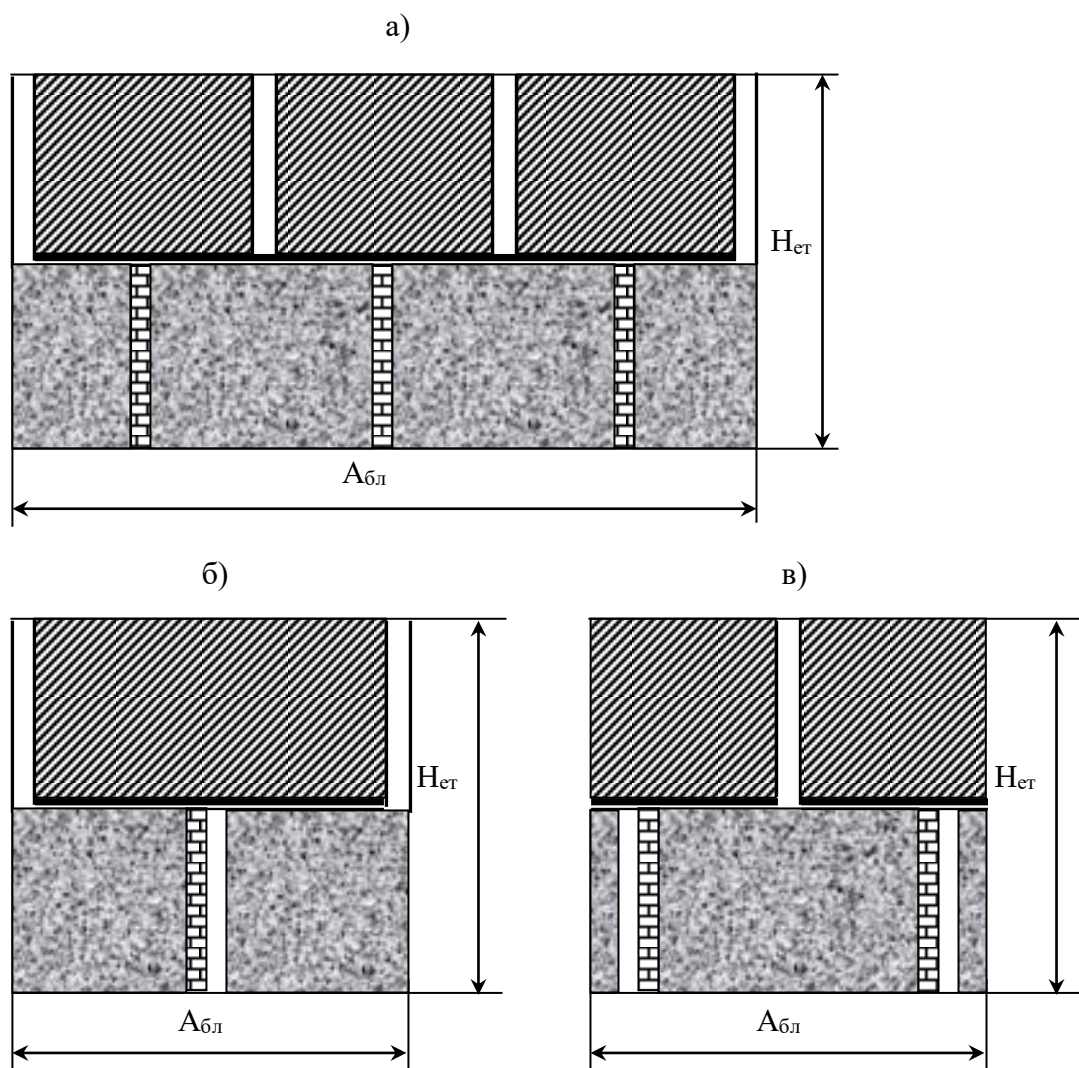
Посочените общо 5 случая на разработване на рудни тела показват, че в зависимост от устойчивостта на рудата и страничните скали се избират конкретните геометрични размери на камерите или експлоатационните ленти. За нуждите на анализа и оценката на възможните варианти като своеобразен критерий е целесъобразно да се използва хидравличният радиус (HR). В конкретния случай се предлага да се разшири областта на неговото приложение и при използване на схеми с изземване на ленти или подетажи.

От принципната схема на формиращите открити пространства при прилагане на технология със запълване и отбиване на рудата от подетажни изработки (вж. фиг.3) се установява, че обект на изследване ще бъде заштрихованата площ, представена като полигон AKLGFEDCB. Следвайки формулировката, че

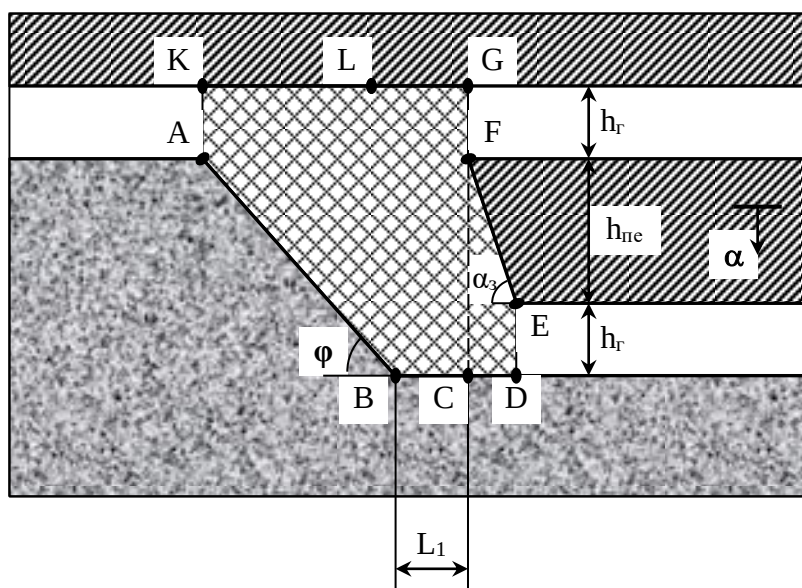
$HR = \frac{\text{площта}(S)}{\text{периметър}(P)}$, след несложни тригонометрични преобразования се извеждат изразите за S и P

$$S = 0.5 \{ h_{ne} \cot g \varphi (2h_c + h_{ne}) + (h_{ne} + h_c) [2L_1 + (h_{ne} - h_c) \cot g \alpha_3] \} \quad (1)$$

$$P = 3h_c + 2L_1 + h_{ne} \cot g \frac{\varphi}{2} + (h_{ne} - h_c) \cot g \frac{\alpha_3}{2} \quad (2)$$



Фиг.2. Принципно схема на добивен блок при изземване на рудата със запълване на добивното пространство



Фиг.3. Изчислителна схема за определяне на откритото пространство при изземване на подетажи

$$HR_{(ne)} = 0.5 \frac{\{h_{ne} \operatorname{ctg} \varphi (2h_h + h_{ne}) + (h_{ne} + h_z) [2L_1 + (h_{ne} - h_z) \operatorname{ctg} \alpha_3]\}}{3h_z + 2L_1 + h_{ne} \operatorname{ctg} \frac{\varphi}{2} + (h_{ne} - h_z) \operatorname{ctg} \frac{\alpha_3}{2}} \quad (3)$$

където h_r е височината на подетажната галерия;
 h_{ne} - височината на подетажа;
 L_1 - технологичното разстояние между горния ръб на стъпалото и долния ръб на откоса на запълване;
 α_3 - ъгълът на наклона на стъпалото;
 φ - ъгълът на естествения откос при запълване на добивното пространство;
 α - ъгълът на наклона на рудната жила.

На фиг.4 е показана принципна схема на формиращото се открито пространство при варианта изземване на ленти по формулата h_1/h_1 (вж. фиг.16). Използва се аналогичен подход на HR. Площта S и периметърът P на полигона AKELGDCB се определят след несложни тригонометрични преобразования:

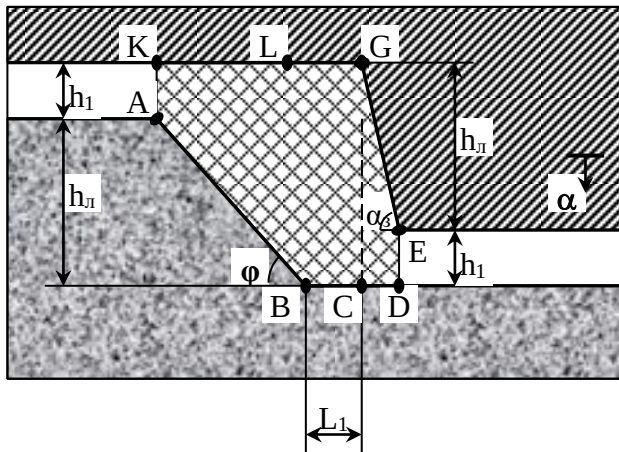
$$S = (\cot g \varphi + \cot g \alpha_3) (h_1 h_{\text{л}} + 0.5 h_{\text{л}}^2) + L_1 (h_1 + h_{\text{л}}) \quad (4)$$

$$P = 2(h_1 + L_1) + h_{\text{л}} \left(\cot g \frac{\varphi}{2} + \cot g \frac{\alpha_3}{2} \right) \quad (5)$$

$$HR_{(h_1/h_1)} = \frac{(\operatorname{ctg} \varphi + \operatorname{ctg} \alpha_3) (h_1 h_{\text{л}} + 0.5 h_{\text{л}}^2) + (h_1 + h_{\text{л}}) L_1}{2(h_1 + L_1) + h_{\text{л}} \left(\operatorname{ctg} \frac{\varphi}{2} + \operatorname{ctg} \frac{\alpha_3}{2} \right)} \quad (6)$$

където h_1 е височината на добивното пространство, осигуряваща нормална експлоатация на механизацията;
 $h_{\text{л}}$ - височината на изземваната лента.

Останалите означения са същите както във формула (3).



Фиг. 4. Изчислителна схема за определяне на откритото пространство при изземване на ленти по формулата: h_1/h_1

Изразите (3) и (6) показват, че HR се намира във функционална зависимост от три аргумента: h_{ne} , h_r , L_1 (при изземване на подетажи) и $h_{\text{л}}$, h_1 , L_1 – при изземване по формулата ($h_{\text{л}}/h_1$). Ако се приеме, че ъглите α_3 и φ са постоянни величини, то горните изрази могат да се представят в по-общ вид, въвеждайки подходящи коефициенти.

$$HR_{(ne)} = \frac{a_1 h_{ne}^2 + a_2 h_{ne} h_z + a_3 h_z^2 + a_4 h_z L_1 + a_5 h_{ne} L_1}{b_1 h_z + b_2 h_{ne} + b_3 L_1} \quad (7)$$

$$HR_{(h_1/h_1)} = \frac{c_1 h_{\text{л}}^2 + c_2 h_{\text{л}} h_1 + c_3 L_1 h_1 + c_4 h_{\text{л}} L_1}{d_1 h_1 + d_2 h_{\text{л}} + d_3 L_1} \quad (8)$$

където $a_1, a_2, \dots, a_5$; b_1, b_2, b_3 ; $c_1, c_2, \dots, c_4$; d_1, d_2, d_3 са коефициенти при условие, че $\varphi = \text{const}$ и $\alpha_3 = \text{const}$.

За нуждите на изследователския процес не е подходящо използването на три аргумента в изразите (7) и (8). Целесъобразно е да се елиминира технологичното разстояние L_1 , тъй като то пряко зависи от избора на паспорт на ПВР и схемата за товарене и доставка на рудата. Освен това подходящо е да се намали степенният показател на функциите. За целта се използват субституциите:

$$K_1 = \frac{h_{ne}}{L_1}; \quad K_2 = \frac{h_z}{L_1}; \quad K_3 = \frac{h_{\text{л}}}{L_1}; \quad K_4 = \frac{h_1}{L_1}.$$

Това довежда до значително опростяване на изразите (7) и (8):

$$HR_{(ne)} = \frac{a_1 h_{ne} K_1 + a_2 K_1 h_z + a_3 K_2 h_z + a_4 h_z + a_5 h_{ne}}{b_1 K_2 + b_2 K_1 + b_3} \quad (9)$$

$$HR_{(h_1/h_1)} = \frac{c_1 K_3 h_{\text{л}} + c_2 K_3 h_1 + c_3 h_1 + c_4 h_{\text{л}}}{d_1 K_4 + d_2 K_3 + d_3} \quad (10)$$

Безразмерните величини K_1, K_2, K_3, K_4 дават възможност да се запише

$$HR_{(ne)} = \frac{A_1 h_{ne} + A_2 h_z + A_3 h_z + A_4 h_z + A_5 h_{ne}}{C_1} \quad (11)$$

$$HR_{(h_1/h_1)} = \frac{B_1 h_{\text{л}} + B_2 h_1 + B_3 h_1 + B_4 h_{\text{л}}}{C_2} \quad (12)$$

където $A_1 = a_1 K_1$; $A_2 = a_2 K_1$; $A_3 = a_3 K_2$;
 $C_1 = b_1 K_2 + b_2 K_1 + b_3$;
 $B_1 = c_1 K_3$; $B_2 = c_2 K_3$;

$$C_2 = d_1 K_4 + d_2 K_3 + d_1 .$$

Ако в (11) и (12) се приеме

$$D_1 = A_1 + a_5 ; D_2 = A_2 + A_3 + a_4 ;$$

$$D_3 = B_1 + c_4 ; D_4 = B_2 + c_3 ;$$

окончателно се получава

$$HR_{(ne)} = \frac{D_1 h_{ne} + D_2 h_e}{C_1} \quad (13)$$

$$HR_{(h_1/h_1)} = \frac{D_3 h_{_l} + D_4 h_1}{C_2} \quad (14)$$

Изразите (13) и (14) показват линейния характер на функционалната зависимост между HR и геометричните параметри h_{ne} и h_e от една страна и h_l и h_1 от друга. Въз основа на наличната механизация, избраната схема за отбиване на рудата и нейната доставка се формират множеството варианти, които са обект на анализ в следващите стъпки на процедурата.

При изземване на експлоатационната лента по формулата $0,2h_l/1,2h_n$ (вж. фиг.1в) определянето на хидравличния радиус HR може да се разгледа като частен случай на общоприетата процедура. Площта S и периметърът P ще зависят от дължината на блока $A_{\text{бл}}$, а тя от своя страна като основен конструктивен елемент не е постоянна величина. Тогава граничната стойност на хидравличния радиус ще се определи съгласно условието:

$$\langle HR \rangle = \lim_{A_{\text{бл}} \rightarrow \infty} \frac{A_{\text{бл}} h_{_l}}{2(A_{\text{бл}} + h_{_l})} = 1$$

$$A_{\text{бл}} \rightarrow \infty$$

Графоаналитичен метод за формиране на варианти на технологични решения

Практиката показва, че добивните технологии със запълване намират приложение в много широк диапазон на изменение на устойчивостта на масива. От тази гледна точка възниква въпросът каква да бъде функционалната зависимост между HR и устойчивостта на рудата и страничните скали? Посочените примерни схеми за изземване на ленти и подетажи, както и данните за прилагане на КЦС показват, че параметърът $[Mo]$, характеризиращ устойчивостта на масива, много-добре корелира с HR . На фиг.5 е показана зависимостта $HR = F([Mo])$ въз основа на данни от практиката на рудник „Челопеч“, БММ – рудник „Върли бряг“, БММ – рудник „Меден рид“, рудник „Чала“. Тя дава възможност да се определи долната граница на приложимост на последователно разглежданите варианти на изземване (на ленти и подетажи) по фактор устойчивост на рудата $[Mo]$,

Посочена е и зоната на приложимост на камерните системи без да се прави анализ на техните геометрични параметри. От друга страна изведените зависимости между HR и геометричните параметри h_{ne} и h_n $HR = f_1(h_{ne})$; $HR = f_2(h_{_l})$ -по формулата h_1/h_1 ; $HR = f_3(h_{_l})$ - по формулата (h_1/h_1+h_n) , където $L_{\text{дост}}$ е актуалният параметър, дават възможност да се определи границата на оптималните решения по фактор (HR).

Налице е графоаналитичен метод за избор на начин за изземване при използване на технология със запълване. Ако в 60-те и 80-те години на миналия век, изземването на ленти в добивния блок е нямало алтернатива, в съвременни условия прилагането на високопроизводителна механизация в добивния забой предоставя широки възможности – включително изземване на подетажи.

Предлаганият подход е съчетание на неуправляеми природни показатели (в случая устойчивостта на масива $[Mo]$ и управляемите фактори – геометричните характеристики на добивните пространства, чието изменение (в определени граници) е източник на множество варианти. Графоаналитичният метод има своите направления за по-нататъшно усъвършенстване.

– Устойчивостта на масива $[Mo]$ може да се превърне в управляем параметър, чрез използване на подходящ начин за закрепване на призабойното пространство (анкерирание на тавана, страничните стени и пр.).

– Възможно е известно препокриване на зоните на оптималните решения (А, В, С) заради изменчивостта на природните условия.

И в двата случая изборът на окончателния вариант следва да се извършва въз основа на технико-икономически анализ.

Заклучение

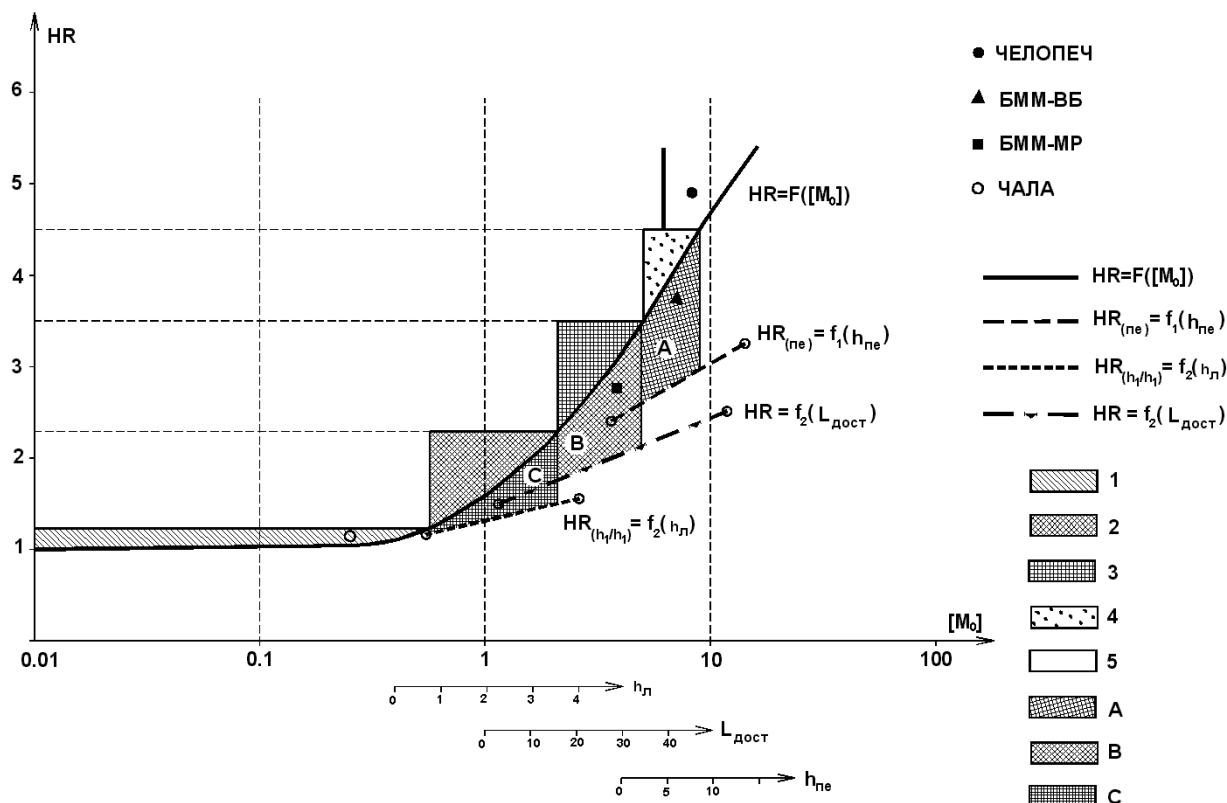
В съвременните условия, благодарение на високопроизводителната механизация, значително се разширява областта на приложение на добивните технологии със запълване. Формира се множество варианти с различни геометрични параметри на откритите пространства, даващо основание да се направят следните изводи:

1. Технологиите със запълване на добивното пространство могат да формират множество варианти в зависимост от два взаимодопълващи се признака: начин на изземване на експлоатационните ленти и конструкция на добивния блок в зависимост от начина на доставка на рудата.
2. Хидравличният радиус (HR) като критерий за оценка на геометрията на откритото пространство може да се използва не само при камерните системи, но и при изземване на ленти и подетажи.
3. Изведени са аналитични зависимости между HR и геометричните характеристики на добивната технология, благодарение на което всеки вариант се идентифицира напълно еднозначно.

4. Доказано е, че граничната стойност на хидравличния радиус (HR) клони към 1, въз основа на което се дефинира областта на изследване на функциите, отнасящи се до вариантите «изземване на ленти».

5. Решаващ фактор за избора на оптимално решение е зависимостта $HR=F([Mo])$. В конкретния случай тя е изведена въз основа на данни за устойчивостта на масива $[Mo]$ в четири рудодобивни предприятия.

6. Разработен е графоаналитичен метод за определяне на зоните на оптималност. Той включва три стъпки: извеждане на зависимостта $HR=F([Mo])$; избор на базови варианти за изземване (на ленти, подетажи, камери); определяне на зоната на оптималност чрез функционалните зависимости между хидравличния радиус HR и геометричните параметри на добивните блокове.



Фиг.5. Функционални зависимости между HR, $[Mo]$ и геометричните параметри $h_{не}$ и h_n

Предлаганият подход и по-конкретно графоаналитичният метод за оценка на влиянието на технологичните варианти има своите продължения за усъвършенстване. Те се основават на изграждане на базовата зависимост

$HR=F([Mo])$, валидна за всички подземни рудодобивни предприятия, както и на необходимостта от по-дълбок анализ в случаите, когато зоните на оптималност се припокриват.

Препоръчана за публикуване от
Катедра "Подземно разработване на полезни изкопаеми", МТФ

ИЗСЛЕДВАНЕ НА БЕЗОПАСНОТО РАЗСТОЯНИЕ НА РАЗТОВАРВАНЕ НА САМОСВАЛИТЕ ПРИ ИЗГРАЖДАНЕ НА БУЛДОЗЕРНИ НАСИПИЩА

Евгения Александрова

Минно-геоложки университет "Св.Иван Рилски", 1700 София

РЕЗЮМЕ. Предложена е методика за изчисляване на безопасното разстояние на разтоварване на самосвалите при изграждане на булдозерни насипища. Тя се базира на решаване на обемната задача за оценка на устойчивостта на отделно насипищно стъпало с или без въздействието на външен товар. Методиката е апробирана за условията на изграждане на вътрешните насипища в рудник "Станянци" като е извършен съпоставителен анализ с резултатите, получени за оценка на устойчивостта по метода на Фисенко.

INVESTIGATION OF THE SAFETY DISTANCE OF UNLOAD OF THE CAMIONBY A CONSTRUCTION OF THE BOULDOZER EMBANKMENTS

Evgenia Alexandrova

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", Sofia 1700

ABSTRACT. It is propose a method of the safety distance of unload by construction of bulldozer embankments. That is connected with calculation of the volume tasks to assessment of the stability of a embankment stage with or with outside load. The method is exercised for mine "Stanianci". It is make with the method of Fisenko.

Върху устойчивостта на насипищата оказват влияние якостта на скалите в основата и физико-механичните свойства на материалите, които се насипват. Носещата способност на основата на насипището се отчита в процеса на проектиране по данни от предварителното инженерногеолошко проучване. По-сложно се решава задачата за устойчивостта на насипища, състоящи се от разнородни материали. Промяната на състава на насипищата се дължи на различния ред на изземването на откривните хоризонти в рудника, използваната система на разработване, геоложкия строеж на находището и др.

В процеса на транспортиране степента на разбухване на материала намалява за сметка на раздробяване на скалните частици от вибрациите на транспортните средства (ГТЛ, жп транспорт, автосамосвали) по време на движение, претоварването на материала и т.н. При транспортирането на материалите във вагони, раздробяването е в по-малко, отколкото при конвейерния транспорт. Този процес се наблюдава главно при скали, съдържащи глинеста фракция.

Съществува голямо разнообразие в методите за оценка на устойчивостта на насипищните откоси. Те се различават по точността и броя на условията и факторите, от които зависи устойчивостта. По тази причина изборът на достоверна схема за моделиране на деформационния процес и свързаните с него технологични параметри за устойчив насипищен откос представлява трудност.

Характерно за насипищата в рудник "Станянци" е тяхната малка височина ($h=4-12$ m) и ъгъл на откоса ($\beta=38$

- 40°), поради много ниските якостни показатели на литоложките разновидности от откривката, които се вграждат в тях.

Проверката на устойчивостта е извършена за отделно стъпало с височина $h=12$ m и ъгъл на откоса $\beta=40^\circ$ по метода на Фисенко (1965).

Литоложките разновидности, които се насипват са представени от плиоценски надвъглищни глини, делувиялни отложения и сивозелени глини. Якостните им показатели са посочени в таблица 1 по данни от рудника.

Таблица 1

Физични свойства и якостни показатели на насипищните материали

№	Показатели	Мярка	Стойност
1	Обемно тегло	kN/m ³	18
2	Кохезия	kN/m ²	1,2
3	Ъгъл на вътрешно триене	...°	3

Въз основа на данните от таблица 1 и геометричните параметри на насипищното стъпало е определена устойчивостта на насипищния откос по метода на Фисенко. Използвана е изчислителна програма PRIZMA (разработена в МГУ "Св.Иван Рилски") за изчисляване на коефициента на устойчивост.

Установява се, че при решаването на равнинната задача безопасното разстояние на разтоварване на самосвалите в насипището е осигурено дори и при 1 m

разстояние от горния ръб на откоса. Потвърждение на това са и получените резултати в таблица 2 с компютърна програма PRIZMA.

Таблица 2

Коефициенти на устойчивост при различно разстояние на разтоварване

№	Разстояние на разтоварване, m	Коефициент на устойчивост
1	1	1,22
2	2	1,16
3	3	1,13
4	4	1,11
5	5	1,11

Често пъти обаче при изграждането на булдозерни насипища на практика възникват проблеми при разтоварване на самосвала - свличане на самосвала, подхлъзване и др. Това се дължи на възникването на деформационни процеси в насипищното стъпало, което е изградено от различни скални материали и върху слаба основа. Освен това при метода Фисенко не се отчитат допълнителните натоварвания от насипищната и транспортната механизация. Съгласно съществуващия Правилник за безопасност на труда, безопасното разстояние на разтоварване трябва да бъде минимум 3 m.

Съществуващите методи за изчисляване на безопасните параметри на призмата на възможното обрушаване се основават на методите за избор на потенциална плъзгателна повърхнина чрез решаването на равнинна задача. За да се получат по-достоверни резултати за коефициентът на устойчивост (F) е необходимо да се приложи Теорията на еластичността, която ще позволи решаване на обемната задача и с отчитане на вертикален товар от самосвала при разтоварване.

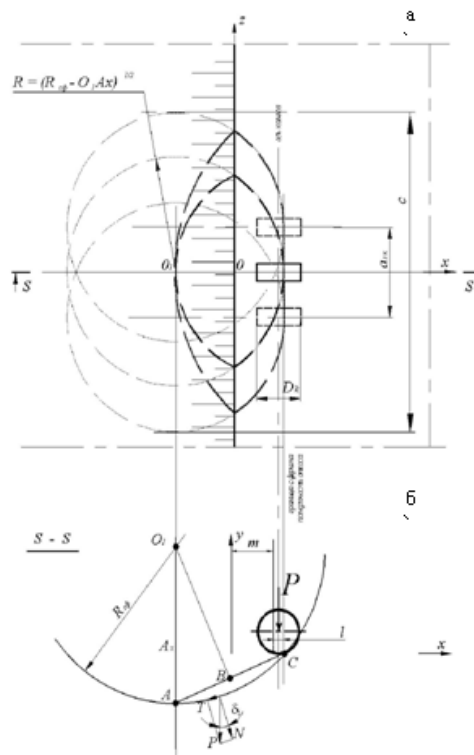
В повечето случаи, допълнителното натоварване води до изменение на нормалните и на тангенциалните компоненти на теглото (P_i). Възможно е частично нарушаване на устойчивостта на натоварения откос. Обикновено стойностите на P_i не са големи и не оказват съществено влияние. Допълнителното натоварване трябва да се отчита само при стабилитета на стъпалата, а не на насипището като цяло.

Напрегнатото деформирано състояние в горния ръб на насипищния откос, където е приложено външно натоварване от самосвала, предавано на автомобилните гуми (P), се изчислява с използването на метода на граничните интегрални уравнения (ГИУ) по схемата, посочена на фигура 1 (Бенерджи и др., 1984). Допуска се, че в изследваната област е приложена силата на тежестта от самосвала.

При въздействието на външно вертикално натоварване от транспортни или други машини, приложено на разстояние m от горния ръб на откоса на площадка с дължина l, картината на разпределение на напреженията в областта на действие на силите рязко се променя. Изолините на вертикалните напрежения, следвайки класическата задача за въздействието на единична сила на полуплоскост, по линията на центъра на приложената сила се премества към повърхността на откоса, и нейната

концентрация значително нараства (около 10 пъти). Концентрацията на изолините на хоризонталните напрежения също нарастват по линията на приложението на вертикалното натоварване, но незначително (около $1,5 \div 2,0$ пъти), а тангенциалните напрежения се преместват близо до повърхността към вертикалната линия на приложението а натоварването.

На фигура 1 правата O_1A е нормалата към хоризонталната повърхност на насипа, преминаваща през т.А. Координатите на т.С се получават след като се определят границите на приложението на вертикалния товар на повърхността на откоса: $C_x = m+0,5l$; $C_y = 0$. След това от точка В - средата на отсечката AC се издига перпендикуляр до пресичането му правата O_1A . Точката на пресичане е центърът на търсената окръжност.



Фиг.1 Схемa на напрегнатото деформирано състояние в горния ръб на насипищния откос при въздействието на външен товар а) в план; б) профил S-S; D_k - диаметър на колелетата; P - натоварване върху оста на колелото; l - дължина на контакта на колелетата с насипа; m - широчина на безопасната площадка, $a_{z,k}$ - широчина на самосвала по задните гуми

При въздействието върху насипищната повърхност на едно колело върху нея се образува концентрична пукнатина, радиусът на която е A_kC (фиг.1, а). По този начин се формира плъзгателната повърхнина със сферична форма и с център т.О₁ и радиус O_1A . При действието на две колела върху насипищния откос, повърхнината на плъзгане се формира с формата на изтеглена елипсоида по дължината на оста Z. Максималната ос на елипсоида е $c=2A_kD+a_{z,k}$, където $a_{z,k}$ е широчината на самосвала, мерена по задните колела.

По описания по-горе алгоритъм се формира плъзгателната повърхнина при въздействието на едно колело - по сферична повърхнина и при въздействието на две колела - елипсоидна повърхнина.

След това се определят нормалната N и хоризонталната T съставни компоненти на сферичния или елипсоидния сегмент, ограничен от плъзгателната повърхнина, наклонената и хоризонталната насипищни повърхнини по изразите:

$$N = \gamma \int_{-R_0}^{-Y_0} \left\{ \int_{\frac{X_0(y+R_0)}{Y_0+R_0}}^{\sqrt{R_0^2-y^2}} \varphi(x, y) \cos \left(\arcsin \frac{x}{R_0} \right) dx \right\} dy; \quad (1)$$

$$T = \gamma \int_{-R_0}^{-Y_0} \left\{ \int_{\frac{X_0(y+R_0)}{Y_0+R_0}}^{\sqrt{R_0^2-y^2}} \varphi(x, y) \sin \left(\arcsin \frac{x}{R_0} \right) dx \right\} dy \quad (2)$$

където: X_0, Y_0 са координатите на центъра на сферата или елипсоида; R_0 – радиусът на сферата или елипсоида в равнината $Z=0$;

- подинтегрален израз за сферата

$$\varphi(x, y) = \sqrt{R_0^2 - x^2 - y^2}; \quad (3)$$

- подинтегрален израз за елипсоида

$$\varphi(x, y) = c \sqrt{1 - \frac{x^2}{R_0^2} - \frac{y^2}{R_0^2}}; \quad (4)$$

Методиката за определяне на безопасното разстояние на разтоварване при изграждане на булдозерно насипище в условията на рудник "Станянци" ще бъде приложена при извозване на откритката с самосвали тип Татра-815.

По-долу е дадено изчислението на безопасните параметри на разтоварване при разтоварване на самосвал тип Татра-815. Диаметърът на гумите 12.00-20 на самосвала е $D_K=1287$ mm; $a_{3,K}=1774$ mm.

Съгласно препоръките на производителя при изчисляване на натоварването е прието, че 66,4% от масата на натоварения самосвал се падат на задната ос на колелетата. При максимално тегло на самосвала $G = 330$ kN, натоварването на задното колело е $P_3=110$ kN, а относителното натоварване при широчина на самосвала мерена по задните гуми $B=3920$ mm и дължина на площадката на контакта $l=1,0$ m е равно на $P=73,3$ kN/m².

Въз основа на изходните данни и схемата на фигура 1 е извършено построение на напрегнатото деформирано състояние в горния ръб на насипищния откос при въздействието на външен товар P при различни стойности на разстоянието на разтоварване (m). По графичен път са отчетени координатите на точката $O_1 (X_0; Y_0)$ - център на сферичната или елипсоидната повърхнина на плъзгане и стойностите на R_0 - радиусът на сферата, m и дължината на повърхнината на плъзгане L (табл.3).

Таблица 3

Координати на точката O_1 и стойности на R_0 и L

Разстояние на разтоварване, m	O_1		R_0, m	L, m
	X_0, m	Y_0, m		
m=1,0 m	-15,1	7,2	17,7	21,6
m=3,0 m	-15,1	9,1	20,8	23,6
m=5,0 m	-15,1	13,0	24,8	25,7

Препоръчана за публикуване от
Катедра "Открито разработване на полезни изкопаеми и взривни работи", МТФ

Нормалната N и хоризонталната T съставни компоненти на сферичния и елипсоидния сегмент, ограничен от плъзгателната повърхнина, наклонената и хоризонталната насипищни повърхнини по изразите (1) и (2) се изчисляват с помощта на математическа програма Mathcad 14.0.

Коефициентът на устойчивост е определен по потенциалната повърхнина на плъзгане с отчитане на външния товар P.

$$F = \frac{(N + P \cos \varphi) \tan \varphi + cL}{T + P \sin \varphi} \quad (5)$$

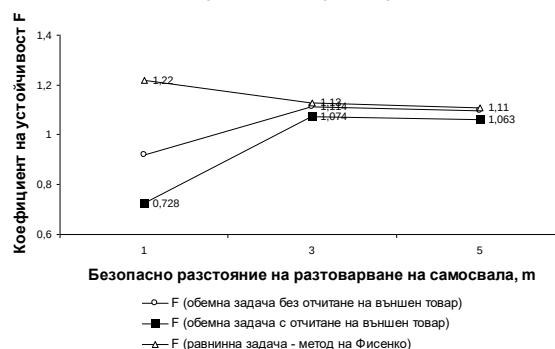
В таблица 4 и на фигура 2 са посочени стойностите на коефициента на устойчивост при решаване на равнината и обемната задача без и с отчитане на външен товар.

Таблица 4

Стойности на коефициента на устойчивост при решаване на равнина и обемна задача без и с отчитане на външен товар

	F (обемна задача)		F (равнинна задача)
	без отчитане на външен товар	с отчитане на външен товар	
m=1,0 m	0,919	0,728	1,22
m=3,0 m	1,110	1,074	1,13
m=5,0 m	1,114	1,063	1,11

Връзка между коефициента на устойчивост F и безопасното разстояние на разтоварване m



Фиг. 2.

По този начин, изчисленията са извършени под действието на обемни сили и външно натоварване върху насипищното стъпало като по този начин се отчита обемния фактор. Това позволява достоверно да се изчисли коефициента на устойчивост и да се определят безопасното разстояние на разтоварване на самосвалите. От фигура 2 се вижда, че за условията на изграждането на вътрешните насипища в рудник "Станянци" е целесъобразно самосвалите да се разтоварват на минимум 5 m разстояние от горния ръб на откоса на стъпалото.

Литература

- Фисенко Г.Л. 1965. Устойчивость бортов карьеров и отвалов. – М. Недра.
Бенерджи П., Баттерфилд Р. 1984. Метод граничных элементов в прикладных науках. – М.: Мир.

ИЗПОЛЗВАНЕ НА ИЗНОСОУСТОЙЧИВИ ЕЛЕМЕНТИ И КОНСТРУИРАНЕ НА НОВИ ЗЪБИ ЗА КОШОВ ЗАГРЕБВАЩ ОРГАН ПРИ ЧЕЛНО ИЗТОЧВАНЕ

Димитър Анастасов

Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София, e-mail: danast@mgu.bg

РЕЗЮМЕ. Важен фактор за износоустойчивостта на загребващия орган при системи с челно източване се явява абразивността на отбитата руда. Като се акцентира на местата на „шок-блоковете“ на загребващия орган според фирма „SanRock“ – Швеция и съществуващи 124 вида зъби на фирми „SanRock“ и „Електростомана“ ЕАД в настоящата статия се разглежда конструкцията на 5 вида нови зъби за кошов загребващ орган, предложени от автора. На основа на предложението е показано как ще се формират съставните елипсоиди на източване и преместването на зоната на рудния поток откъм отбитата руда.

USING WEAR RESISTANT ELEMENTS AND CONSTRUCTING NEW TOOTH TYPES FOR BUCKET SCOOP BODY APPLIED IN FRONT DRAW

Dimitar Anastasov

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, e-mail: danast@mgu.bg

ABSTRACT. Very important factor for the wear resistance of the scoop body used in front draw systems is the abrasiveness of the blasted ore. Taking in account the locations of the scoop body's "shock-blocks" according "SanRock" Corporation – Sweden and considering the existing 124 tooth types produced by "SanRock" and "Elektrostomana" PLC corporations the author of the article analyses and proposes 5 new tooth types for bucket scoop body. Based on the proposed he shows how to shape up the composite draw ellipsoids and the shifting of the ore stream zone from the blasted ore.

Постановка на въпроса

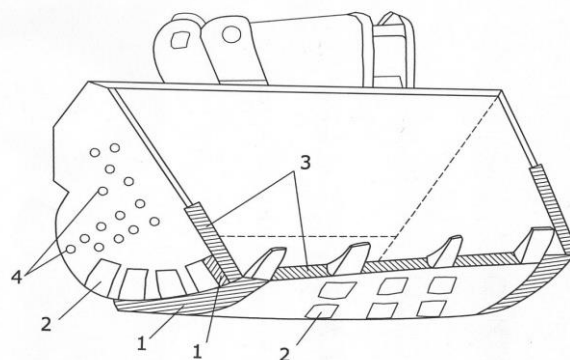
Както е известно от практиката на приложение на системите с челно източване важен фактор за износоустойчивостта на загребващия кош оказва абразивността на отбитата руда.

Имайки предвид цикличността на процеса товарене и източване на рудата се налага преглед на решенията за формиране зоната на рудния поток при ъгъл на естествения откос φ и ъгъл на изтичането $45 + \frac{\varphi}{2}$.

Тези изисквания налагат изследване конфигурацията на загребващия орган и предпазването му от абразивността на рудата (1).

В това отношение минната наука и практика предлагат следните решения, които са показани на фигура 1:

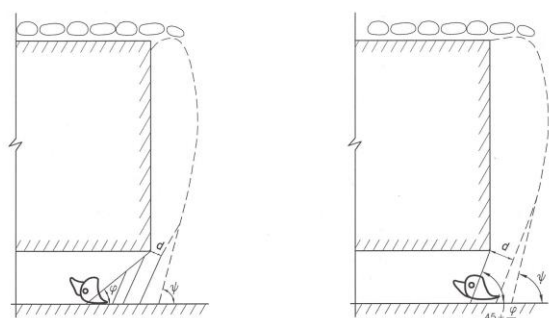
1. Облицоване на страничните стени на коша с елементи „Шок блок 1090 NA“;
2. Поставяне на елемент „Скид блок 1103“ на челото на коша;
3. Използване на усилващ елемент тип „Вида блок 1083“, разположен между зъбите на кошовия орган;
4. Усилване горната странична част с елементи „Вида бутон VIO 75“.



Фиг. 1. Разположение на износоустойчивите елементи на кошовия загребващ орган

Легенда: 1. Шок блок 1090 NA
2. Скид блок 1103
3. Вида блок 1083
4. Вида бутон VIO 75

В настоящата статия се предлагат решения за подобряване и усъвършенстване конфигурацията на кошовия загребващ орган, като са конструирани нови зъби с уширения, които на практика повишават големината на активния отвор за източване (фигура 2).



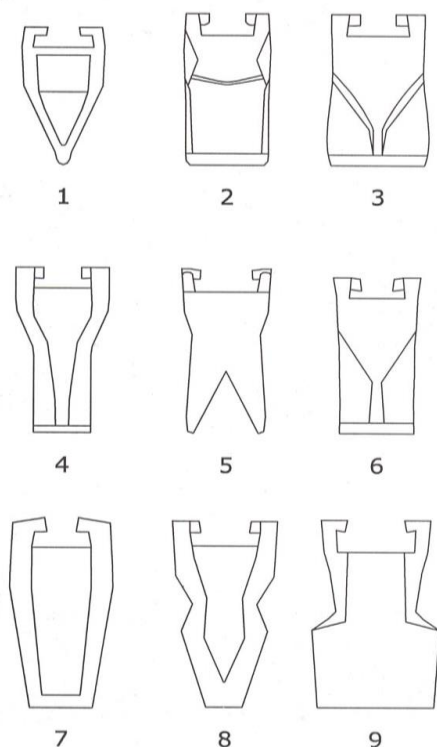
Фиг. 2. Загребване и изтичане на отбита руда с кошов загребващ орган

Легенда: φ - ъгъл на естествения откос, °;
 ψ - ъгъл на изтичане на обрушените скали, °.

На фигура 2 се вижда загребване в куп руда с ъгъл на естествен откос φ и в куп с ъгъл на изтичане $45 + \frac{\varphi}{2}$, като се формира активен отвор на източване съответно α и α_1 . По-голямата стойност на α_1 се дължи на прилагане на уширения и нови зъби за тях в челото на коша.

Това води до значително намаляване на загубите на неизточена руда в гребени на пода на изработката за източване.

На фигура 3 са показани 9 позиции на зъбна система на „SanRock“, която се ползва в момента.



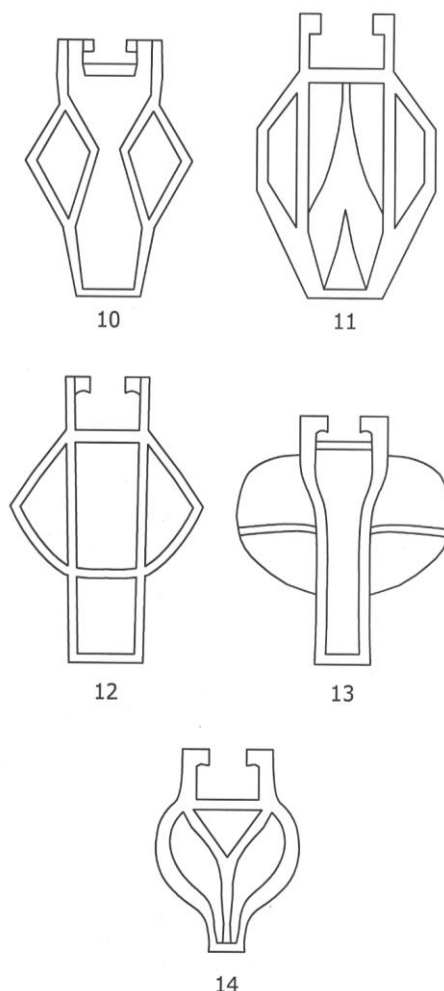
Фиг. 3. Съществуваща зъбна система за минни и строителни машини

Нови моменти

Във връзка с казаното на база преглед на 115 вида зъби на фирма „Електростомана“ ЕАД гр. Карлово и 9 вида зъби на „SanRock“ – Швеция са конструирани 5 нови вида зъби. В резултат от извършеното изследване авторът предлага нови конструкции от износостойчив материал за зъби за загребващия орган, които са показани на фигура 4.

Предложената нова зъбна система с уширения е показана на позиции:

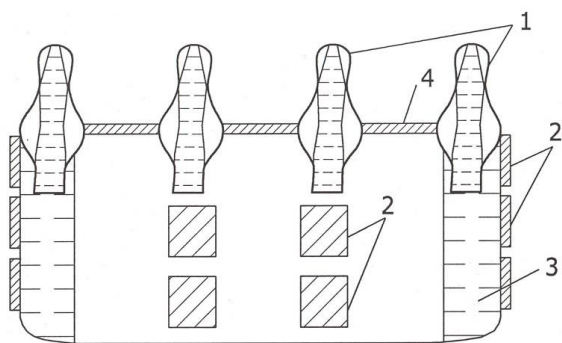
- 10 – зъб с ромбоидни уширения;
- 11 – зъб с трапецовидни уширения;
- 12 – зъб със секторни уширения;
- 13 – зъб с полукръгови уширения;
- 14 – зъб с полуелипсоидни уширения;



Фиг. 4. Нова зъбна система за минни и строителни машини

Предложените конструкции на зъбите са приблизително с 1,5 пъти по-голяма площ от конвенционалните системи, което от своя страна води до повишаване площта на активните отвори на източване на рудата.

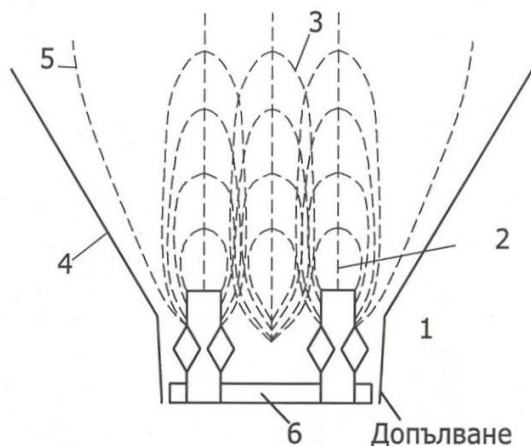
На фигура 5 е показано примерно разположение на зъбите с уширения и конструкция на коша с износостойчиви елементи. На него се виждат зъбите с уширения 1, странични и челни елементи „Скид блок 1103“ – 2, челни елементи



Фиг. 5. Чело на коша с уширения и нови зъби

Легенда: 1 – Зъби с уширения;
2 – Скид блок 1103
3 – Шок блок 1090 NA
4 – Вида блок 1083

Разгледани са два варианта на челно източване с монтирани 2 зъба с уширения на работния орган (показан на фигура 6) и монтирани 3 зъба с уширения (показан на фигура 7).



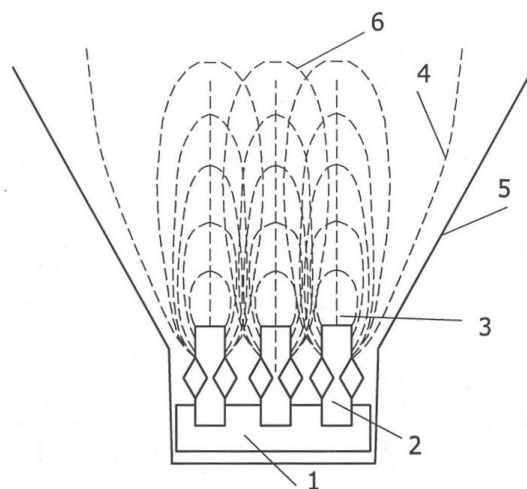
Фиг. 6. Челно източване с два странични зъба с уширения

Легенда: 1 – Зъб с уширение;
2 – Страничен елипсoid;
3 – Централен елипсoid;
4 – Странична стена на източване;
5 – Зона на рудния поток;
6 – Дъно на коша;

При начина на източване с 2 странични зъба (фиг. 6) се образуват странични елипсоиди, които изпреварват централния елипсoid и се доближават до зоната на рудния поток и стената на източване.

При схемата на челно източване с 3 зъба с уширения ясно се вижда формиране на руден поток с три еднакви съставлящи го елипсоиди, който се доближава до страничната стена на източване, още повече че се формира зона с еднаква скорост на изтичане или формиране на „ядра на сечения“.

Препоръчана за публикуване от
Катедра „Подземно разработване на полезни изкопаеми“, МТФ



Фиг. 7. Челно източване с три зъба с уширения

Легенда: 1 – Дъно на работния орган;
2 – Зъби с уширения;
3 – Страничен елипсoid;
4 – Зона на рудния поток;
5 – Странична стена на източване;
6 – Централен елипсoid.

На тази основа на могат да се направят следните изводи:

- ◆ Разработени са 5 нови вида зъби за загребващ кошов орган;
- ◆ Показани са схеми на източване с 2 и 3 вида зъби с уширения със съответните елипсоиди – странични и централен;
- ◆ С предложената нова конструкция на загребващия орган се получават по-малки стойности на загубите в гребени руда и по-плътното вписване в зоната на рудния поток.

Насоки за развитие на проблема

На по-следващ етап могат да бъдат разгледани:

- ◆ Изследване на статиката и кинематиката на елементарните рудни късове, лежащи на стената на източване;
- ◆ Изследване и изясняване формата на сечения на ядрата при различни фигури (тела) на източване на отбитата руда;
- ◆ Изследване на връзката „активен отвор“ на източване с „ядра на сечения“.

Литература

www.elektrostomana.com
www.sanrock.com

THE IMPACT OF EXTRACTION ACTIVITY ON THE ENVIRONMENT QUALITY

Daniela Cîrîină

University „Constantin Brâncuși”, Faculty of Engineering, Geneva, 3, 210152, Gorj, Romania; e-mail: daniela@utgjiu.ro

ABSTRACT. For the valorization of the mineral deposits are necessary different operations. The result of the extractive process is the useful and useless rock. Each action who compose the extractive activity produce the inorganic mineral pollutants: sedimental powders, gas dispersoids and reactive or inert pollutants. In this work are presented the important aspects of the impact over the environment generated by the extractive and handle process of the granite deposit.

ВЪЗДЕЙСТВИЕ ВЪРХУ ОКОЛНАТА СРЕДА ПРИ МИННО-ДОБИВНАТА ДЕЙНОСТ

Даниела Киртина

Университет „Константин Бранкуши”, Женева 3, 210152, Гори, Румъния, e-mail: daniela@utgjiu.ro

РЕЗЮМЕ. За поддържането на цените (валоризация) на минералните находища са необходими различни регулаторни дейности от страна на държавата. Като резултат от минно-добивната дейност е получаването на полезен продукт и отпадък. Всяка дейност, която е свързана с добива на минерални суровини води до замърсяване на околната среда с различни вещества от рода на прахообразни утайки, вредни газови емисии, реактиви или инертни замърсители. В доклада са представени важните аспекти на въздействието върху околната среда при дейности, предизвикани от минно-добивни работи и при експлоатацията на гранит-съдържащи залежи.

Introduction

The environment represents a unitary and complex system, composed of a great number of elements and connections, bearing a significant capacity for inherent regulation and where the active factor is symbolized by human communities performing their activities and displaying their concerns. The basic elements of the environment are rendered by soil, water and air, as they constitute the material support for the entire integrated system. The activity of useful rocks extraction is executed within the open-pit mining (surface working), respectively in quarries and pits. For drawing of some mineral substances or useful rocks which are less encountered and thus greatly valued it is resorted to further open-pit mining together with deep workings. No matter the method applied, deposit refinement would need various and numerous operations which result, on the one hand in useful mineral substances and on the other hand, the sterile mass extracted from earth. The greater the quantity of extracted and processed rock, the bigger the amounts of pollutants released into the atmosphere, different noxious substances resulted from explosive mines bursting, rock particles in suspension or which shall remain in the soil as a deposit. At the same time, the amounts of residues resulted from the refinement shall also increase so that the quarry's activity would exercise various influences on the environment which cover all stages of technological exploitation and refinement processes (Fodor and Baican, 2001).

Identification of potential sources causing pollution and the estimation of their impact on the environment

The mining lease Bratcu-Meri covers a surface of 0,217 sq km identified by the National Agency for Mineral Resource, located in Gorj district, along the banks of Bratcu watercourse, on the right slope of Jiu Valley, at approximately 5 km in the Northern area of Bumbesti-Jiu locality and about 22 km in the Southern area of Petrosani town. The granite deposit from Bratcu-Meri represents a massive deposit which displays throughout its extension a constant measurement of its petrographic, mineralogical and spatial parameters.

Pollutants released into the atmosphere and measurement for emissions reduction

The air pollution sources within Meri Quarry are considered as fixed (stationary) artificial pollution sources, admitted in the category of pollution sources resulted from the industry of construction materials. The operations connected to technological flow which constitute air pollution sources are: bursting extraction, crushing, loading of rocks in motor trucks, the transport of rocks by means of vehicles to selecting-washing station, discharging of rocks at the sorting hopper, the operating of machineries in the quarry, the operating of machinery within the granite refinement stations (crushers, feeders, graders, discharging points for conveying belts, charging openings in bascules from the storage pits), the operating of equipments from the delivery deposit (conveying belts, auto-chargers). Besides these operations, another air

pollution source is constituted by the gas-oil distribution point existing on the emplacement.

Bursting extraction determines the evacuation into the atmosphere of noxious substances resulted from the explosives detonation and rock particles with a wide dimensional spectrum. The particles bigger than 20 mm are rapidly deposited into the soil, and the particles having smaller sizes are dispersed into the atmosphere on big distances and they are retrieved as suspension particles.

Table no 1 indicates the weight rates of main pollutants released into the atmosphere as a result of the activities performed at Meri Quarry.

In order to assess the impact on atmosphere quality due to radiated pollutants during detonation, the maximum concentrations and the moments for reaching them have been calculated in two points located at 100 m and 500 m from the source, for the scenario which involves the usage of the bigger dynamite amount. Tables 2 and 3 show the minimum and maximum values of maximum concentrations and of the moments these concentrations are reached. The minimum values of the biggest concentrations of pollutants shall appear within a very unstable atmosphere with a wind velocity of 1m/s.

Table 1

Emissions of pollutants disposed into the atmosphere

Source	Mass unit	Weight rates						
		Particles			CO	NO _x	CH ₄	H ₂ S
		≤ 30 µm	≤ 20µm	≤ 10 µm				
Detonation 25 kg dynamite	Kg/det	55.66	41.75	28.94	0.800	0.250	0.018	0.400
Detonation kg dynamite	Kg/det	55.66	41.75	28.94	1.600	0.500	0.036	0.800
Detonation 100 kg dynamite	Kg/det	55.66	41.75	28.94	3.200	1.000	0.072	1.600
Loading	Kg/tranche	10.53	0.066	0.049	-	-	-	-
Crushing	Kg/day	4.38	4.29	4.2	-	-	-	-

Maximum values appear into the less stable atmosphere for the point located at 100 m distance compared to the source and within the very stable atmosphere for the point located at

500m from the source and a wind velocity of 2m/s and respectively 1 m/s. The duration for achieving maximum concentration values resulted above is expressed in minutes.

Table 2

Maximum concentration for particles disposed into the atmosphere

Pollutant	100 m				500 m			
	Maximum concentration (mg/m ³)		The moment of reaching maximum concentration (min)		Maximum concentration (mg/m ³)		The moment of reaching maximum concentration (min)	
	Min Value	Max Value	Min Value	Max Value	Min Value	Max Value	Min Value	Max Value
Particles ≤ 20µm	1.960	69.597	7	15	0.053	15.535	9	16
Particles ≤ 10 µm	1.359	48.243	7	15	0.036	10.769	9	16

Table 3

Maximum concentration of gases disposed into the atmosphere

Pollutant	100 m				500 m			
	Maximum concentration (mg/m ³)		The moment of reaching maximum concentration (min)		Maximum concentration (mg/m ³)		The moment of reaching maximum concentration (min)	
	Min Value	Max Value	Min Value	Max Value	Min Value	Max Value	Min Value	Max Value
CO	0.150	5.334	7	15	0.004	1.191	9	16
NO _x	0.047	1.667	7	15	0.001	0.372	9	16
H ₂ S	0.075	2.667	7	15	0.002	0.595	9	16

The average concentrations for a 30-minute period of particles released into the atmosphere due to emissions resulted from the crushing and loading of rocks in vehicles display the following maximum values estimated at different distances from the quarry location (table 4).

The maximum concentrations of particles in suspension emerge into the atmosphere characterized by various degrees

Table 4
Average concentrations of particles into the atmosphere

Pollutant ($\mu\text{g} / \text{m}^3$)	Distance (m)						
	50	100	150	200	250	300	350
Particles $\leq 20 \mu\text{m}$	1934.8	1502.2	1453.2	1129.8	950.6	847	1642.2
Particles $\leq 10 \mu\text{m}$	1731.8	1354.4	1300.6	1010.8	972.8	758.8	618.8

The measures for emissions' reduction are taken with a view to decrease the powder formation by means of special devices and optimization corrections within different productive stages, preparation and exploitation stages (Rojanschi *et al.*, 1997):

- devices for powder control through suction;
- humid working cycles ; maximum efficiency of drilling installations;
- proper dimensioning of explosive charges and detonation schedule;
- use of transport by means of isolated and covered bands;
- avoidance of powerful breakage of material;
- reduction of natural erosion in ash pits;
- surfaces drainage.

The limitation of emissions supposes a high degree of information with regard to variables influencing the dispersion of pollutant agents, especially local meteorological conditions and could be achieved by means of creation natural vegetable barriers acting as a filter against powders and by means of localization of pollutant agents within self-protection areas (Tumarov, 1989).

Soil Pollution. Measures for reducing the impact of extraction activity on soil

The soil, through its fundamental quality of basic environment for plants' life and a source of vegetative productivity, remains one of the most valuable natural goods of human society. Soil degradation is closely related to man productive activities. Under natural conditions, unaltered by human actions, the soil does not undertake any form of degradation because the substances which emerged following the interaction of environmental factors are cyclically used, thus imposing a limit to conservation possibilities of various residues and slime, under the form of deposits (Tomescu *et al.*, 2003).

By performing the granite extraction activities at Meri Quarry, the soil is being affected through:

of thermal stability (from a little stable concentration to a very stable one) with feeble wind ($v = 1\text{m/s}$). From data obtained it is ascertained that it might be possible that the values of suspension particles' concentrations would exceed the maximum concentration admissible for distances up to 350 m from the quarry working points.

- uncovering and excavation works for ground works (rocks layers) which are to be found above the granite layer resulted from the landfall of big land surfaces;
- modification of geomorphology of lands situated in the vicinity;
- the influence upon the quality of productive potential for the occupied surfaces and, to a less significant extent, for the surrounding ones.

Subsequent to operations involving rock disruption and ballast exploitation the soil is affected through digging and the transport of extracted material in the area. These activities do not have a chemical action on soil, but they affect it physically, that is, they involve shape modification.

In order to establish the interventions for reduction of extractive activity impact on soil and subsoil, geo-mechanical and geo-technical research are needed to stand at the foundation of exploitation project and environmental recovery of the quarry and adjacent works. Such studies should conduct, in the first place, to thorough knowledge of the morphological and hydro-geological situation and of the endurance characteristics of rocks to be further used. Within the execution operating phase, the need might appear, depending on the assessed risk level attributed to potential phenomena of instability, to schedule and execute a control plan for the evolution of these phenomena, for the checking of effectiveness during the engineering works in order to avoid landfalls (Laslu, 2003).

Conclusions

Mining industry imposes the execution of some complex activities, each of them constituting modification elements which interrupt the continuity status of the environment.

Extraction produces obvious effects when it is executed by means of explosive, resulting either in sonic pollution, either in the emission of big powder amounts which cause significant damages on the vegetation existing in the neighboring areas. The extraction by means of mechanical equipments produces a sonic pollution due to machinery being operated (permanent noise).

Deposit uncovering constitutes an activity which bears a destructive character with correspondence in the excavation of vegetal soil and vegetation and having possible repercussive effects on the habitat and local fauna. This effect falls into the extremely serious range in the case of natural environments classified on the valuable natural scale.

The quantitative assessment of the effects of extraction activity on the natural environment components (vegetation, floral vegetation, fauna, and ecosystem) is very complex and is due to spatial and temporal interdependence of different factors.

Generally, it is important that exploitation and recovery should be executed subsequent to a well established project, based on a real study of environmental issues within the territory on which the extraction activity is being performed.

References

1. Fodor, D., Baican, G. 2001. *Impact of Mining Industry on Environment*, Infomin Publishing House, Deva, 427.
2. Laslu, E.R., Laslu, G.M. 2003. *Economic Aspects regarding the Protection of Industrial Environment*, University Publishing House, Bucharest, 276.
3. Rojanschi, V., Bran, F., Diaconu, G. 1997. *Environment Protection and Engineering*, Economic Publishing House, Bucharest, 380.
4. Tomescu, I., Racoceanu, C, Hristov, E. 2003. *Anthropical Risk Factors*, Brancusi Academic Publishing House, Tg-Jiu, 377.
5. Tumarov, S. 1989. *Air Quality*, Technical Publishing House, Bucharest, 276.

Recommended for publication by the Editorial board

ПРИЛОЖЕНИЕ НА МЕТОДА НА КРАЙНИТЕ ЕЛЕМЕНТИ ПРИ РЕШАВАНЕ НА ЗАДАЧИ В ГЕОМЕХАНИКАТА

Георги Трапов, Георги Михайлов

Минно геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София

РЕЗЮМЕ. На базата на известните начини за използване на метода на крайните елементи при изследване на нелинейни среди е разработен алгоритъм и осъществена програмна реализация. Процедурата включва ускорен итеративен процес за достигане от зададени начални характеристики на скалния масив до такива, при които има съответствие между напреженията и деформациите. Постигнатото решение позволява приложение в многофазна среда с широк диапазон на изменение на физико-механичните свойства. Това е характерно за реалните природни условия, в които се извършват добивните работи. Тестването на програмните модули е направено за реални обекти.

AN APPLICATION OF FINITE ELEMENTS METHOD FOR GEOMECHANICAL SOLUTIONS

Georgi Trapov, Georgi Mihaylov

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski"

ABSTRACT. On the basis of traditional approach for realization the Finite Elements Method is presented one solution for nonlinear medium. The program package named FIEL includes option for iterate steps, necessary for attain the conformity between stress-strain state of investigate object and theirs preliminary properties. The case study and the investigations made for multi medium planes demonstrate the package's large possibility utilization to real objects in mining practice.

Въведение

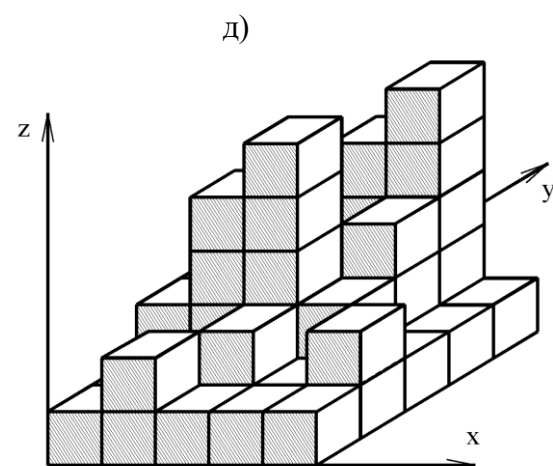
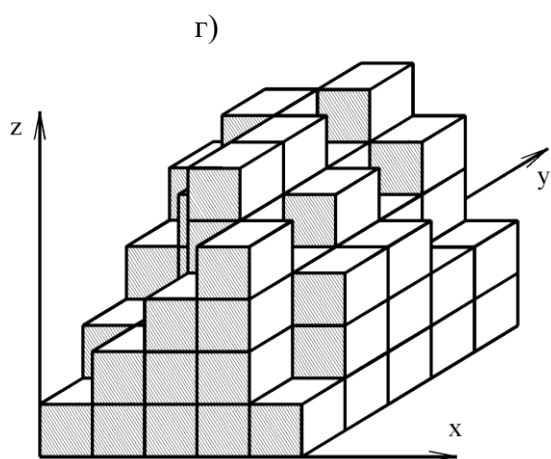
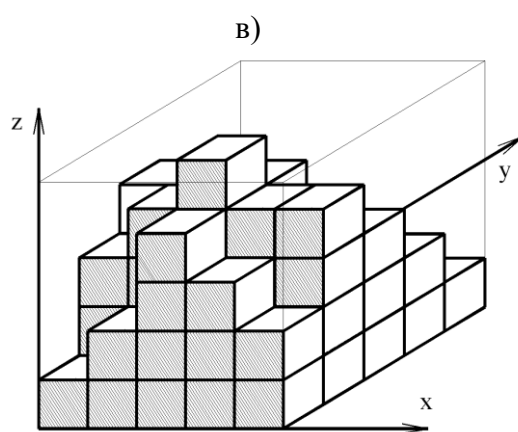
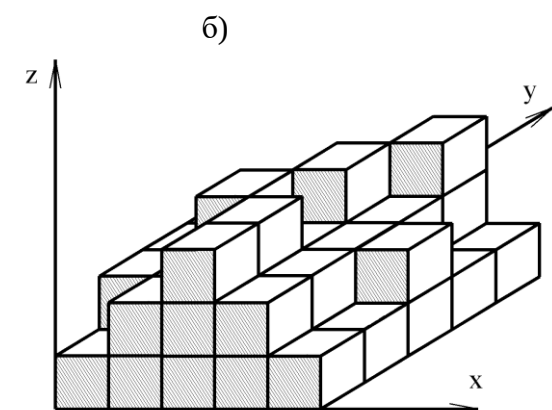
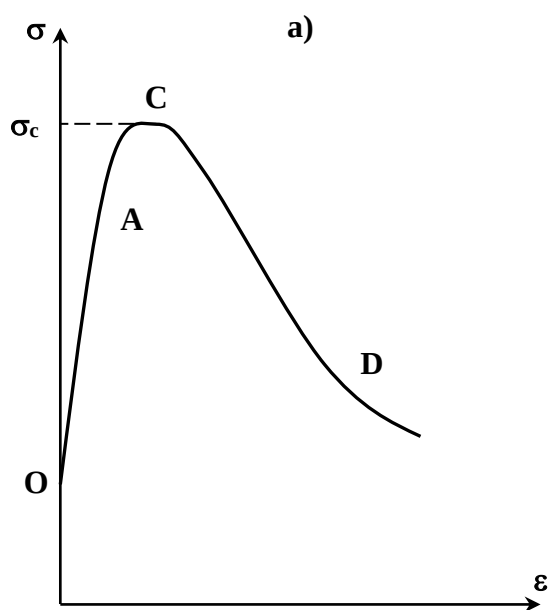
При изследване на напрегнатото и деформирано състояние на масива около конструктивните елементи на системите на разработване широко приложение намира методът на крайните елементи (МКЕ).

Съвременните изчислителни системи и най-вече тяхното бързодействие позволиха значително да се усъвършенстват начините за организация и съхраняване на числовите масиви, както и реализацията на решението на системата линейни уравнения с голям брой неизвестни. В практиката по разработване на находища по подземен начин често пъти се налага отделни детайли от добивната технология да работят в режим на висока концентрация на действащите напрежения. От друга страна не са рядко случаите, когато определени конструктивни елементи загубват устойчивост, причинявайки сериозни аварии. И в двата случая се налага подробен анализ и оценка на състоянието, както на отделните елементи, така и на добивната технология като цяло. В тази обстановка решението на линейната задача по МКЕ води до сериозни отклонения от реалното състояние и не се ползва с добър прием от изследователи, проектанți и технолози. В теоретичен аспект е известна методическата постановка за решаване на нелинейната задача. При реализация на алгоритъма обаче, съществуват препятствия, като в теоретичен план (по отношение на поведението на масива при натоварване), така и от чисто програмно естество. В конкретния случай, благодарение на създадения собствен програмен продукт FIEL, е реализирана процедура за

решаване на нелинейната задача. По този начин значително се разширяват възможностите за прилагане на МКЕ в практиката на подземния добив на полезни изкопаеми.

Практики по използване на нелинейната задача в минното дело

Камерно-стълбовата система (КСС) на разработване се прилага при изземване на пластове и пластообразни рудни тела. Изискванията към двата основни конструктивни елемента камерите и поддържащите целици се намират в постоянно противоречие. Стремещт за увеличаване на коефициента на извличане (респ. намаляване на загубите) води до намаляване на площта на поддържащите целици. Осигуряване на висока степен на безопасност в добивните пространства налага ширината на камерите да се определя с висок коефициент на сигурност (особено в масиви с ясно изразена слоестост). В практиката са известни случаи на разрушаване на целици. То може да има локален характер, причинено от недооценяване на природните фактори в конкретен участък. Много сериозни последици има масовото разрушаване на целици, следвайки "ефекта на доминото". Това явление настъпва при изчерпване на носещата способност на целиците като поддържащ елемент. Следвайки основната зависимост между напреженията σ и деформациите ε : $\{\sigma\} = f(\{\varepsilon\})$, могат да се отделят четири зони, свързани с поведението на целиците при разрушаването им - фиг.1а:



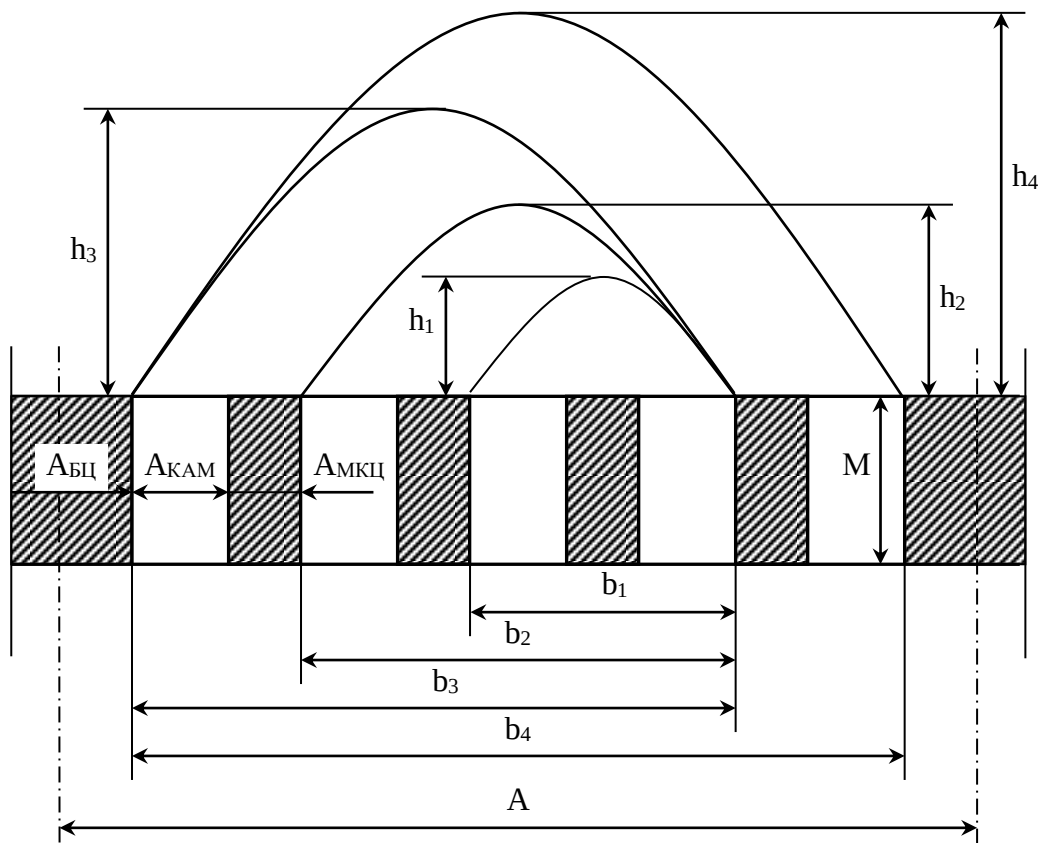
Фиг. 1. Зависимост между вертикалните напрежения σ и деформациите ϵ при разрушаване на междуканерни целици. Точките O , A , C , D характеризират различни зони на разрушаване

- зона на еластичните деформации, OA ;
- зона на нелинейните деформации, AC ;
- върхова стойност на напреженията, при които настъпва разрушаване σ_c ;

- зона на остатъчни напрежения, свързана със значителни деформации (пост разрушителен период).

Интерес представляват регистрираните случаи на разрушаване на целици, отнесени към всяка от посочените зони. При двуфакторен анализ на разпределението (например отношение на геометричните размери и ъгъл на наклона) диаграмите имат вида, показан на фиг.1б - за зоната ОА; фиг.1в - за зоната АС; фиг.1г - за върховата стойност на разрушаващите напрежения; фиг.1д - за зоната на остатъчни напрежения. Най-малка честота на разрушени целици има в диапазона ОА, който съответства на еластично поведение на масива (вж.фиг.1б).

Следователно, при анализиране на причините за възникване на разрушаването, с изключение на този случай, се налага решаване на нелинейната задача. На фиг.2 е показана принципна схема на КСС на разработване. Приема се, че поддържащите целици са стълбообразни или с правоъгълно напречно сечение, тъй като те са най-уязвими към "ефекта на доминото" при разрушаване.



Фиг. 2. Параметри на камерно стълбова система на разработване и зони на обрушаване при разрушаване на междукामерни целици

В среда с крехко поведение при разрушаване (например гипсовото находище "Кошава"), оразмеряването на поддържащите целици следва да се основава изцяло на еластичната характеристика на масива. Същевременно, носещата способност на целиците може съществено да се увеличи чрез използване на различни начини за тяхното заздравяване. Обективен критерий за технико-икономическото сравняване на различни варианти е коефициентът на сигурност FS . При заздравяване на целиците логически е издържано да се използва нелинейната част на зависимостта $\{\sigma\} = f(\{\varepsilon\})$. Този случай съответства на минималната стойност на коефициента на сигурност FS_{min} , ($FS > 1$). Тогава при оценка на различните технически решения FS_{min} ще бъде своеобразна база за сравнение. В практиката широко приложение намира вариантът на КСС с последващо хидравлично запълване на камерите. То изпълнява заздравяващи функции, тъй като напречните деформации на целиците се ограничават за сметка на компресионните свойства на запълнението – фиг.3. Задачата се решава в

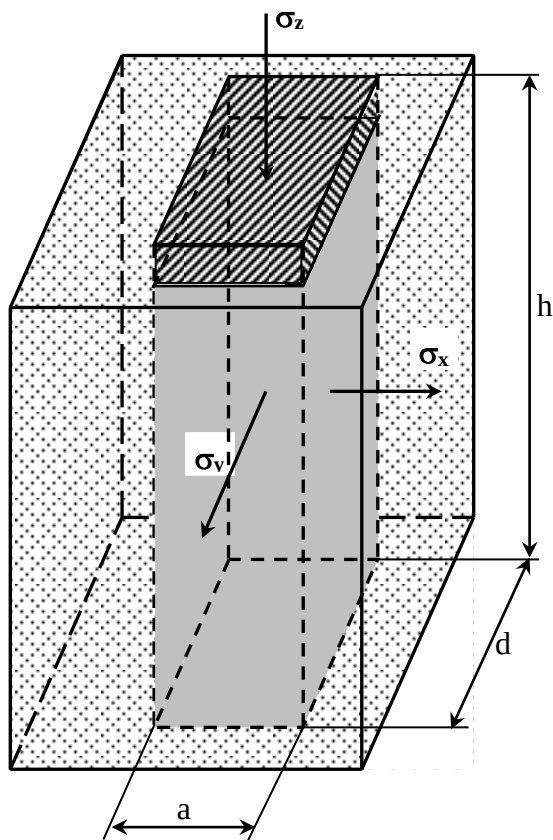
условия на зададени деформации, като се отчита пасивният натиск P_p на запълнението върху стените на целиците. Тяхната носеща способност се запазва в зоната на нелинейните деформации, разглеждайки общата работа на елемента "целик-хидравлично запълнение" като еласто-пластична сисетема. За оценка на заздравяващите функции на запълнението се използва параметърът Θ , определящ изменението на обема на целика в резултат на неговото деформиране при натоварване:

$$\Theta = \frac{V_1 - V_0}{V_0}$$

където V_0 и V_1 са съответно обемите на целика преди и след деформиране.

Този израз има важно практическо значение, тъй като се явява предпоставка за извеждане на функционалната зависимост $\Theta = f(P_p)$. От своя страна P_p зависи от вида

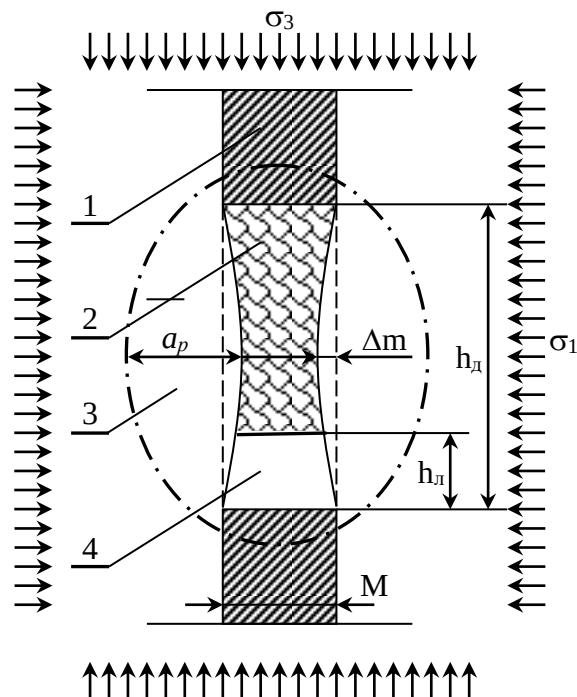
на запълнението и начина за неговото полагане в добивното пространство. Търсеното оптимално решение е в интервала $[0, \Theta_{\max}]$. На лице са две ограничаващи условия (FS) и Θ , които в съчетание с решението на нелинейната задача осигуряват възможност за оценка на широк спектър от технически решения.



Фиг.3. Схема на съвместната работа на междукамерния целик и запълнението

При разработване на стръмно-западащи рудни жили върху запълнението действа Поасоновата компонента на геостатичния товар (страничният отпор) и тектонското поле на напрежения (ако има такова). Възникват предпоставки за сближаване на стените на добивното пространство – фиг.4. Заради високите компресионни показатели на запълнението, основни поддържащи елементи са рудният масив и междуетажните целици. Формира се зона на разтоварване a_p , която зависи от конкретните природни условия: устойчивост на страничните скали, дълбочина на разработване, дебелина на рудната жила, характер на напрегнатото състояние на масива. Запълвачният материал със своята реактивна сила противодейства на преместванията в добивното пространство. Но тяхната големина е достатъчна за появата на разуплътнена среда в страничните стени на добивната камера. Фактор, който изисква решаване на задачата за съвместната работа на масива и запълнението в условия на еласто-пластично поведение. Това решение осигурява възможност за определяне на оптималните параметри на добивната технология: ред на разработване на запасите в блока (възходящ, низходящ); височина на изземвания слой; начини за закрепване на скалите в горнището и долнището

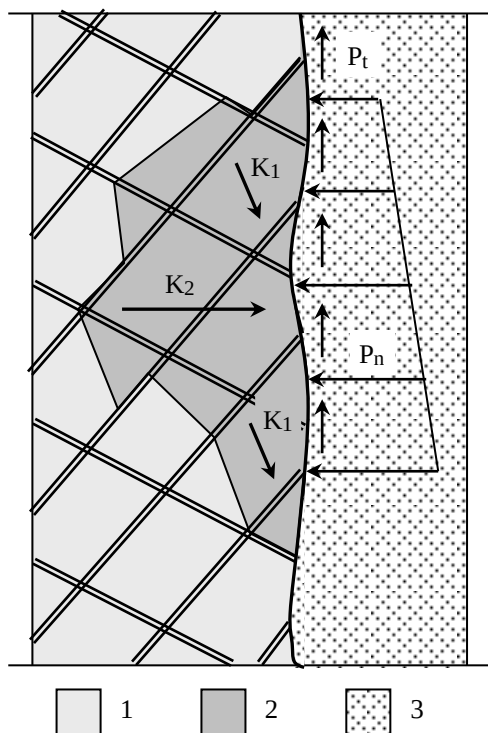
на рудната жила; необходима коравина на изкуствения материал, основаваща се на съответни физико-механични свойства.



Фиг. 4. Схема за определяне на натоварването върху запълнението при разработване на стръмно западаща рудна жила и низходящ ред на изземване. 1 – руда; 2 – изкуствен масив (запълнение); 3 – разтоварена зона; 4 – добивно пространство (експлоатационна лента)

Характерна особеност на реалния руден масив е неговата структурна нарушеност. При наличие на три и повече системи пукнатини се оформят елементарни структурни блокове. Тяхната ориентация спрямо стените на откритите добивни пространства, както и характерът на приложеното натоварване, определят степента на подвижност на масива. Върху основата на подходяща схема се изгражда моделът който следва да отчете геометрията и параметрите на отделните системи пукнатини. Следвайки теоретичните постановки за разрушаване на тела, отслабени с пукнатини, задачата се свежда до изучаване поведението на стените на пукнатините с помощта на подходящ критерий. Независимо от неговата същност (силов, енергетичен, деформационен), първото условие е определяне на напрегнатото и деформирано състояние на масива. Моделът на пукнатината предвижда различен характер на натоварване, но следва да се подчертае, че пространството между стените е винаги освободено от опънови напрежения. На фиг.5 е показано взаимодействието на запълвачния материал със стените на добивното пространство, представени от напукани скали. Дилатацията се разглежда като резултат от комбинираното разрушаване на ненарушен масив (разстоянието между две съседни пукнатини) и движение по съществуващи отслабващи повърхнини на пукнатините. Кинематичният феномен на преместването включва две съставлящи: едната на завъртането на елементарните структурни блокове k_1 и другата – посоката на движение на формиралата се зона на разтоварване в стената на

камерата k_2 . Запълвачният материал мобилизира поведението на рудния масив. Нормалната и тангенциална компоненти, съответно P_n и P_t , действащи на контакта на двете среди определят съпротивителната способност на запълнението. Благоприятен фактор за развитието на процеса е статичното взаимодействие, т.е. двете среди остават неподвижни една спрямо друга. Компресионните свойства на запълнението определят ефективността на прилаганата схема. Неговата по-малка коравина, в съчетание с механизма на разрушаване на напукани скали в условия на сложно напрегнато състояние поставят като задължително условие решаване на нелинейната задача.



Фиг. 5. Взаимодействие между запълнението и страничните стени на добивното пространство с отчитане на структурната нарушеност на масива.
1 – руден масив; 2 – нарушена зона; 3 – запълнение.

При разработване на рудни тела с голяма дебелина широко приложение намира камерно-целиковата система (КЦС) на разработване със запълване на добивното пространство. В случая характерна особеност е наличието на първични и вторични камери. Съществуват различни варианти за последователното изземване на камерите. Технико-икономическата ефективност на тази добивна технология в най-голяма степен зависи от избора на подходящи механични свойства на запълнението. Задачата се свежда до определяне на минимално-допустимата якост на изкуствения материал. Изхожда се от всеобщата констатация, че разходите за отделните съставки, участващи в дадена рецептурна схема, достигат до 65% от общите разходи за запълване. Изчислителната схема отчита т.н. многофазна среда. Необходимостта от тази постановка се налага от обстоятелството, че рудата, запълнението и страничните (вместващите) скали имат различни деформационни свойства. На фиг.6 е показана принципна схема за изследване на напрегнатото и

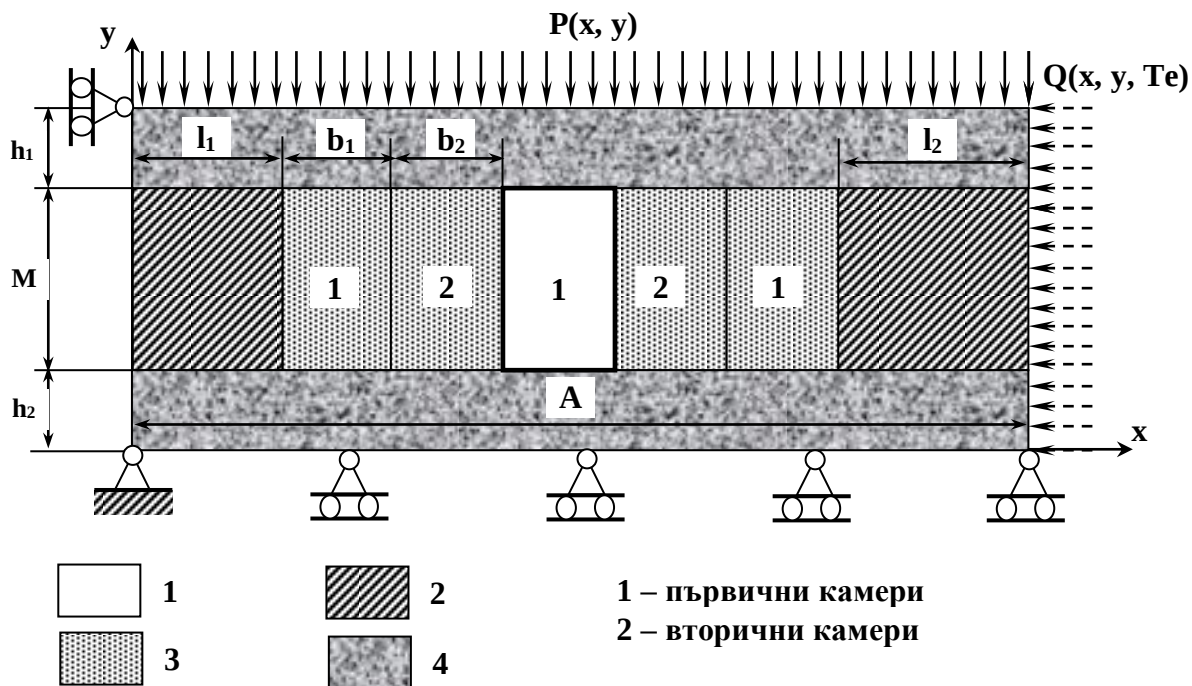
деформирано състояние (НДС) около конструктивните елементи на КЦС. Тя притежава съществени предимства, свързани с отчитане на недозапълването на камерите; изменението на свойствата на запълнението през различните етапи на добивните работи; характеристиката на силовото поле: геостатичен товар или наличие на тектонски сили. Задължително условие е поведението на масива при натоварване да съответства на нелинейните деформации. Този подход се налага най-малко заради три обстоятелства:

- наличие на многофазна среда, една от съставките на която (запълнението), се отличава с ниски якостни свойства;
- изменение на деформационните свойства на запълвачния материал в зависимост от времето t на неговото престояване в добивното пространство;
- съвместно изследване на системата "руда-запълнение" най-вече в последните етапи на разработване, когато изкуственият материал изпълнява функции на поддържащ елемент.

Постановката на нелинейната задача при изследване на НДС на масива около добивните изработки има важно практическо значение. От една страна тя дава възможност да се навлезе в детайли при изучаване на поведението на масива в условия, близки до пределно допустимите натоварвания. От друга страна появата на зони с нееластично поведение може да се използва като своеобразен критерий на устойчивост при изследване на конструктивни елементи в напукани скали, където по-голямата част от разрушенията възникват по съществуващите отслабващи повърхнини.

Съставяне на геомеханичен модел и числено решаване посредством метода на крайните елементи

Методът на крайните елементи (МКЕ) реализира числено решаване на диференциалните уравнения, характеризиращи състоянието на масива при натоварване. Той дава възможност да се моделира нееднородността и анизотропността на средата. Използва се както при решаване на равнини, така и на пространствени задачи. Голямо предимство на МКЕ е възможността за решаване на еластични (линейни) и еласто-пластични (нелинейни) задачи. Основен момент при решаване на задачите по МКЕ е съставяне на подходяща изчислителна схема и определяне на граничните условия. В някои случаи, при решаване на задачи, свързани с устойчивостта на подземни изработки се съставят изчислителни схеми, отчитащи терена на повърхността. Ако обаче на определен етап е известно напрегнатото състояние на ненарушения масив и посоката на главните напрежения, изчислителната схема може да се детайлизира само за част от схемата, където е необходимо да се получи по-обстойна информация. Съществуват програмни продукти за автоматично генериране на мрежата на дискретизация в изчислителната схема. За целта могат да се използват и подходящи човеко-машинни процедури.



Фиг.6. Изчислителна схема за определяне на параметрите на КЦС на разработване
1 – открита камера; 2 – руден масив; 3 – запълнена камера; 4 – вместващи скали

В конкретния случай е използван собствен програмен продукт за решаване на задачи по МКЕ – програмната система FIEL. Алгоритъмът за съставяне на матрицата на коравината на системата предвижда използване на неограничен брой възли и елементи. При съставяне на геомеханичния модел се обръща особено голямо внимание на отчитане на нееднородността на средата. С цел установяване на влиянието на целия скален комплекс върху натоварването на камерите и целиците е целесъобразно да се състави първоначално модел, включващ терена на повърхността т.е. да се отчете цялата дълбочина на разработване. Следва преминаване към детайлизиране на определена част от схемата. Този подход, съчетан с изготвяне на по-подробни изчислителни схеми осигурява по-пълна картина на разпределение на изследваните параметри. Отчитайки физико-механичните свойства на скалите, получени в лабораторни условия, геомеханичният модел следва да може да решава задачата и в зоната на нелинейните зависимости между напрежения и деформации. Модела следва да осигури и възможност за обратен анализ т.е. ако има натрупани натурни наблюдения за движение на скалите, разрушаване на целици, регистрирани провадания в рудника и др., да се търси възможност за определяне на якостните и деформационни показатели в масива.

Основното уравнение на МКЕ се записва във вида

$$[K]\{U\}=\{R\} \quad (1)$$

където $\{R\}$ е матрицата стълб на силите, приложени във възлите на елементите;

- $[K]$ – обобщената матрица на коравината на системата;
- $\{U\}$ – матрицата стълб на компонентите на преместванията на върховете на елементите.

Матрицата на коравината на системата $[K]$ се получава от координатите на възлите и от деформационните

характеристики на разглежданата среда. Относително най-простият и същевременно твърде ефективен начин за нейното определяне е този, при който се намира матрицата на коравината $[K_e]$ на отделните елементи на дискретизация и след това нейните членове по определени правила се адресират към матрицата на коравината на системата $[K]$.

При извеждане на (1) се използва линейният закон на съответствие между напрежения и деформации

$$\{\sigma\}=[D]\{\varepsilon\} \quad (2)$$

Освен това се предполага, че съществува линейна зависимост между деформациите и преместванията, преместванията се считат непрекъснати и с известно приближение се удовлетворяват уравненията за равновесие.

Ако се изпълняват тези условия се казва, че се решава линейна задача.

Както бе посочено още във въведението, в редица случаи решаването на нелинейната задача се явява задължително условие при изследване на напрегнатото и деформирано състояние на масива. Така се избягва значителното презапасяване, съпътстващо решаването в такива случаи на линейната задача. То се изразява преди всичко в определяне на по-големи по площ зони на разрушаване. При решаване на нелинейната задача следва да се измени съотношението (2). Предполага се, че при лабораторни условия, или по друг начин, е получена новата нелинейна зависимост

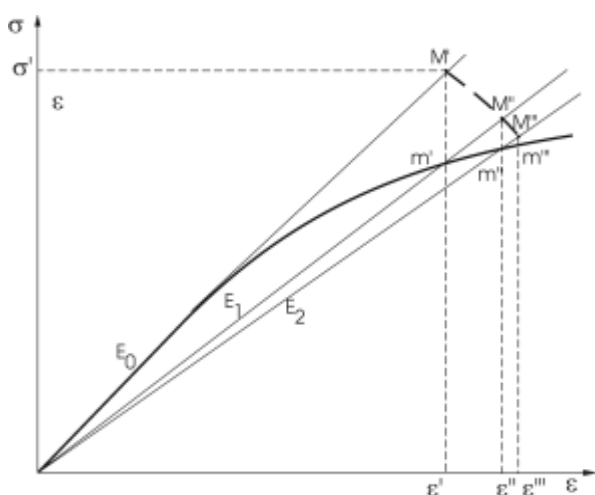
$$\{\sigma\}=f(\{\varepsilon\}) \quad (3)$$

Очевидно, ако се окаже възможно да се намери такова решение на уравнение (1), че при съответен подбор на влизщите в [D] параметри това уравнение и съотношението (3) да се удовлетворяват при едни и същи значения на напреженията и деформациите, то полученото решение ще бъде търсеното.

За реализиране нелинейната задача в практиката съществуват основно три подхода:

- метод на променливата коравина;
- метод на началните напрежения;
- метод на началните деформации.

Определянето на напрегнатото и деформирано състояние на средата с нелинейни характеристики съгласно условие (3) налага използването на итерационна процедура. В конкретния случай е използван методът на променливата коравина.



Фиг. 7.

На фиг.7 е показан принципният подход за използване на тази процедура. Най-напред се решава еластичната задача с модул на еластичност E_0 , съответстващ на началното състояние на елемента. Получават се $\{\sigma'\}$ и $\{\epsilon'\}$, т.е. точка M' . Съгласно съотношение (3) се определя съответната стойност на напреженията в нелинейния елемент – т.е. определя се точката m' (фиг.7). Ако разликата $(M'-m')$ е по-голяма от предварително зададена величина, съответстваща на необходимата точност на решението, приема се, че точката M' с координати σ' и ϵ' не съответства на реалните свойства на тялото и следва провеждане на втора итерация. Отново се решава еластичната задача, но при съставяне на матрицата на коравината на елементите, вместо модула E_0 се въвежда секущият модул E_1 . След втората изчислителна процедура на линейната задача се получава точката M'' . Следващите итерации се извършват по вече описания начин. Изчислителният процес продължава докато се достигне такава близост на точките M^n и m^n , за която е изпълнено предварително зададеното условие на необходимата точност.

Алгоритмизацията на схемата за реализиране на изчислителния процес предвижда последователна проверка на всички елементи. В зависимост от големината

на натоварване се променя броят на елементите, за които се налага изменение на стойностите на E_n на съответната итерация. Начина на намаляване на броят на елементите с промяна показва и бързината на сходимост на итерационния процес. Така описаната процедура за реализиране на нелинейната задача е използвана при решаване на множество задачи, свързани с определяне на основни параметри на камерно-стълбовата система на разработване.

Определянето на параметрите на камерно-стълбовата система на разработване има пряко отношение към оценката на устойчивото състояние на конструктивните елементи: камерите, целиците, непосредственото горнище, долнището, връзките на камерите с подготвителните изработки. Определянето на характера на разпределение на напреженията с помощта на МКЕ е първият етап в решаването на задачата за намиране на параметрите на камерно-стълбовата система. Не помаловажен е вторият етап – оценката на устойчивото състояние на конструктивните елементи на системата на разработване. За целта е необходимо да се използват подходящи критерии за оценка. Световната практика показва, че са известни множество критерии, като особено важно е да се отбележи, че различните критерии реагират по различен начин, т.е. няма универсален критерий, с който да се оцени устойчивото състояние, независимо какви са скалите, в които е изградено даденото съоръжение.

Авторите на тази разработка използват главно критериите на Mohr Coulomb (M-C), Hoek-Brown (H-B), модифициран критерий (MOD). Първите два са широко известни в литературата. Модифицираният критерий е собствена разработка. Той се основава на отношението между задържащи и свличащи сили и е особено подходящ при оценката на устойчивото състояние на съоръжения, прокарани в здрави, но напукани скали. Критерият на Mohr Coulomb се прилага с допълнително развитие, въз основа на което устойчивостта се оценява с параметъра FS . Съставя се функция от вида $FS=f(t)$, където $t=A\sigma_1+B\sigma_2$ е аргумент, описващ напрегнатото състояние на масива в дадена точка; A, B са константи; σ_1, σ_2 са главните напрежения. По този начин вместо зависимостта $\tau=F(\sigma)$ се използва $FS=f(t)$, което не е новост за световната практика. След несложни преобразувания функцията $FS=f(t)$ може да се представи така, че:

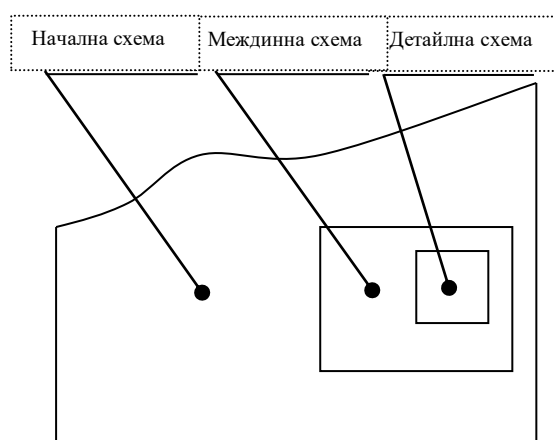
$FS>1$ означава устойчиво състояние;

$0<FS<1$ означава разрушаване.

Естествено, когато $FS>>1$ конструкцията притежава висока степен на устойчивост. Следователно, показателят FS може да се използва и при количествено сравняване на два и повече варианта на изменение на параметрите на системата на разработване.

Детайлизирането на решението на задачата за определяне на оптималните параметри на добивната технология се основава на подход, съчетаващ постепенно приближаване на изчислителната схема до разглеждания участък. Целта на подобна реализация на решението по

метода МКЕ е постепенно да се намали площта на разглеждания сектор, което осигурява много голяма детайлност на представянето на различните конструктивни параметри на системата на разработване. Същевременно, всяка предишна реализирана вече схема се явява информационна база, формираща началните условия за следващата. По този начин се достига до схема, представляваща конкретен разрез от документацията на рудничното поле. На фиг. 8 е показана общата идея на този подход, която е приложена при решаване на редица задачи. Изследователят има възможност да насочи своето внимание към строго определена зона, в която да бъде изградена мрежата на базата на неговото субективно желание. Например това могат да бъдат стените, пода и тавана на добивните камери. Налице е една ръчно-машинна процедура, съчетаваща в себе си елементи на автоматично генериране на мрежата с ръчно избиране на детайлната изследвана област.



Фиг. 8.

Заклучение

Разработеният подход за решаване на нелинейната задача по МКЕ, както и получените практически резултати, дават основание да се направят следните изводи:

1 При решаване на нелинейни геомеханични задачи е подходящо използването на метода на променливата коравина. Итеративният режим, както и условията, осигуряващи сходимост на изчислителния процес, работят устойчиво без да се изисква значителен ресурс от време и памет на компютъра;

Препоръчана за публикуване от
Катедра "Подземно разработване на полезни изкопаеми", МТФ

2 Постановката на нелинейната задача изисква детайлно представяне на зависимостта $\{\sigma\} = f(\{\varepsilon\})$. Точността на полученото решение зависи и от условията, при които е изведена тази зависимост. Използваните данни при реализация на нелинейната задача показват, че мащабния ефект при изследване на поведението на масива при натоварване оказва съществено влияние върху крайните резултати;

3. Важно постижение на реализирания алгоритъм на нелинейната задача при изследване на многофазни среди е автоматичното включване само на тези части от изчислителната схема, които изискват този тип решение;

4. Сравнителният анализ на резултатите, получени за една и съща изчислителна схема, но при решаване на задачата като линейна, респективно нелинейна, показва отклонения в действащите напрежения. Това е гаранция за устойчиво изпълнение на изчислителния процес в поредицата от програмни модули, включени в програмния пакет FIEL.

Практиката по използването на нелинейната задача има сериозни основания за развитие. Тя следва да намери място при изучаване на първичното напрегнато състояние (ненарушения с минни изработки масив); при оценка на структурната нарушеност (напукаността) на масива; при използване на технологии със запълване на добивното пространство като най-перспективни в следващите 15 – 20 години.

Литература

- Амусин, Б.З., А. Б. Фадеев. *Метод конечных элементов при решении задач горной геомеханики*. Москва, Недра, 1975.
- Гудман, Р. *Механика скальных пород*. Москва, Стройиздат, 1987.
- Мюлер, Л. *Инженерная геология. Механика скальных массивов*. Мир, Москва, 1971.
- Зенкевич, О. *Метод конечных элементов в технике*. Мир, Москва, 1975.
- Миренков, В.Е. Расчет деформирования блоков пород с трещинами. Известия ВУЗов Горный журнал. 2007/3, с.117-122.
- Brady, B.H.G., E. T. Brown. *Rock mechanics For Underground mining*. Second Edition. Champan&Hall. London. Glasgow. New York. Tokyo. Madras. 1993.

ГЕОМЕХАНИЧНА ОЦЕНКА НА УСТОЙЧИВОСТТА НА МАСИВА В РАЙОНА НА ЛИКВИДИРАН ПОДЗЕМЕН РУДНИК "СЕСЛАВЦИ" НА БУХОВСКОТО РУДНО ПОЛЕ

Венцислав Иванов

Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски“, 1700 София

РЕЗЮМЕ. Извършена е геомеханична оценка на състоянието на системата Вместващ масив/Подземни изработки на ликвидирания подземен рудник "Сеславци", от Буховското рудно поле. Изследвани и определени са генотипа на съвременното естествено поле на напрежения, разпределението му и рудничното поле е районирано по напрегнато състояние. Извършена е характеризация на масива по физикомеханични и структурни характеристики чрез класификационните системи RMR и Q и са определени механизмите на разрушаване на масива. Предложена е идентификация на рисковите фактори и е оценен обусловения за системата геомеханичен риск, въз основа на който са направени препоръки и заключения.

GEOMECHANICAL ASSESSMENT OF THE COMPETENCE OF THE ROCK MASS IN THE VICINITY OF SESLAVTSI ABANDONED UNDERGROUND MINE IN THE BUHOVO ORE FIELD

Ventsislav Ivanov

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia

ABSTRACT. A geomechanical assessment of the condition of the system host mass/underground workings of SESLAVTSI abandoned underground mine in the BUHOVO ore field is made. The genotype of the current natural stress field and its distribution have been researched and determined, and the ore field is zoned according to the stress condition. A characterization of the mass according to the physical and mechanical, and structural properties by the classification systems RMR and Q is made and the mechanisms of the mass failure are determined. An identification of the risky factors is suggested and the conditioned geomechanical risk for the system is assessed. On the basis of that are made recommendations and conclusions.

Увод

Урановото находище "Сеславци" е на 25 km на Североизток от гр. София. То е с размери 1 x 5 km и се намира в Северозападната част на Буховското рудно поле. В находището са обособени три участъка – I^{ви} западен, II^и централен и III^и източен. През периода на експлоатация са добити 5,027 хиляди тона руда със средно съдържание на уран 0,084 %, което представлява 28 % от производството на уран в България. Рудните залежи са на малка дълбочина. Запасите са иззети предимно чрез система със слоево изземване и последващо запълнение на добивните пространства. Находище Сеславци е обявено в ликвидация през 1994 г. по ПМС 163/1992 [1]. В заключителния етап на работата на рудника, на дълбоките хоризонти, е прилаган геотехнологичен добив, чрез излужване на отбитата и магазинирана руда, посредством сондажи.

В резултат от минните работи, концентрирани на малка площ и дълбочина, над участъците западен и източен, земната повърхност е нарушена от мощни разкъсвания.

В района, над находището, са разположени инфраструктурни, промишлени и горски обекти, чиято безопасност

изисква изучаване на създалата се геомеханична обстановка.

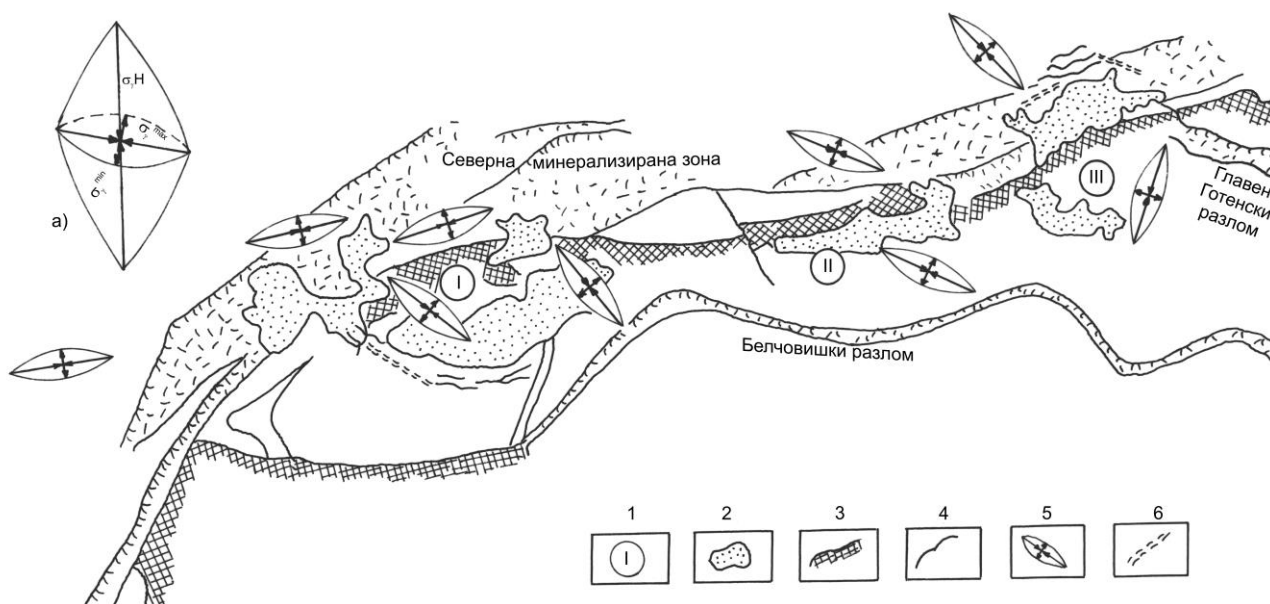
Характеристика на находището

Рудните залежи са разположени по контакта, между седиментен комплекс и внедрен в него магматичен интрузив – т.н. северна минерализирана зона (фиг. 1). Тя е със сложна форма, ограничена от север от Готенския разлом, а от юг – от Белчовишкия.

Зоната е просичана от многобройни средноамплитудни оперяващи и свързващи тектонски нарушения, които са основните рудовместващи структури. Рудните тела са от различен тип – жилни, обособени, свързани или разделени с прослойки.

Седиментният комплекс е изграден основно от шистозни скали – въглищно глинести и глинесто-песъкливи, брекирани разновидности. Интрузивът се състои от разновидности на сиенита, кварцсиенити и граносиенити.

Вместващият масив и рудните зони, вследствие многобройните тектонски въздействия са напукани и смачкани, натрошени и изветрели.



Фиг.1. Ситуационна карта на находище «Сеславци». 1 – участък; 2 – рудно тяло; 3 – зона на контакта; 4 – съществуващи теренни разкъсвания; 5 – поле на напрежения; 6 – прогнозирани теренни разкъсвания

Подземните води са обособени в два водоносни хоризонта. Плитко циркулиращите води са пукнатинни, имат дебит 1 – 3 l/s и температура 7 – 12 °С. Дълбочинният водоносен хоризонт (250 – 300 m) е с дебит до 28 l/s и температура на водата 25 °С. Основните водоизточници са тектонските пукнатини и зоната на контакта. Подземните води се захранват основно от инфилтриращи се валежи и по-малко от подземни извори водоизточници.

Проблем

След интензивна дългогодишна експлоатация, още преди ликвидацията, системата Вместващ масив/Подземни изработки (ВМ/ПИ) губи устойчивост и терена е нарушен от дълбоки, паралелни разкъсвания с дължина до 150 m, ширина 1 – 1,5 m и видима дълбочина 3 – 5 m (фиг. 2). В същото време, проекта за техническа рекултивация планира използването на пътно-строителна техника за строителството на междуселищната инфраструктура. Тези обстоятелства, наред с изложеното по-горе налагат настоящата геомеханична оценка на състоянието на масива.

Изследвания и анализ на геомеханичната обстановка

Изследванията са проведени в три фази:

- Изследване на напрегнатото състояние на масива;
- Изследване на свойствата на скалите и масива;
- Оценка на въздействието на прилаганата технология за добив, върху НДС на системата ВМ/ПИ.

А. Естествено напрегнато състояние на масива. Най-точна картина на разпределението на магнитудите и ориентацията на компонентите на природното поле на напрежения в находището може да бъде получена чрез *in situ* измервания. При разработването на находище «Сеславци» такива измервания не са правени.

За целите на описаното изследване са извършени две реконструкции на разпределението на природното поле. Първата реконструкция възстановява разпределението на регионалното палеополе, чрез анализ на ориентацията на 77 тектонски разлома, установени в района на находището, класирани по възраст и разпределени по рангове, според дължината им.[2]

В резултат на анализа е установено:

- Наличието на тектонски компоненти на напрежения;
- Определена е ориентацията на максималното натисково тектонско напрежение ($\sigma_T \max$), което е с азимут, изменял се в геоложката история: $\alpha_{\sigma_T \max} = 87^\circ \div 113^\circ$ съответно, минималното тектонско натисково напрежение ($\sigma_T \min$) е имало ориентация $\alpha_{\sigma_T \min} = 337^\circ \div 3^\circ$.

Получените характеристики, макар и важни за изследването, не са характеристиките на съвременното поле, тъй като полученото разпределение е онова, което напреженията са имали при възникването на разломите [3].

За определяне на конфигурацията на съвременното поле, за втората реконструкция са използвани данните от инклинометрията на проучвателните сондажи [4], разположени в района на трите участъка на находището. Обработени са измерванията на отклоненията на 15 вертикално

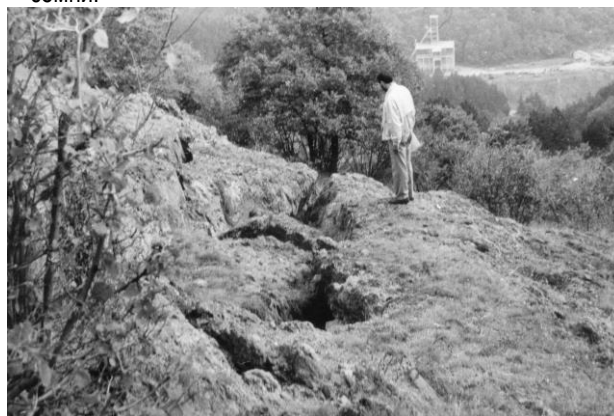
насочени сондажи – 8 прокарани от повърхността и 7 под-



а)

Фиг.2. Типични теренни разкъсвания над западния и източния експлоатационни участъци

земни.



б)

Обработката и анализът на данните (описани подробно в [3]) показва, че ориентацията на максималния тектонски натиск $\sigma_T \max$ е с направление $93^\circ - 94^\circ$. Минималния тектонски натиск $\sigma_T \min$ (относителен опън) е с посока $3^\circ - 4^\circ$. Получените резултати могат да се приемат за характеристики на съвременното природно поле на напрежения, тъй като, при прокарането на сондажите добивни работи не е имало.

Изследванията доказват съгласие между параметрите на палеополето и тези на съвременното поле. Естественото поле на напрежения е с конфигурация на елипсоид, чиято вертикална компонента се определя от гравитацията, а хоризонталните са в резултат на действащите тектонски напрежения. На фиг. 1а) е показан елипсоида на напреженията, характеризиращ естественото напрегнато състояние на масива в района на находище "Сеславци".

В хода на изследването са определени и характеристиките на естественото поле на напрежения за отделните участъци. За тази цел са обработени данните от инклинометрията на близко разположените сондажи, пресичащи зони със сходен стратиграфски строеж. Получените резултати са показани също на фиг. 1. От тях е видно, че разпределението на полетата в първи и трети участък е нехомогенно. Ориентацията на тектонските компоненти в северната и южната част на контакта са съществено различни. Вероятно това е обусловено от сложния строеж, от анизотропията и нееднородността на масива, както и от взаимодействието на тектонски оформените структурни блокове. Вторият участък от находището се характеризира с еднородно разпределение на параметрите на естественото поле. Анализите показват още, че показаното разпределение на полетата на напрежение се запазва и в дълбочина на масива, за отделните участъци.

Получените резултати позволяват районирането на находището по конфигурация на естественото поле на напрежения. В западния участък, в северната му част верти-

калната компонента достига стойност 5,6 МПа, а максималното хоризонтално напрежение е насочено субпара-

лелно. В южната част максималното вертикално напрежение достига 7 МПа, а ориентацията на максималния тектонски натиск е в посока СЗ/ЮИ. В източната част гравитационната компонента е минимална ($\sigma_{г,н} = 0,5 \div 2,8$ МПа), а максималния тектонски натиск е субмеридианен, различно ориентиран спрямо контактната зона от север и юг и има определящо значение за напрегнато деформираното състояние на системата ВМ/ПИ. В централната част на находището, максималното вертикално напрежение достига около 10 МПа, а ориентацията на максималния тектонски натиск е СЗ/ЮИ и е еднородна за целия участък.

Б. Физикомеханически свойства (ФМС) на скалите и характеризация на скалния масив. Наличните данни за лабораторно определените ФМС на основните литоложки типа скали, изграждащи масива, са обобщени в таблица 1.

Таблица 1

Параметър	Обемна плътност γ , [MN/m ³]	Якост на едноосов натиск σ_0 , [MPa]	Якост на опън σ_t , [MPa]	Кохезия, C [MPa]	Ъгъл на вътрешно триене, φ , [°]
Литоложки тип					
Шисти	0,026-0,027	17 - 18	4 - 7	2 - 3	20
Сиенит	0,027 - 0,028	80 - 100	18 - 22	7 - 11	40

Лабораторните изследвания са установили, че якостните свойства на представените разновидности силно зависят от водата. Те намаляват с 25 ÷ 50 % за сиенитите и шистите съответно, във водонапито състояние.

По геоложки данни, масивът е изграден от слаби, тектонски обработени, хидротермално изменени и изветрели скали. Данните за напуканост отнасят масива към III – IV категория [2] – средно до силно нарушен, с блокова струк-

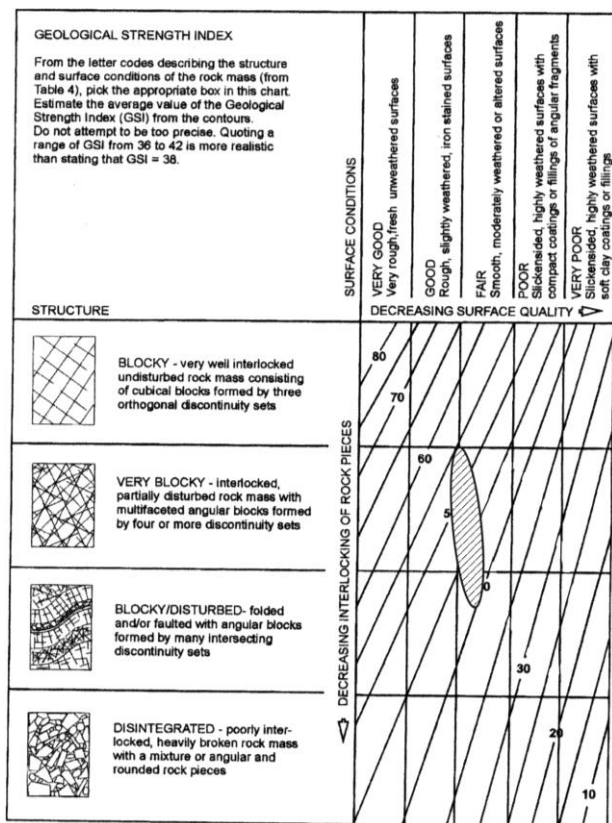
тура и ниска тангенциална якост по пукнатините и междублоковите контакти [5, 6].

Структурните характеристики на масива са определени чрез геомеханичните системи за класификация. Използвани са RMR класификацията на Bieniawski [7] и Q системата на Barton [8]. Получените резултати по първата класификационна система определят общо масива от III и клас (RMR = 55 – 61 %). Приложена за оценка на сервизните изработки, при използваните сечения, загубата на устойчивост на незакрепена изработка ще е между първия и втория месец. По втората система, полученият индекс на “качеството” на масива е Q = 2,83 (лош масив). Системата препоръчва задължително крепене на изработките [3].

Резултатите показват, че и чрез двете най-използвани в практиката схеми за характеризация на структурните свойства на скалите, нивото на геомеханичната устойчивост на вместващия масив е от задоволително до ниско [7, 3, 8].

Параметрите за качеството на масива, заедно с данните за лабораторните изследвания на ФМС на основните, изграждащи го типове скали, са използвани за определяне условията за загуба на устойчивостта на масива, в зависимост от неговата нарушеност. Най-подходящ в случая е критерият на Хоек – Браун [9]. За целта е използвана класификационната схема RMR⁸⁹ и въведения от Хоек параметър GSI (геоложки индекс на якост), даващ връзката между ФМС и структурните свойства на реалния масив [10].

Зависимостта между RMR и GSI индекса за разнородностите шисти и сиенитите е показана на фиг. 3 [9], чрез маркировката на диапазоните им на изменение.



Фиг.3 Диапазон на изменение на GSI индекса за основните видове скали на находище “Сеславци”.

Критерия на Хоек – Браун, свързващ максималното (σ_1) и минималното (σ_3) главни напрежения при разрушаване на масива, имащ якост на едноосов натиск σ_c :

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sqrt{m_b \sigma_3 \sigma_c + S \sigma_c^2} \quad (1)$$

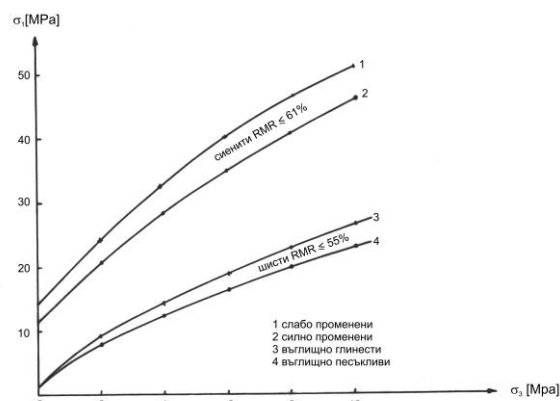
където: m_b - константа на Хоек – Браун за всеки литоложки тип скала;
 S - константа на Хоек, зависеща от структурните свойства на масива

Изчисляването на m_b и S е на база RMR:

$$m_b = m_i \exp\left(\frac{RMR - 100}{28}\right)$$

$$S = \exp\left(\frac{RMR - 100}{9}\right)$$

Горните зависимости и получените резултати са използвани за построяване на графиките на закона за разрушаване на масива за слабите (шистите), и здравите (сиенитите) скали, изграждащи вместващия комплекс. Резултатите са показани на фиг. 4.



Фиг.4. Критерии на Хоек – Браун за разрушаване на масива в зависимост от ФМС и структурните особености на скалите, изграждащи масива в находището

Резултантните обвиващи на критерия на Хоек – Браун за обхвата на изменение на показателите на масива показват, че основният фактор за разрушаване и загуба на устойчивост са неговите структурни свойства. И двете групи обвиващи имат сходен характер на развитие, което означава, че якостта на ненарушените скали определя само местоположението им в напреженовата скала на паспорта на якост[15].

В. Ефекти от технологичните въздействия. Най-характерното при оценката на последиците от прилаганата технология е, че един природно силно нарушен, с ниски якостни и структурни характеристики, малък обем (дължина 5 km, ширина 1 km и височина 250 – 300 m) масив, е просечен от изключително гъста мрежа добивни и сервизни изработки. Само капиталните изработки в находището са над 120, с обща линейна дължина надхвърляща 500 km.

Добивните пространства са с размери съизмерими с дълбочината им на залагане, като някои от тях, в проблемните участъци, се припокриват във височина.

Земната повърхност, в южната зона на първи участък и в северната на трети, са в условията на пълно подработване. Една съществена част от обслужващите минни изработки (~ 60 %) са с неблагоприятна ориентация, относно направлението на максималното хоризонтално (тектонско) напрежение.

Прилаганата технология, подработването и малката дълбочина на минните работи обуславят интензивно деформиране на горележащите скали.

Процесите на движение не са плавни и се създават условия за разкъсването на терена, над добивните участъци I и II. Силно нарушеният и отслабен масив обуславя малки ъгли на движение с висока амплитуда и кратък период на развитието им [5, 11]. Използваното сухо скално запълнение е с високи компресионни свойства и слягането му достига до 25 %. За осигуряване на работата му по поддържане на изветите пространства е необходим стабилен контакт с горележащите скали, което е трудно осъществимо при специфичните минно-технически условия в находището. Запълнението е добивано от вътрешни кариери, с което в масива са образувани допълнителни открити пространства.

Влиянието на плитко заложен добивни пространства, в условията на тектонско поле върху устойчивостта на масива е изследвано обстойно в [12]. Приложен към находище “Сеславци” за участъци 1 и 3, цитирания подход, при отношения дълбочина/размер на добивните пространства

($0,2 < H/L \leq 1$), обуславя концентрация на напреженията в стените на изработките ($k_c = 2,2 \div 2,5$) и горнището ($k_r = 1,25 \div 1,5$) както и условия за поява на опънни напрежения в него [12].

Всичко изложено тук, наред с установените характеристики на свойствата на вместващия масив и тектонския тип естествено поле на напрежения, във взаимодействие си, предпоставят наблюдаваната загуба на устойчивост на системата ВМ/ПИ, развила се до земната повърхност. В детайлна прогноза [3], за създадената в находището геомеханична обстановка, е оценена вероятността за продължаващо развитие на опасни геомеханични процеси. Впоследствие прогнозата е верифицирана и потвърдена, в един къс период след изготвянето ѝ.

Г. Оценка на геомеханичния риск. Факторите обуславящи геомеханичния риск, условията за неговото настъпване и последиците му са много, разнородни и с различен формат. По тези причини, подходите прилагани за оценката на геомеханичния риск са основно феноменологични [14, 10]. Когато се анализира геомеханичното състояние на ликвидиран подземен рудник, проблема се усложнява значително поради следните особености:

- НДС на системата ВМ/ПИ и развиващите геомеханични процеси на ликвидиран подземен рудник се определят единствено под въздействието на неконтролируеми и неуправляеми вътрешни и външни фактори;
- Системата е недостъпна за преки измервания и наблюдения, чрез които да се получи актуална количествена информация за нейния геомеханичен статус и нивото ѝ на устойчивост.

По тези причини, на база изложените анализи, тук е предложена една качествена оценка на геомеханичния риск за ликвидирания рудник “Сеславци”. За целта са идентифицирани и приоритизирани главните рискови фактори и техните вероятни последици за отделните участъци от находището. Резултатите от този анализ са представени в таблица 2.

Таблица 2.

Класификация на геомеханичен риск за системата ВМ/ПИ на находище “Сеславци”

Участък	Опасност	Идентификация на приоритетните рискови фактори	Последици	Категория на геомеханичен риск
1	2	3	4	5
I ^и ЗАПАДЕН	Загуба на устойчивост с увреждане на земната повърхност	- НДС от тектонски генотип с нехомогенно разпределение; - Масив с разуплътнена блокова структура и стръмнозападащи контакти, нарушен от средно и нискоамплитудна напуканост, ниска тангенциална якост на пукнатините и междублоковите контакти. Изграждащи скали със силно отличаващи се ФМС. Ниска якост на монолита, зависима от подземните води, акумулиращи се в изработките $RMR \approx 55$; - Механизъм на разрушаване – структурни придвижвания на подсечени блокове; - Най-голям обем интензивна и несистемна експлоатация; сложна, гъста мрежа от плиткозаложен добивни и сервизни изработки с отношение $H/L \leq 1$, припокриващи се във вертикала неблагоприятни натоварвания и поява на концентрации на индуцирани напрежения; -реализирани разкъсвания на земната повърхност.	Нови и свързващи (съществуващите) разкъсвания, ориентирани в посока СЗ-ЮИ	Висок (потенциал за неколкостранно настъпване на събитието в 5 г. период [14])

Продължение на Таблица 2.

1	2	3	4	5
II ^и ЦЕНТРАЛЕН	Загуба на устойчивост с прояви на земната повърхност	- НДС от тектонски генотип, хомогенно разпределение; - по слабо променен масив; по-малко напукан; с по-малко тектонски нарушения; с най-добри характеристики RMR = 61; взаимно заключени структури; - по-проста конфигурация на мрежата сервизни и добивни изработки, заложи на най-голяма дълбочина $H/L \geq 1$; - механизъм на разрушаване от превишаване на якост в дълбочина и структурни придвижвания в горните хоризонти; - няма разкъсвания на повърхността.	Постепенни слягания и образуване на мулди, разкъсвания – малко вероятни.	Нисък
III ^и ИЗТОЧЕН	Загуба на устойчивост с увреждане на земната повърхност	-Тектонско НДС с нехомогенно разпределение, с определящо влияние на хоризонталните компоненти; -най-слаб, блоково-слоист, нарушен и променен масив, силно зависим от инфилтрацията на подземните води $RMR \leq 55$ % (на места 50-52 %) нарушени коренни скали; -добивните пространства почти достигат повърхността $H/L < 0,2$, гъста мрежа изработки с неблагоприятна ориентация спрямо σ_T max; -механизъм на разрушаване от структурни придвижвания; -реализирани разкъсвания на земната повърхност.	Нови оконтуряващи протяжни разкъсвания на терена и внезапни пропадания в северната част	Много висок (потенциал за настъпване – веднъж годишно [14]).

Заклучение

1. В резултат на съчетаване на специфични геоложки, геомеханични, миннотехнически условия и 45-годишна интензивна експлоатация, концентрирана в тясно ограничен обем скален масив, системата Вместващ масив/Подземни изработки е загубила устойчивост и са реализирани опасни геомеханични процеси, нарушаващи земната повърхност над западния и източен участък на рудник "Сеславци"
2. Идентифицираните рискови фактори и механизми на разрушаване обуславят геомеханичен риск, чиято категория и време на настъпване, след ликвидацията, се определят единствено от неконтролируеми и неуправляеми вътрешни и външни, за вече неустойчивата система, условия и явления.
3. При формираната сложна геомеханична ситуация, притежаваща потенциал за неблагоприятно развитие, проектите за техническа рекултивация и строителство, към времето на настоящия анализ, са неприложими.
4. Въз основа на геомеханичната оценка е препоръчително опасните зони да бъдат обозначени и обезопасени, и на територията им да се организират маркшейдерски наблюдения, за установяване на характера и етапа на процесите на движение на подработените части от земната повърхност.

Литература

1. ПМС № 163/1992 Г. за прекратяване на уранодобивната дейност в Република България и нейното ликвидиране
2. Козырев А. Геомеханическое обеспечение разработки месторождения Кольского полуострова, Апатиты, 1989
3. Ivanov V., Assenov D. "Geomechanical prognosis of the state of the massif in an Abandoned Underground Mine from Enviromental Protection point of view", Yugoslav Conference with International Participants, Proceedings, Belgrade, 1996
4. Способ определения направлений главных тектонических напряжений в массиве горных пород, АС № 1208237, СССР, 1987 г.
5. Турчанинов И. А. Основы механики горных пород, Недра, 1989
6. Rock Characterisation Testing and Monitoring ISRM, Suggested Methods, Pergamon, 1981
7. Bienjawski Z. T. Engineering Rock mass classifications, NY, Wiley, 1989
8. Barton et al Application of the Q-sistem in design decisions NY, Pergamon, 1980
9. Hoek E. Streugth of Rock and Rock Masses, Int J. of Rock Mech Min Sci & Geomech Abstr. 14.255.279
10. Hoek E. Rock Engineering, 2001
11. Турчанинов И. А. Тектонические напряжения в земной коре и устойчивость горных выработок, Л. Наука, 1978
12. Марков Г. А. О распределении горизонтальных тектонических напряжений в близи поверхности в зонах поднятии земной коры , ФТПРПИ, N5, 1975

13. Иванов В. Методология за геомеханична оценка на състоянието на масива при ликвидирани подземни рудници, Сборник доклади Международна конференция "Ролята на геомеханиката за устойчиво развитие на минната индустрия", 2007, Несебър, България.
14. Стандарт по управление на риска, FERMA, 2003, IRM, CE
15. Hudson J. R. "Atlas of Rock Engineering Mechanisms: Underground Exavations", Int J. of Rock Mech & Geomech Abstr. Vol 28, № 6, 1991

Препоръчана за публикуване от
Катедра "Подземно разработване на полезни изкопаеми", МТФ

ОСНОВНИ ПРИНЦИПИ И ПРИЛОЖЕНИЯ НА МЕТОДА НА ПРЕМЕСТВАНИЯТА

Виолета Трифонова-Генова

Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски“, 1700 София

РЕЗЮМЕ: Статичното изследване на разрезните усилия за различни строителни конструкции от постоянни външни въздействия се определят от силовият или деформационният метод. Ако обаче основите на конструкцията са подложени на общо преместване (транслация и ротация) тези методи са неприложими. За решаването на такива задачи е изграден един нов теоретичен метод, наречен "Метод на преместванията".

Този метод се основава на следните теоретични принципи: прилага се принципа на сечението за предварително решената система при статично състояние и се формира основната статично определена "конзолна колона", въз основа на която се определят разрезните усилия в системата. За различните системи тази конзолна колона има различна форма.

Тук е разгледан случаят на едноетажна рамка, основите на която са подложени на хоризонтални премествания. Решението е доведено до числени резултати за определена по размери и натоварване рамка, като са построени диаграмите на разрезните усилия.

BASIC PRINCIPLES AND APPLICATIONS OF METHOD OF DISPLACEMENT

Violeta Trifonova - Genova

University of Mining and Geology "St. Iv. Rilski", 1700 Sofia

Abstract: Static research of interior forces for the different building constructions of constant exterior effects are determined by using the method of force or deformation. If, however, the foundations of the construction are subjected to general displacement (translation and rotation) in that case these methods are inapplicable. For solving such problems a new theoretical method is developed called 'Method of displacement'.

This method is based on the following theoretical principles: the principle of the vertical section for preliminary solved system in static state is applied and the main static 'corbel beam' is formed on the bases of which the internal forces of the system are determined. For the different systems that 'corbel beam' has a different form. In this research the case of one-storey frame is considered which foundations are subjected to horizontal displacements. The solution is worked out to numerical results for a frame of certain dimension, size and load as the diagrams of the interior forces are built.

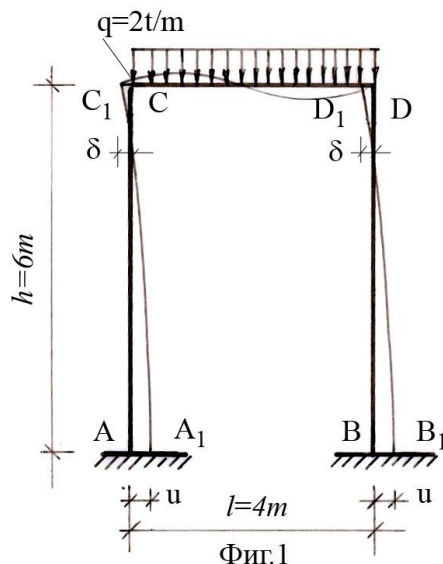
За определяне на разрезните усилия за различни строителни конструкции, при постоянни външни товари и статично състояние на конструкциите, се използват силов или деформационен метод. При тези методи основната задача е определянето на основната статично определена система. При съставяне на тази система се прилага принципа на сечението като в зависимост от степента на статичната неопределеност на конструкцията се съставят каноничните уравнения от които се определят неизвестните разрезни усилия. Характерно тук е, че основната статично определена система е недеформируема като опорите остават неподвижни и при това състояние се определят разрезните усилия в изследваната система.

При редица случаи в практиката се явяват премествания на фундаменти на конструкцията, които могат да се изразят чрез резултатната на силовата динамика (транслация в трите главни направления и ротация спрямо тези направления). При така поставената задача горепосочените методи са неприложими. За изследване на такива премествания на основната конструкция е изграден един нов метод за определяне на разрезните усилия наречен "метод на преместванията". Основните принципи на този метод се изразяват в прилагане на „принципа на сечението“ и формирането на основна статично определена система "конзолна колона". Тя се подлага на

динамично преместване в основата и изследванията се провеждат при деформирано състояние. Предполага се, че разрезните усилия на разглежданата конструкция са предварително определени при статично състояние на външното натоварване. При формиране на конзолната колона се прави сечение в точката на запъването на ригела в колоната, като в това сечение се прилагат усилията от статичното решение на системата. Въз основа на тези основни принципи се изследват всички елементи на конструкцията (колони и ригели) при състояние на преместване на основите.

Тук изследваме едноетажна рамка, която намира приложение при жилищното строителство, подземните минни тунелни, хидротехнически и др. съоръжения. Изследванията се провеждат при конкретни натоварвания и размери на конструкцията, както е показано на фиг. 1.

Вертикалната деформация във върха поради малката и стойност в сравнение с хоризонталното преместване се пренебрегва. Решението е приведено за общия случай. Основните уравнения са изградени при прилагане на метода на Коробьов [1] с пренасяне на всички товари във върха на конзолната колона, а точното решение за пренасянето на товарите във върха на колоната се извършва чрез прилагане на принципа на редукция на силите действащи върху върха на колоната.



Може да се използва един от двата метода. Въз основа на така натоварената конзолна колона се определят разрезните усилия за определено сечение при деформирано състояние и се построяват диаграмите. За конкретния случай на равномерно разпределен товар по ригела на рамката, разрезните усилия M_n , Q_n , N_n са определени по статичен метод.

Предполагаме, че материалът е от стоманобетон с размери на колоната 30/50 cm, а на ригела е 30/60 cm. Модулът на еластичността е $E=3000\text{kN/m}^2$, стойностите на инерционните моменти са $J_1=0,003125\text{m}^4$, $J_2=0,0054\text{m}^4$, а коравината е $EJ_1=9,375\text{kN/m}^2$. При преместване на основите на разстояние $u=0,3\text{m}$ е определен огъващия момент за произволно сечение x , който има вида:

$$M(x) = M_n + Q_n(h-x) + N_n(z+\delta) \quad (1)$$

За случаите като $x=0$, $z=0$ $M(0) = M_n + Q_n h + N_n \delta$

$$x=h, z=-\delta \quad M(h) = M_n,$$

който е момента във върха на колоната при статично решение на задачата. В уравнението за момента неопределено е преместването δ , което може да се определи от решението на диференциалното уравнение на огъвателната линия на колоната, което има вида:

$$z'' + a^2 z = -b - c(h-x) - a^2 \delta \quad (2)$$

$$\text{където } a^2 = \frac{N_n}{EJ_1}, \quad b = \frac{M_n}{EJ_1}, \quad c = \frac{Q_n}{EJ_1}.$$

Общият интеграл на уравнение (2) при гранични условия $x=0$, $z=u$;

$$x=h, \quad z'=0;$$

има вида:

$$z = \left(u + \delta + \frac{b}{a^2} + \frac{ch}{a^2} \right) \cos ax - \frac{c}{a^3} \sin ax + \left(-\delta - \frac{b}{a^2} - \frac{ch}{a^2} \right) + \frac{cx}{a^2} \quad (3)$$

От условието $x=h$, $z=-\delta$ се получава преместването δ във върха на колоната

$$\delta = -u + \frac{b}{a^2} \left(\frac{1}{\cos ah} - 1 \right) + \frac{c}{a^2} \left(-h + \frac{tgah}{a} \right) \quad (4)$$

След заместване на (3) и (4) в (1) уравнението на момента приема вида:

$$M(x) = M_n + Q_n(h-x) + N_n \left(\left(\frac{b}{a^2 \cos ah} + \frac{ctgah}{a^3} \right) \cos ax - \frac{c}{a^3} \sin ax - 2u + \frac{b}{a^2} \left(\frac{2}{\cos ah} - 1 \right) + \frac{c}{a^2} \left(-h + \frac{2tgah}{a} \right) + \frac{cx}{a^2} \right) \quad (5)$$

Ригелът се изследва като еластично подпърна гредя на две опори натоварена с усилията придадени от колоните. При изследването се взема под внимание, че ригелът се е деформирал хоризонтално с величина δ определена по формула (4). Приема се изменение на координатната система, като оста x е по оста на ригела, а оста z е вертикално насочена надолу. При това състояние огъващия момент за произволно сечение на ригела има вида:

$$M_p(x) = M_n \left(1 - \frac{2x}{l} - \frac{2\delta}{l} \right) + 3(Q_n \sin \alpha - N_n \cos \alpha)z \quad (6)$$

$$\alpha = z'(h) = -a \left(u + \delta + \frac{b}{a^2} + \frac{ch}{a^2} \right) \sin ah + \frac{c}{a^2} (1 - \cos ah)$$

Диференциалното уравнение на огъвателната линия при деформирано състояние на ригела има вида

$$z'' + a_1^2 z = b_1 + \delta d_1 + x d_1 \quad (7)$$

$$\text{където } a_1^2 = \frac{Q_n \sin \alpha - N_n \cos \alpha}{EJ_2}, \quad b_1 = \frac{M_n}{EJ_2},$$

$$d_1 = \frac{-2M_n}{lEJ_2}$$

Общият интеграл на уравнение (7) при гранични условия

$$x=-\delta, \quad z=0;$$

$$x=1-\delta, \quad z=0;$$

се получава във вида:

$$z = \frac{1}{a_1^2} \frac{-b_1 \sin[a_1(1-\delta)] + (b_1 + d_1 l) \sin a_1 \delta}{\cos a_1 \delta \sin[a_1(l-\delta)] + \sin a_1 \delta \cos[a_1(l-\delta)]} \cos a_1 x + \frac{1}{a_1^2} \frac{+b_1 \cos[a_1(1-\delta)] - (b_1 + d_1 l) \cos a_1 \delta}{\cos a_1 \delta \sin[a_1(l-\delta)] + \sin a_1 \delta \cos[a_1(l-\delta)]} \sin a_1 x + \frac{b_1 + \delta d_1}{a_1^2} + \frac{d_1 x}{a_1^2} \quad (8)$$

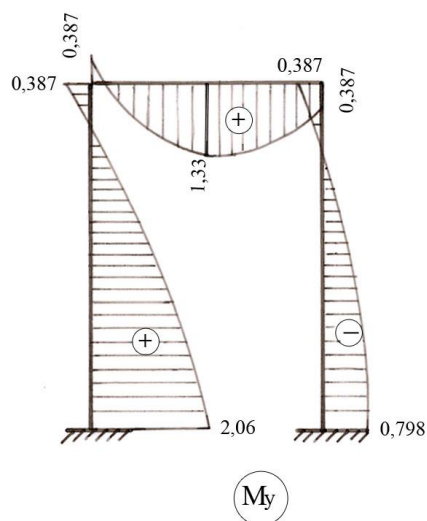
Като се замести (8) в уравнение (6) се получава окончателният израз за огъващия момент

$$M_p(x) = M_n \left\{ 1 - \frac{2x}{l} + \frac{2u}{l} - \frac{2b}{la^2} \left(\frac{1}{\cos ah} - 1 \right) - \frac{2c}{la^2} \left(-h + \frac{tgah}{a} \right) \right\} +$$

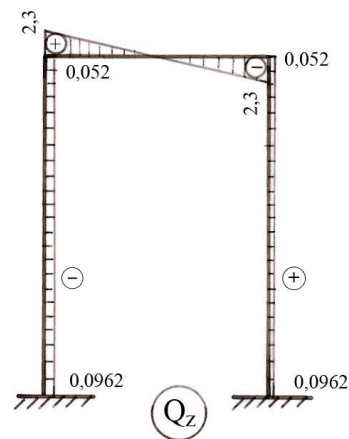
$$+ 3(Q_n \sin \alpha - N_n \cos \alpha) \left\{ \begin{aligned} & \frac{1}{a_1^2} \frac{-b_1 \sin[a_1(1-\delta)] + (b_1 + d_1 l) \sin a_1 \delta}{\cos a_1 \delta \sin[a_1(l-\delta)] + \sin a_1 \delta \cos[a_1(l-\delta)]} \cos a_1 x + \\ & + \frac{1}{a_1^2} \frac{+b_1 \cos[a_1(1-\delta)] - (b_1 + d_1 l) \cos a_1 \delta}{\cos a_1 \delta \sin[a_1(l-\delta)] + \sin a_1 \delta \cos[a_1(l-\delta)]} \sin a_1 x + \\ & + \frac{b_1 + \delta d_1}{a_1^2} + \frac{d_1 x}{a_1^2} \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Нормалните и напречните сили се определят от условието за равновесие на деформираните части от колоната и ригела за сечението x .

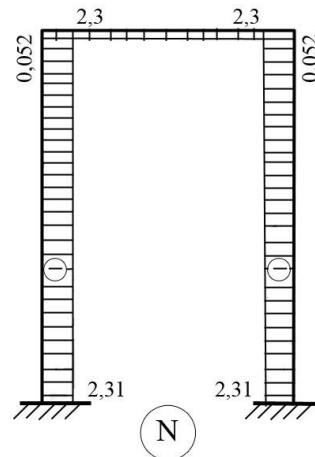
Въз основа на така получените формули са изчислени и построени диаграмите на M_n , Q_n , N_n на рамката на фиг.2 а,б,в.



Фиг.2а



Фиг.2б



Фиг.2в

Литература

- Прокофиев И. П., Смирнов А. Ф. Теория на съоръженията, ч. III, С. 1953.
 Дарков А. В., Кузнецов Б. И. Строительная механика, М. 1956.
 Минчев И. Т. Теория на катастрофалните разрушения, С. 2003.
 Жемочкин Б. Н., Пащевский Д. П. Курс строительной механики, М. 1950.

Рецензент проф. д-р Иван Минчев

РЕЗУЛТАТИ ОТ ПРЕДВАРИТЕЛНИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ ЗА ПРИЛАГАНЕ НА СОНДО-ШНЕКОВ ДОБИВ В МИНА "БЕЛА ВОДА"

Георги Стоянчев, Кръстю Дерменджиев

МГУ "Св. Иван Рилски", 1700 София

РЕЗЮМЕ. Повишаването на ефективността на добива в условията на мина "Бела вода" е свързано с прилагане на съвременни добивни технологии. Една от тях е сондо-шнековата. Във връзка с оценката за приложимостта на тази технология, в условията на мината бяха проведени експериментални изследвания, резултатите, от които са представени в настоящата работа.

SOME RESULTS FROM PRELIMINARILY EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS FOR AUGER DRILLING MINING METHOD APPLICATION IN "BELA VODA" MINE

Georgy Stoianchev, Krastu Dermendgiev

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700, Sofia

ABSTRACT. Mining effectiveness enhancement in "Bela voda" coal mine is connected to application of advanced mining technologies. Auger drilling mining method is one of them. Some experimental investigations of that technology application in the "Bela voda" mine conditions were made. The results and their assessments are given in the paper.

Концесионната площ на мина "Бела вода" е сравнително голяма. В нея е извършвана, във времето и при различни наименования на рудниците, интензивна минно-добивна дейност. В резултат на това запасите и ресурсите, включени в площта са съсредоточени в сравнително ограничени по площ блокове. Тези блокове са с неправилна форма, с различен брой на пластовете и различно състояние – надработени или подработени. Поради тези причини в цялостния проект [3] рудничното поле е разделено на 5 обособени участъка, със самостоятелни технологични площадки, разкриване, подготовка, транспорт и вентилация.

В тези площно ограничени участъци, със сложно състояние на масива е изключено прилагането на съвременни комплексно-механизирани технологии. Затова още от началото на усвояване на запасите в участък "Централен" беше проектирана и приложена камерно-стълбова система с използване на галериен комбайн 4ПУ [1,2].

Посочената по-горе добивна технологична схема се реализира ефективно при дебелина на пласта между 2,5-3,5 m. При по-малки дебелини се налага подкопаване на скалите от горнище или долнище, при което ефективността намалява.

В концесионната площ преобладаващата част от ресурсите – запасите са съсредоточени в тънки пластовете, с мощност между 0,7-1,25 m. Затова усилията на управляващия инженерен екип са насочени към проучване на опита и техниката за прилагане на сондо-шнековия добив, включително и финансиране на проектно-конструкторска работа по създаване на сондо-шнеков комплекс за услови-

ята на мината. Във връзка с това бяха направени съответните проучвателни, оценъчни и експериментални изследвания за обосноваване или не на възможността за прилагане на сондо-шнеков добив и някои параметри на оборудването [4].

Проучването на опита и условията за прилагане на сондо-шнекови технологии показва, че на практика съществуват различни технически изпълнения на съответните добивни и транспортни средства, но най-общо приложението им е в добивни (подземни и открити) участъци със сравнително издържана хипсометрия, наклони до 8-10°, устойчиви масиви (вместващи скали и възглиця) и дебелина на пластовете между 0,7-1,25 m.

В концесионната площ на мина "Бела вода" тънките пластовете, В_{д.е.}, С_{д.е.} и С_{г.е.} се намират на различна дълбочина (50 – 120 m), но тяхното положение в представителните стратиграфски колонки е строго фиксирано. Непроменени са вместващите скали по вид и литоложка разновидност. Дебелината на пластовете и вместващите скали варира в сравнително тесни граници. Възглицята са сравнително чисти и са с ниска пепелност и влажност. Вместващите скали са представени от черни горливи шисти, глинесто-песъклив мергел, сиви глинести шисти, глинест мергел и глинесто-песъклив мергел с валуни – здрави включения.

Данни за основните физико-механични свойства на възглицята и вместващите скали се представени в табл.1.

По приетите класификации по устойчивост вместващите скали се отнасят към тези с устойчивост по-ниска от средната и към средноустойчивите. Скалите от непосредственото долнище са най-често слаби, склонни към отслабяване и самообрушаване.

При отработване на запасите по пластове А и В_{г.е.} във времето, запасите в пластове В_{д.е.}, С_{д.е.} и С_{г.е.} са подработвани. Това подработване е различно във времето и по площ като макар, че се очаква сравнително добра консолидация на подработваните масиви се допуска и относително намаляване на стойностите на характеристичните физико-механични свойства. Това намаление е свързано и със структурното състояние на възлищата и скалите. Може да се очаква увеличена структурна нарушеност, разуплътняване и увеличена склонност към самообрушаване при прокарване на минни изработки и добив.

При проучването на съществуващи сондо-шнекови комплекси, като най-приемлив от гледна точка на изземваната мощност и габарити беше избран сондо-шнековия комплекс БШК-2ДУ, производство на Украйна и технологичните схеми на работа прилагани в Китай при използването му (фиг.1).

На базата на основните параметри на този комплекс бяха подработени параметрите на експлоатационните отвори – “сондажи”, прокарани при експерименталните изследвания (in situ), заложили в [4].

Експерименталните отвори бяха реализирани в откос на стъпало с разкритие на възлищен пласт В_{д.е.}.

Като основни цели на изследването бяха заложили: изследване поведението на минния масив в условията на мина “Бела вода” при сондажно изземване на тънки пластове; оценка на устойчивото състояние на незапълнен сравнително дълъг отвор с определено сечение и параметри; формиране на заключение за възможността за прилагане на сондо-шнекова технология в мина “Бела вода”.



Фиг.1.

За постигане на заложените по-горе цели беше разработена подробна програма за осъществяване на експеримента, включваща: необходим брой и направление на отворите; параметри на отворите и взаимно разположение; параметри на целиците; набелязване на реперни точки и

измерване на преместванията по контура на отворите във времето; наблюдение за състоянието на скалите и възлищния пласт в откоса на стъпалото и др.

Прокарване на експериментални ниши

За симулиране на условия, близки до тези, при които се прокарва добивната изработка със сондо-шнеков или комплекс с т.нар добивен комбайн за тесни забои “continuous miner” (КМ) беше решено прокарването на експерименталните ниши да се осъществи с проходчески комбайн 4ПУ.

Прокарването на нишите с комбайн наложи преоценка на размерите на нишите и частично формата на напречното сечение. Предвид скоростта на прокарване на нишата се изключи използването на обезопасяващ крепеж в изработката, което автоматично доведе до намаляване дължината (дълбочината) на нишите.

Лошото време и сравнително голямата продължителност на прокарване на нишата в условията на откос с голяма височина, без използване на крепеж, наложи броят на експерименталните ниши да бъде намален до две. Това решение беше съгласувано и с факта, че наблюдаваните ефекти на поведение на възлищата и вместващите скали при прокарване на първата ниша се потвърдиха и при втората ниша.

Технологията на прокарване на нишите беше съобразена с габаритите и възможностите на комбайна. В съответствие с тях, при прокарване на началните 2,0 m се подкопаваше долнището на дълбочина до 0,4 m. Следващите 1 – 1,5 m към дъното се оформяха без подкопаване на скалите от долнището, изцяло върху възлищния пласт.

Зарисовки в различни проекции на нишите са дадени на фиг. 2 и фиг.3.

Наблюдения и измервания

За целите на изследването бяха организирани и проведени наблюдения и измервания. Наблюденията включваха отразяване на визуални ефекти, а измерванията – фиксирани на характерни елементи на експерименталните отвори и минния масив, реперирани и измервания, преди прокарването и непосредствено след прокарването на изработката в масива.

Наблюдавани ефекти

При прокарване на минните изработки се осъществява взаимодействие между средствата за прокарване и минния масив. Минната изработка (отвор, разположен в масива) се характеризира с определена форма, размери и конфигурация. При прокарването ѝ се извършва сложно преразпределение на напреженията в масива около нея (особено при седиментни възлищни масиви), при което се осъществява взаимодействието между масива и изработката.

Таблица 1

Пластови показатели	*В* долен етаж	***С* долен етаж	*Шистозен*
I.НЕПОРЕДСТВЕНО ГОРНИЩЕ			
1. Литоложки вид	глинесто-песъклив мергел	глинесто-песъклив мергел	сиво-кафява глина
2. Средна мощност, m	4,2	4,8	5,46
3. Естествена влажност, %	10,61	13,68	8,36
4. Обемно тегло, kN/m³	21,0	22,1	15,3
5. Якост на натиск на неправилна форма, МПа	1,81	0,80	2,10
6. Якост на натиск, МПа	8,36 (α-0,078) слаби скали	6,71 (α-0,093) слаби скали	24,61 (α-0,04) средна якост
7. Якост на опън, МПа	1,18	0,54	2,53
8. Якост на срязване, МПа	1,43	1,15	4,91
9. Сцепление, МПа	2,39	1,72	9,88
10. Ъгъл на вътрешно триене,...	28,08	33,19	37,15
11. Модул на еластичност 1.10 МПа	2,72	0,67	1,93
12. Коефициент на Поасон	0,30	0,22	0,14
II. НЕПОСРЕДСТВЕНО ДОЛНИЩЕ			
1. Литоложки вид	глинесто-песъклив мергел	глинесто-песъклив мергел	сиво-кафяв мергел
2. Носимоспособност МПа	29,2 здраво долнище	1,5 слабо долнище	12 здраво долнище
3. Естествена влажност, %	12,11	12,29	8,43
4. Обемно тегло, kN/m³	21,8	22,9	18,5
5. Якост на натиск на неправилна форма, МПа	2,26	0,30	2,88
6. Якост на натиск, МПа	10,47 здрави скали	3,81 много сл. скали	18,68 средна якост
7. Якост на опън, МПа	10,8	0,49	3,16
8. Якост на срязване, МПа	1,79	0,68	4,25
9. Сцепление, МПа	2,73	1,25	5,58
10. Ъгъл на вътрешно триене,... °	33,80	29,91	26,33
11. Модул на еластичност 1.10 МПа	2,19	0,6	2,5
12. Коефициент на Поасон	0,26	0,29	0,3
III. ОСНОВНО ГОРНИЩЕ			
1. Литоложки вид	гринесто-песъклив мергел	глинесто-песъклив мергел	глинесто-песъклив мергел
6. Якост на натиск, МПа	изменя се в границите от 6,5 до 7,3		
7. Якост на опън, МПа	изменя се в границите от 0,9 до 1,00		
8. Якост на срязване, МПа	изменя се в границите от 0,5 до 1,6		
9. Сцепление, МПа	изменя се в границите от 0,57 до 2,59		
10. Ъгъл на вътрешно триене,... °	изменя се в границите от 19,0 до 33,8		
11. Модул на еластичност 1.10 МПа	изменя се в границите от 0,47 до 0,85		
IV. ВЪГЛИЩА			
1. Средна мощност, m	1,20	1,35	0,90
2. Естествена влажност, %	18,18	16,93	16,5
3. Обемно тегло, kN/m³	14,7	15,6	16,0
4. Якост на натиск на неправилна форма, МПа	2,92	1,66	1,99
5. Якост на едноосов натиск, МПа	10,43	9,40	12,3
6. Якост на опън, МПа	2,09	0,69	2,2
7. Якост на срязване, МПа	2,60	1,17	2,5
8. Сцепление, МПа	3,35	2,72	3,75
9. Ъгъл на вътрешно триене,... °	28,65	33,65	30,0

Това взаимодействие се изразява чрез различни ефекти като: деформиране, преместване, напуквания, отслояване, разрушаване и обрушване на масива по периметъра на изработката. Във връзка с това и с планираните зони и точки за наблюдение и описание на поведение и състояние на масива, по време на прокарване на нишите, обекти на наблюдение бяха: изкопаването от работния орган на комбайна, чрез рязане, откъртване на възглицата и скалите в долнище; състоянието и поведението на възглицата по периметъра на нишата; състоянието и поведението на скалите от непосредственото горнище; състоянието и поведението на скалите от основното горнище; състоянието и поведението на скалите по откоса на стъпалото.

Извършените наблюдения по време на прокарване на двете ниши, след тяхното прокарване и по-късно във времето дават основание за следните обобщения:

- Макар и напукани възглицата се характеризират като здрави, с относително съпротивление на рязане не по-малко от 150-250 kN/m.
- Най-често работният орган работи в режим на откъртване, като оказва значително динамично въздействие върху възглицата от стените и скалите от непосредственото горнище. Рязането на скалите от долнище не представлява проблем за комбайна. Работният орган работи изключително в режим на рязане като съпротивлението на рязане е не повече от 200 kN/m.
- Възглицата са сравнително устойчиви по периметъра на изработката и в целика. Комплексната напуканост (ендогенна и екзогенна) е ортогонална и е представена основно от две системи – по простиране и по западане. Напукаността е формирана от натискови напрежения, като остатъчната якост на натиск е сравнително висока.
- Скалите от непосредственото горнище започват да се отслояват на тънки плочи с дебелина 3-5 cm и размери между 30-40 до 50-80 cm, на минимално разстояние от забойната стена – 1,0-1,2 m. Затова те могат да се разглеждат като лъжливо горнище. Отслояването до достигане на общата дебелина на непосредственото горнище 35-50 cm продължава във времето и се дължи на преразпределение на напреженията и на атмосферни влияния (промяна на влажността и разуплътнение). Може да се очаква, че самообрушаването на непосредственото горнище чрез разслояване ще съпътства прокарването на добивния отвор-сондаж или сторен сондаж-квазиелепса с плосък таван, през цялото време. Скоростта и височината на отслояване, както и характера на плочите при отслояване ще зависят от формата, размерите и скоростта на прокарване на отвора, състоянието на масива и дълбочината на изработката.
- Скалите от основното горнище (сиви глинесто-песъкливи мергели) макар и едроблочно напукани и при двете ниши запазват устойчивост. Не се наблюдава развитие на пукнатини, деформация, разрушение и самообрушаване. Това се дължи на малката дълбочина на изработките и малката големина на геостатичния товар. При увеличение на дълбочината, въпреки

че ще нарастват стойностите на якостните и деформационни параметри на масива, при получените размери на добивния отвор (ниша), самообрушаването ще обхване и част от скалите на основното горнище. Голямата ос на квазиелептичния отвор ще се преориентира от хоризонта към вертикала и ще се развива само в горнище.

При размери на отвора по вертикала около 1,0-1,4 m тази област на самообрушаване в горнище по вертикала може да достигне 2-2,5 m при неработен сондаж, а ако сондажа е в работа, височината на зоната ще нараства до достигане на очакван устойчив отвор (при стабилни целици) с ос по височината около (2-2,5).а, където а е половината от ширината на изработката, т.е. около 2,1-2,6 m. Когато се формира устойчивият отвор ще се формират и едри блокове, които ще затрудняват, а може да изваждат и от строя добивно-транспортното оборудване, прокарващо добивния отвор.

Затова от особено значение при формирането на безопасни геотехнологични условия, за ефективна работа на сондо-шнековото оборудване в условията на мини "Бела вода", са формата и размерите на напречното сечение на добивния отвор.

- Целикът между, ниша 1 и ниша 2 (фиг.3) е с широчина в най-тясната си част 1 m. Той е формиран с по-широки крачета в пода и тавана, като в тях ширината му достига около 1,5 m.

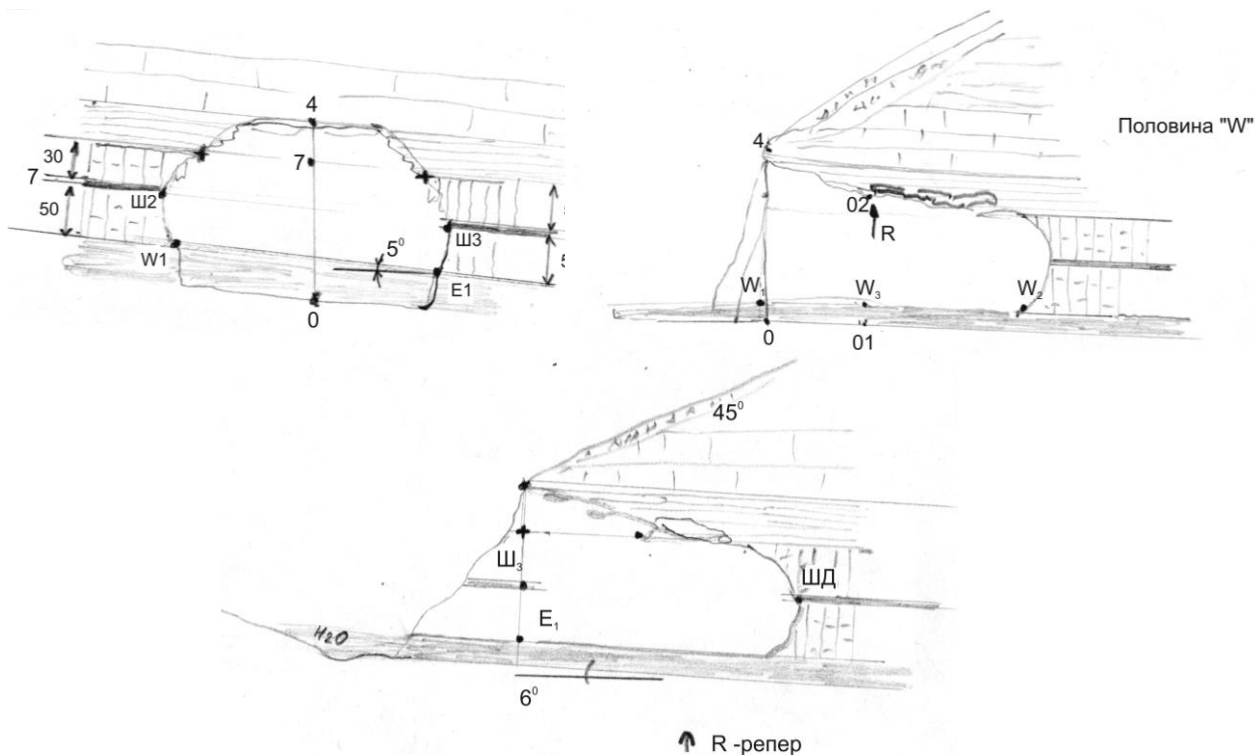
При наблюденията по време на прокарването на нишите не се наблюдаваха деформации, напукване и разрушения в целика. Това се дължи на малкия товар върху тях и относително значителната носеща способност, която се формира от якостта на натиск на възглицата. Възможно е намаляване или вариране на ширината на лентовия целик в зависимост от условията. Рационалните параметри на целиците могат да бъдат определени при пилотно и последващо внедряване на добивното оборудване. Възможните съотношение

$$\frac{B_c}{(B_k + B_c)}, \text{ където } B_c \text{ е широчината на целика, } B_k \text{ е}$$

широчината на камерата-отвора, m, могат да се движат от 0,50 до 0,30.

- По време на прокарване на нишите са наблюдаваше поведението на скалите по откоса на стъпалото. Въпреки сравнително голямата височина на стъпалото (15-18 m) и големите наклони – 50-60°, откосът беше устойчив. Не се наблюдаваха видими деформации на скалите, търкаляне на свободно насипани по откоса скални късове и свличания. Това най-вече се дължи на малката дълбочина на проникване на нишите. Може да се счита, че залагането и прокарването на разкриващи изработки в откос на стъпало (при вкопана руднична площадка на повърхността) по пласт В_{д.е.} няма да представлява проблем. Лесно може да се осигури портална част в откоса и по-нататъшното прокарване на изработки по пласта с подкопаване на скалите от долнището.

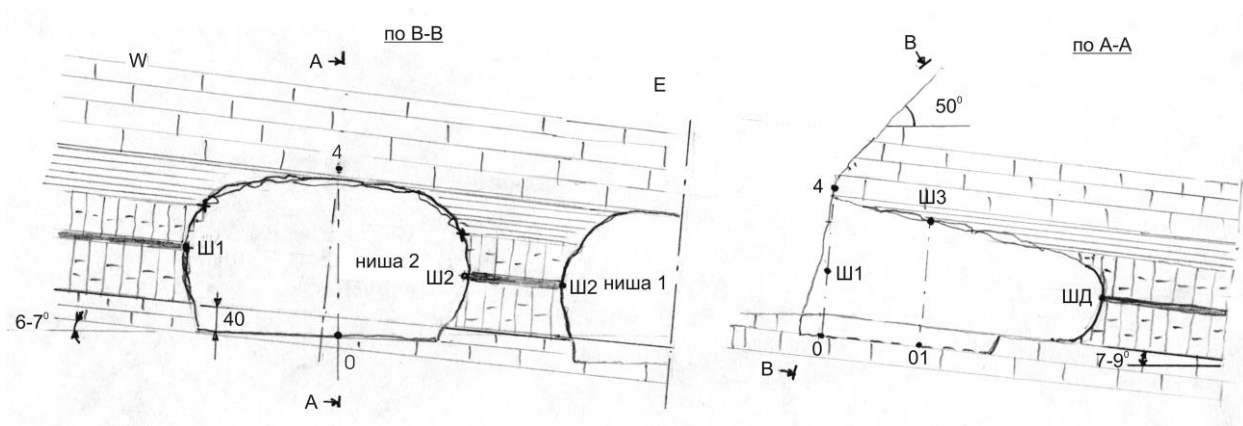
НИША № 1. нач. на пром. 30.VI. 10⁴⁰ h/край 16⁰⁰ h
 Замер на: 1.VII, 10⁴⁰



Фиг.2.

НИША № 2. нач. на пром. 2.VII. 9⁴⁰ h; портал, 10²⁰ h, край 12⁴⁵ h

Замер на: 2.VII, 14⁵⁰



Фиг.3

Измервания

За насочване на камерите, първоначално бяха очертавани размерите и формата на камерите. Те бяха определени в съответствие с т.3 (планиране на експеримента). Комбайнът визуално се насочваше за оформяне на нишите и целика.

След приключване на работите по прокарване на камерите се извършваха огледи, поставяне на реперни точки (чрез забиване на стоманизирани пирони) и измерване на разстоянията между тях. Наред с това се правеше зарисовка на масива и камерите.

Зарисовките на камерите и характерните разстояния между реперните точки се представени на фигури 2 и 3. На тях са представени хронологични данни за прокарването и извършване на замерите. Замерната таблица позволява замерите да се извършват във времето (по интервали) за отчитане премествания във времето.

Поради динамичният, кратковременен характер на добивната технология не са правени времеви замери.

Изводи и заключение

Анализите на зарисовките, замерите и наблюдаваните ефекти по време и след прокарване на експерименталните ниши, обвързани с очакваните минно-технически и геотехнически условия при отработване на запасите и ресурсите в пластовете В_{д.е.}, С_{д.е.} и С_{г.е.}, по подземен начин със сондажно-шнеково оборудване дават основание да бъдат направени следните изводи и заключения

- Капиталните подготвителни изработки може да бъдат прокарвани с галерийния комбайн 4ПУ. Сечението им трябва да бъде вписано в горнището, до скалите от основното горнище, а в долнище в съответствие с изискванията на добивната техника, формата на напречното сечение да бъде арка или трапец, а размерите съобразени с габаритите на добивната техника.
- Глухата добивна изработка, прокарвана без постоянно присъствие на хора в забоя трябва да има сравнително малко напречно сечение и да бъде изцяло вписана във въглищния пласт.
- Предпочитаната форма на напречното сечение на изработката е кръгла, с диаметър не повече от 1,0 m. Тази форма да бъде постигана при преобладаващо рязане и последващо раздробяване на подрязания цилиндър. Сондовата глава да оказва минимално динамично въздействие върху непосредственото (лъжливо) горнище.
- В процеса на прокарване на добивната изработка (сондажа) ще има отслояване на скалите от непосредственото горнище (горливи глинести шисти). Максималната дебелина на отслоените скали ще достига до около един радиус на отвора и ще се

разпространи до основното горнище. Отслоените скали (чернилки) ще бъдат надробявани и изнасяни заедно с въглищата от шнековия транспортър.

- При увеличени размери на сондажа и при отвори с плоски тавани и под (строените работни глави на сондажно-шнековия комплекс БШК-2ДМ) в процеса на самообрушаване ще се включват и едри блокове от основното горнище. Това може да затрудни или блокира работата на този тип комплекс.
- Лентовите целици за охрана на сондажите (добивните) отвори не бива да бъдат с ширина по-малка от половината ширина (диаметър) на добивния отвор.

Предвид горните изводи за условията на мина "Бели брег" не се препоръчва използването на сондажно-шнековия комплекс БШК-2ДМ.

Препоръчва се да продължи проектно-конструкторската работа по утвърденото минно задание, за създаване на сондажно-шнеков комплекс с единични сондажна глава и транспортно-шнеков лост с диаметър не повече от 1,0 m. Експериментиране, усъвършенстване и внедряване.

Литература

1. Стоянчев, Г., Д. Анастасов. Технология на добива с комбайн 4ПУ за условията на рудник "Бела вода". минно дело и геология, бр.12
2. Стоянчев, Г., Кр.Дерменджиев. Системи и добивни технологични схеми при използване на проходчески комбайн. 50 години МГУ "Св. Иван Рилски", Годишник, том 46, Свитък II, Добив и преработка на минерални суровини, С., 2003, стр. 19-22.
3. Цялостен проект за разработване на въглища от участък "Бела вода" от Пернишкия въглищен басейн, м.ІХ, 2002 г., Архив на "Въглища-Перник" ООД, гр.Перник.
4. Предварителни експериментални изследвания (in situ) относно приложимостта на сондо-шнеков добив в условията на мина "Бела вода", Изследователски отчет, Архив на "Въглища-Перник" ООД, гр.Перник.

Препоръчана за публикуване от
Катедра "Подземно разработване на полезни изкопаеми", МТФ

ГЕОМЕХАНИЧНА ОЦЕНКА НА РУДНИК "ДИМОВ ДОЛ" (МАДАНСКО РУДНО ПОЛЕ)

Венцислав Иванов

Минно-геоложки университет "Св.Иван Рилски", 17000 София

РЕЗЮМЕ: Във връзка с планирано разработване на неиззети запаси, в дълбоките хоризонти на р-к "Димов дол"- "Голям Палас" е изучено напрегнатото състояние, свойствата на скалите и структурните характеристики на масива в района на находището и проблемния участък. Оценено е влиянието на прилаганите технологии на добива върху състоянието на системата "Вместващ масив/Добивни изработки" (ВМ/ДИ). Описани са и са оценени рисковите геомеханични фактори при евентуално изземване на запасите в проблемния участък. На базата на обобщен анализ на съществуващото напрегнато състояние на системата ВМ/ДИ е оценен геомеханичният риск и са дадени съответстващи на обстановката препоръки.

GEOMECHANICAL ASSESSMENT OF THE "DIMOV DOL" MINE (MADAN ORE FIELD)

Ventzislav Ivanov

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia

ABSTRACT: In the connection with scheduled exploration of the not taken-up reserves at the deep horizons of "Dimov-dol"- "Goliam Palas" mine is analyzed the tensely state, the properties of the rocks and the structural characteristics of the massif in the vicinity of the deposit and the trouble section. The influence of the used extracting technologies on the system state "host mass/extracting workings" (HM/EW), is assessed. The risky geomechanical factors at the eventual extraction of the reserves in the trouble plot are identified and are appreciated. To the basis of the keynoted analysis to the existing tensely state of the system HM/EW is assessed geomechanical risk and the corresponding to the setting recommendations are given.

Въведение

Рудник Димов дол-Голям Палас е експлоатиран в периода 1955-1995г., когато е обявен за закриване по ПМС 140/1992 г. За времето на съществуване на рудника са добити 5,934 млн. тона руда със средни съдържания на цинк 2,76% и на олово-1,62%. Добитият метал, съответно възлиза на 164 хил. т, цинк и 96 хил. т. олово.

Рудната зона в находището вества стръмно западащи кварц-карбонатни рудни жили, проследени на дълбочина до 1000 m. Жилите са със сложен строеж и морфология, съдържат непромишлени стълбове и са внедрени в тектонски обработени и променени вестващи скали. Дебелината им се изменя от 15 до 60 m, простират се в СЗ направление и западат под ъгли 60°-90°.

Добивът е реализиран чрез две системи на експлоатация-система със слоево обрушаване, и система с хидрозапълване.

Понастоящем рудник "Димов дол" е отдаден на концесия. Във връзка с новите високи цени на Лондонската метална борса, концесионерът планира разработването на неиззети запаси в блокове от дълбоките хоризонти. Такъв е бл. С₁-3, между хор. 290/240, фиг. 1

В проблемния участък, жилата е с намалена дебелина, от 1,5 до 12 m, при средна дебелина на орудяването от 3

до 3,3 m. Съдържанието на олово в бл. С₁-3 е 14,36%, на цинк-2,71%, и на мед-0,14%

Изложените обстоятелства налагат и извършването на описаната тук геомеханична оценка на масива.

I. Проблем

На фиг. 1 е показана минно-техническата ситуация в проблемния участък. От фигурата е видно, че в границите на предпазния околошахтов целик на ш. "Голям Палас", установените промишлени запаси от хор. 687 в дълбочина са иззети до хор. 290. Двете системи са прилагани както следва: със слоево обрушаване до хор. 537 и системата с низходящо изземване на хоризонтални слоеве и последващо хидрозапълване от хор. 537 до хор. 290. Материалът на запълнението е едрата фракция на отпадъка на обогатителна фабрика Рудозем. Шахта "Рудозем" се охранява от безруден околошахтов целик. Рудоносната зона е изградена от хидротермално променени гнайси и пегматити. За да се предпази земната повърхност, където са коритата на реките Елховска и Арда целикът, в който са блокове С₁6 и С₁21 заедно с прилежащите безрудни участъци не е изземван. Проблем с нарушаване на устойчивостта на масива възниква, когато е иззет бл. С₁20 между х. 340/290. В обликовката на шахта "Голям Палас" се появяват нарушения и деформации и скъсване на водачите. Характерно за тази част е освен по-ниските характеристики на вестващия масив и обстоятелството, че в рудната зона са

концентрирани множество тектонски нарушения, запълнени с глина, които са подсечени от минните изработки. От предоставената ни словесна информация се разбира, че в нарушената част от ствола на шахтата са организирани наблюдения и че нови прояви на загуба на устойчивост не са установени.

В плановите за работа на участъка се предвижда изземването на запасите в границите на околошахтовия целик на дълбоките хоризонти (под х. 290 – 240). Тези проектни намерения предполагат и настоящата геомеханична оценка.

II. Геомеханична оценка на масива

Геомеханичната устойчивост на масива се обуславя от взаимодействието на три основни групи фактори:

- Напрегнато състояние на масива, включващо в себе си познаването на естественото му (природно) напрегнато състояние и индуцираното поле на напрежение, предизвикано от минните работи;
- Строежът, структурните свойства и физикомеханическите характеристики на скалите, характеризиращи механическото състояние на масива, вместващ рудните зони;
- Ефектите от технологичните въздействия върху горните ключови фактори, за оценка на НДС и устойчивостта на масива в проблемния участък.

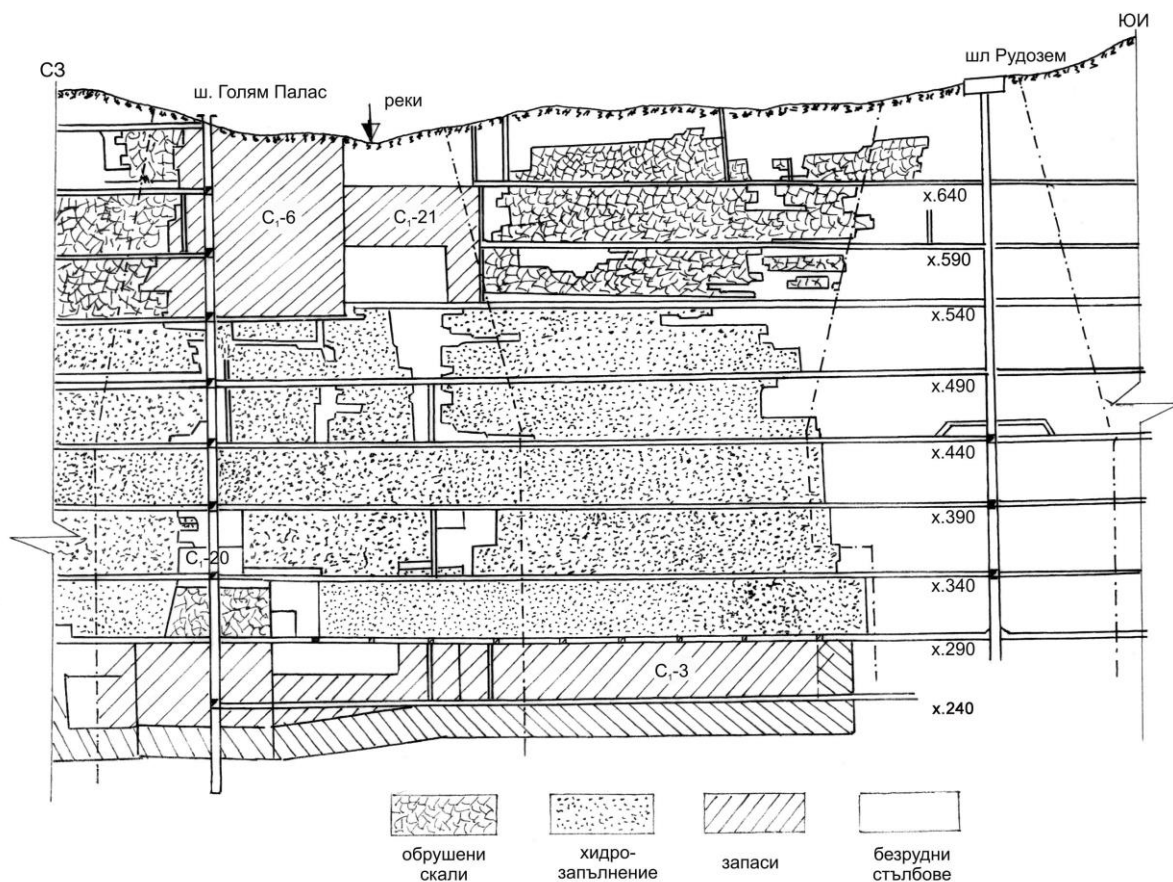
II.1. Напрегнато състояние на масива

а) палеополе

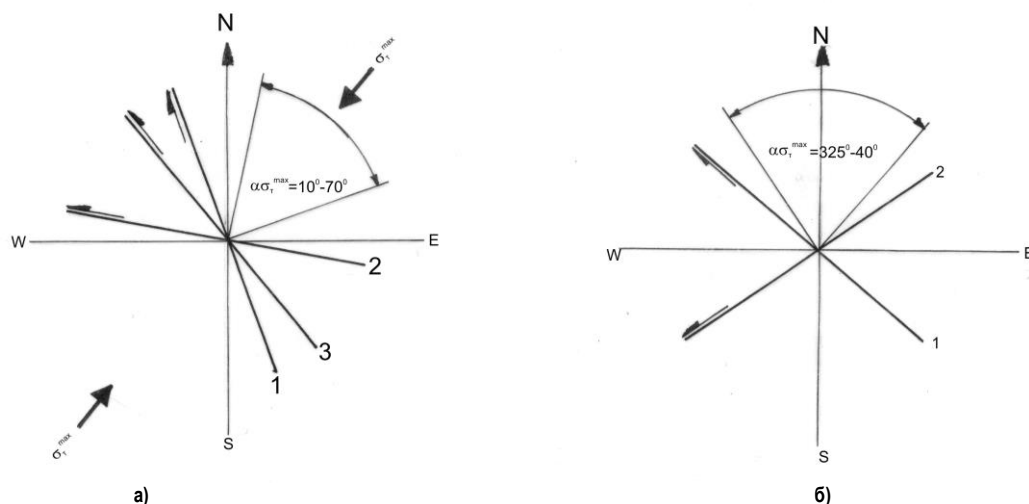
За оценка на полето на напрежения, от нас е използвана предоставената информация за тектониката на разкъсване в обяснителната записка. Използван е метод на анализ на елементите на залягане на системите тектонски разломи, съизмерими с размерите на рудното поле. [2] От предоставената ни информация е видно, че в района са установени следните типове тектонски прояви [1]:

- Рудоносни разломи с променлива дебелина (от един до десет метра), но издържани в ориентацията си. За тези разломи отчетливо се отделят две преобладаващи системи - с ориентация 280° и 340° и стръмно западане на СЗ и ЮИ под ъгли 60° – 90° . При тази обработка е използвана и ориентацията на рудовместващата структура на зона 1 ($A=320^{\circ}$, $\beta=70-90^{\circ}$);
- Следрудни разломи, широко представени и развити, успоредно и диагонално спрямо рудоносната структура също обединени в две системи ($A=235^{\circ}$, $A=310^{\circ}$, $\beta = 55^{\circ}$, $\beta = 90^{\circ}$).

Резултатите от извършените аналитични реконструкции на полето на палеонапрежения са показани на фиг. 2 а и б



Фиг.1



Фиг. 2 Реконструкции на разпределението на компонентите на палеополето на напрежение в участъка

Основните изводи от горния анализ се свеждат до следното:

- Локалното поле на напрежения е от тектонски генотип;
- Извършените реконструкции установяват, че: максималното хоризонтално/субхоризонтално натисково напрежение $\sigma_T \max$ има ориентация, изменяла се в геоложкото минало в интервала $10^\circ - 70^\circ$ (СИ – ЮЗ) и минималното главно тектонско напрежение е имало ориентация $280^\circ - 340^\circ$ (СЗ и ЮИ).
- От реконструкциите, чрез следрудната тектоника се установява, че ориентацията на $\sigma_T \max$ на палеополето е била субмеридианна - $325^\circ - 40^\circ$, респективно $\sigma_T \min$ - субпаралелна $235^\circ/310^\circ$.
- За прецизиране на разпределението на полето на палеонапрежения са необходими данни за кинематиката на придвижване по разлома. Понеже такава информация отсъства, от нас, като допълнителен критерий е използван ъгълът между системите в сектора на минималния натиск. [3] По този критерий, от фиг. 2 а) е видно, че спрегнатата система образуват разломите 1 – 2, което позволява да се определят общата ориентация на тектонските напрежения, съответстваща на всички системи разломи и тя е:
 $\sigma_T \max 10^\circ - 70^\circ$ $\sigma_T \min 280^\circ - 340^\circ$

б) Съвременно поле

Получените в предходния абзац характеристики са важни за изследването на напрегнатото състояние на масива в изследвания участък. Те обаче не са характеристики на съвременното поле.

На база взаимовръзката между ориентацията на главните напрежения и изкривяването на геоложките проучвателни сондажи в хомогенен масив е разработен метод за оценка на един от ключовите параметри - направиението на максималния тектонски натиск [3]. Той се състои в анализ на азимуталното изкривяване на проучвателния сондаж за определяне на направиението на преобладаващото изкривяване.

В предоставената информация са дадени резултатите от инклинометрията на проучвателните сондажи. От тях два – сондажи №№ 672 и 679, разположени в североизточната и северозападната част на проблемния участък, по стратиграфски данни, са прокарани в напълно идентични скални разновидности по цялата дължина. Описаният по-горе анализ на данните от инклинометрията е показан на фиг. 3 а и б.

От фигурата е видно, че след разсейванията в началото на прокаране, изкривяването и на двата сондажа се концентрира в северозападно направление, в интервала $300^\circ - 330^\circ$. Определено по всички данни направиението на максималния тектонски натиск $\sigma_T \max$ е в диапазона $9^\circ - 16^\circ$ ($\sigma_T \text{cp} = 12^\circ$). Определен по данните за изкривяванията в диапазона хор. $390/290$ $\sigma_T \max$ е с направление $\alpha \sigma_T^{\text{CP}} \max = 28^\circ$. Обобщеният анализ дава основание да се определи, че тектонското поле в дълбочина е нехомогенно. На дълбочината на която залягат планираните за изземване блокове, разпределението е както следва:

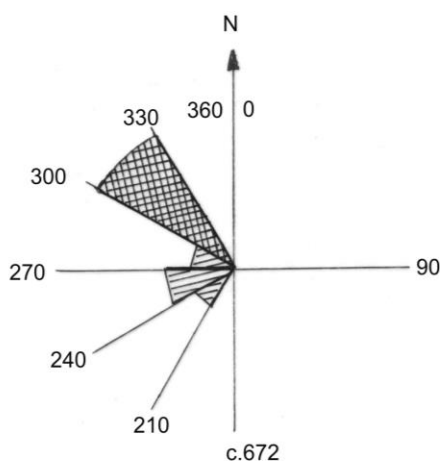
$\sigma_T \max$ е с направление $A = 20^\circ$

$\sigma_T \min$ (отн. опън) е с направление $A = 290^\circ$

в) експериментални резултати

Във връзка с друг наш изследователски проект, в района на ш. "Голям Палас-север", през 1989 г. са извършени два експеримента за определяне на напрегнатото състояние на масива *in situ*. Приложен е метода на частично разтоварване [4]. В разсечка 53 (хор. 348) са изградени две замерни станции. Получени са следните резултати:

3C1	$\sigma'_v = -11,08 \text{ MPa}$	$\sigma''_v = -14,85 \text{ MPa}$
	$\sigma'_x = -5,4 \text{ MPa}$	$\sigma''_x = -7,02 \text{ MPa}$
3C2	$\sigma'_v = -10,54 \text{ MPa}$	$\sigma''_v = -14,91 \text{ MPa}$
	$\sigma'_x = -6,6 \text{ MPa}$	$\sigma''_x = -4,92 \text{ MPa}$



а)

Фигура 3 Инклинометрия на проучвателните сондажи №№ 672 и 679

Магнитудите на напреженията са изчислявани за по две стойности на деформационните характеристики, взети по литературни данни. Натисковите напрежения са приемани за отрицателни [5]. Извършеното от нас проучване на публикуваните изследвания по проблема установи, че никъде няма данни за определяне на модула на еластичност или деформационния модул на скалите от Маданското рудно поле. Възприетите от нас в изчисленията стойности за инжекционните гнайси и пегматитите съответно са:

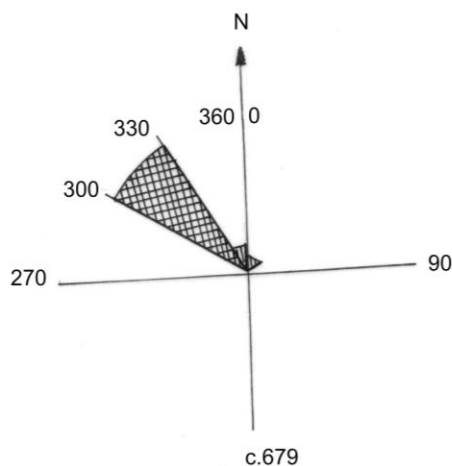
$\nu = 0,21$; $E = 5400$ МПа и $\nu = 0,28$; $E = 7400$ МПа

Анализ на получените резултати

1. Получените експериментални резултати доказват наличието на тектонски компоненти на напрежение в р-к "Димов дол". За съжаление, площадките на измерителните станции са нормални към направлението на действие на максималния тектонски натиск $\sigma_T \max$, така че измерванията са регистрирали магнитудите на $\sigma_T \min$.
2. Сравнението на експериментално получените и аналитичните резултати по хипотезата на Гейм, доказват че при обемни тегла на представените скали $\gamma = 0,025 \div 0,026$ MN/m³, съотношенията в магнитудите на напрежение са: (табл. 1)

Хипотезата за геостатично поле на напрежения е неприложима за анализи на проблемните участъци. Следователно полето на напрежения е тектонски обусловено.

Получените резултати от изследванията могат да се използват за анализ на напрегнатото състояние на масива в района между шахта "Голям Палас" и шахта "Рудозем", тъй като измерителните станции отстоят на по-малко от 2 km от изследвания участък [6].



б)

На фиг. 4 е показано разпределението на тектонските компоненти относно мрежата сервисни изработки в проблемната зона.

От фигурата е видно, че максималното хоризонтално тектонско напрежение $\sigma_T \max$ действа в субмеридионално ($A=12^\circ - 28^\circ$) направление. Съответно, минималното главно натисково напрежение $\sigma_T \min$ е субпаралелно ($A=348^\circ - 332^\circ$).

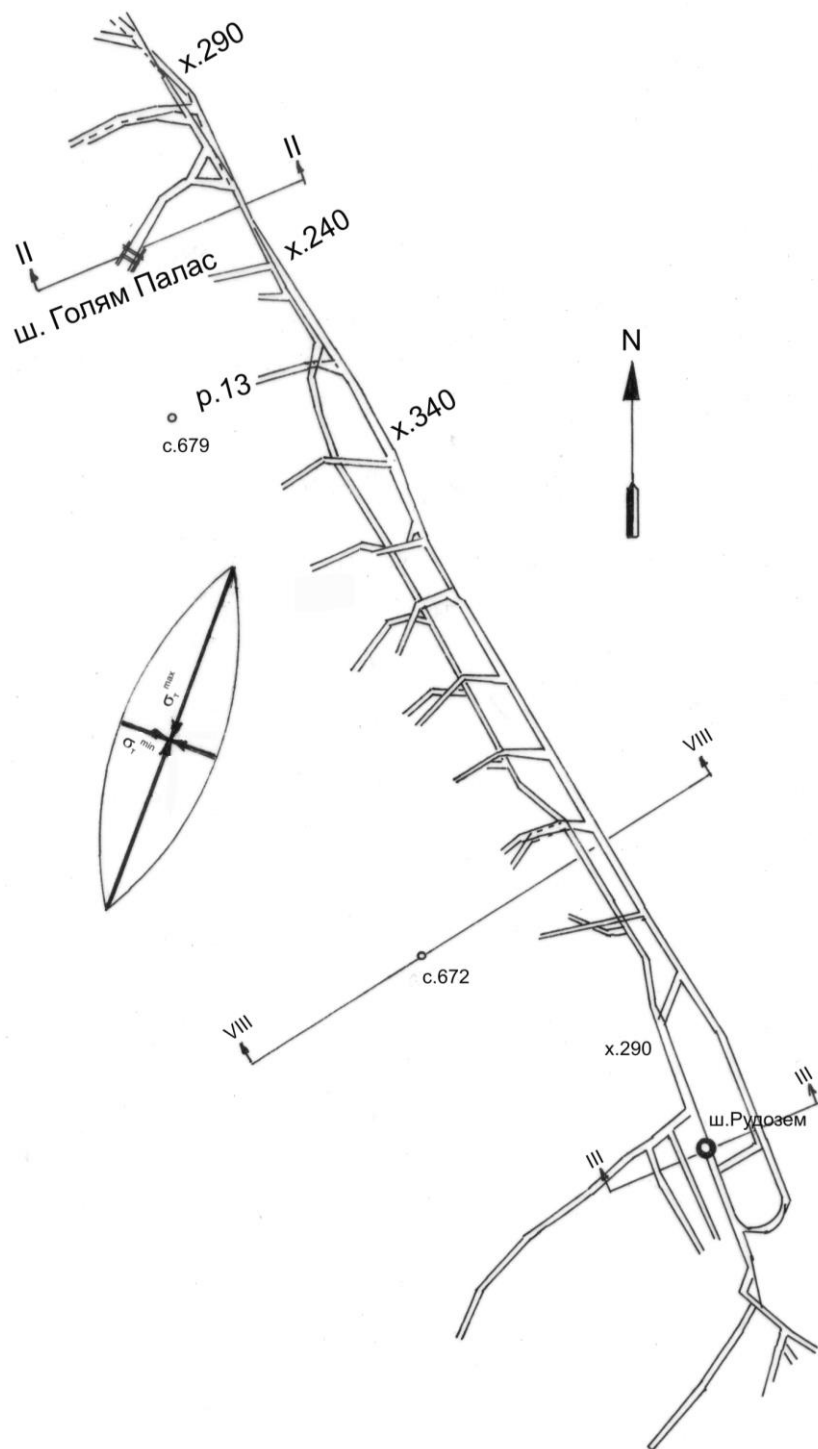
Конфигурация на естественото поле

Естественото поле на напрежения се обуславя от взаимодействието на гравитационните и тектонски компоненти. Ако се използват данните за обемното тегло от предоставената ни записка [1] ($\gamma = 0,027 - 0,032$ MN/m³), то вертикалната компонента на хор. 240 е в диапазона $\sigma_v = 12,15 \div 14,4$ МПа. Хоризонталните напрежения са резултат от взаимодействието на напреженията от страничния отпор ($\sigma_v = \frac{\nu}{1-\nu}$) и наслагващото се към тях $\sigma_T \max$ и $\sigma_T \min$.

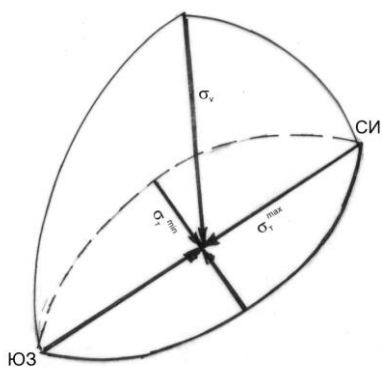
Конфигурацията на естественото поле в участъка е с форма на елипсоид, показан на фиг. 5, с оси σ_v , $\sigma_x \max$ и $\sigma_x \min$, изменящи магнитудите си в зависимост от дълбочината, физикомеханическите и структурните характеристики на масива.

Таблица 1

Параметри	Изчислени	Измерени			
		$\nu = 0,21; E = 5,4 \text{ GPa}$		$\nu = 0,28; E = 7,4 \text{ GPa}$	
		3C1	3C2	3C1	3C2
σ_v	- 14,25÷14,82	- 11,08	- 10,54	- 14,85	- 14,91
σ_x	- 3,78÷5,85	- 5,4	- 6,6	- 7,02	- 4,92



Фигура 4 Разпределение на тектонските компоненти в масива между шахта “Голям Палас” и шахта “ Рудозем”



Фигура 5 Елипсoid на естественото поле на напрежения в участъка "Голям Палас"

III. Физико-механически свойства (ФМС) и структурна характеристика на масива на проблемния участък

III.1. Физико-механически свойства

В предишни периоди са извършвани лабораторни изследвания на ФМС на скалите от вместващия масив [7]. Резултатите от тези изследвания са обобщени в таблица 2.

От приведените данни могат да се направят следните изводи:

1. Средната лабораторна якост на едноосов натиск за разновидностите гнайси е ≈ 150 МПа, а за пегматитите - 100 МПа. Значително е намаляването на якостните параметри (и по-специално σ_c) при преход от лабораторна якост, към тази в масива (вж табл. 2). В източника [7] няма данни как е извършен този преход, поради което приемаме тези резултати само за сведение. Няма данни за изследване и оценка на влиянието на водата върху якостните параметри. Данните са неадресирани откъде са взети и от там не става ясно каква е представителността на изследването и надеждността на получените резултати.
2. В хода на настоящото изследване, от заявителя са предоставени три пробни тела с неправилна форма от

скалите, изграждащи масива в проблемния участък. От тях са изготвени скални образци и са изпитани в Лабораторията по механика на скалите чрез Point Load Test [8] за определянето на индекса на якост и от там - на якостта на едноосов натиск. Резултатите от изпитванията са дадени в таблица 3.

Предоставените за това изследване пробни тела не позволяват стандартно определяне на якостните параметри. Съгласно препоръките на ISRM [9] за определянето на параметър са необходими минимум пет образци. Няма сведения за представителността на пробните тела.

Въпреки направените уговорки, извършените изследвания позволяват следните заключения:

1. Средната якост на едноосов натиск е $\sigma_{c\text{ ср}} \approx 50$ МПа, което е съществено по-малко според литературните данни от предишни изследвания.
2. По-здрави са образците с индекс ПГ, отколкото тези с индекс К 16.
3. Изследванията показват наличие на анизотропия на якост, която вероятно се дължи на структурни особености на изграждащите скали.

III.2. Структурни характеристики на масива и рудното тяло в проблемния участък

От предоставената ни информация е видно, че:

Вместващият масив е изграден от метаморфни скали – биотитови и двуслюдни гнайси, инжектирани от пегматити. В рудоносната зона скалите са силно серицитизирани и каолинизирани [1]. Рудното тяло е кварцова жила със сулфидно орудяване с непостоянна дебелина, ограничена е от тектонски пукнатини и наклон $70^\circ - 75^\circ$. Скалите в рудоносната зона са тектонски обработени и в съседство кварцовите жили са надробени и смляни.

В границите на участъка са обособени два водоносни хоризонта:

- Първият е в кватернерните наслаги и се захранва от инфилтриращи се валежи и реките Арда, Елховска и Чепинска, с непостоянен дебит е, и е без съществено значение за хидрогеоложките условия в участъка;

Таблица 2

Обобщени резултати по определянето на ФМС на вместващия масив в лабораторни условия

ЛАБОРАТОРНИ ДАННИ					ДАННИ ЗА МАСИВА						
Видове скали	$\sigma_{c\text{ ср}}$ от/до	$\sigma_{ш}$	C	φ	σ_c^M	$\sigma_{ш}^M$	C^M	φ^M	$\frac{\sigma_c^M}{\sigma_c}$	$\frac{\sigma_t^M}{\sigma_t}$	$\frac{C^M}{C}$
Инжекционни гнайси	187	14	32	37	40	2,5	6	38	0,21	0,18	0,19
Инжекционни гнайси	166	14,7	32	36	61	4,1	6	36	0,37	0,28	0,19
Инжекционни гнайси	82	16,4	22	26	24	4,7	5	27	0,29	0,29	0,23
Инжекционни гнайси	108,8	12,3	25	33	17	1,2	2	35	0,16	0,1	0,08
Инжекционни гнайси	165	27	42	32	66	10	9,2	32	0,4	0,37	0,22
Инжекционни гнайси	170	26,5	40	34	57	4	10	34	0,33	0,15	0,09
Пегматити	103,2	13,2	24	34	13	2,2	3,8	32	0,13	0,17	0,16

Таблица 3

Якостни параметри на образци от скалите.

Образец	Point Load Test $I_{s(50)}$ [MPa]	Якост на едно- осов натиск σ_c [MPa]
1 ПГ	26,73	59,94
1' ПГ	25,14	55,30
1'' ПГ	26,52	59,47
2 к16	20,69	46,4
3 к 16	15,98	35,83
3' к 16	11,16	24,55
3'' к 16	19,22	43,10

- Вторият водоносен хоризонт е развит в метаморфния комплекс, като водите му са от два типа:
 - пукнатинни – в изветрителната зона, с по-малко количество;
 - пукнатинно-жилни – разпространени най-вече в разломите – основни за участъка.

В процеса на експлоатация на участъка е изследвана естествената напуканост [7]. Установени са четири системи пукнатини с ориентация както следва: I – 320°/85°; II – 184°/69°; III – 238°/61°; IV – 98°/85°. Интензитетът на напуканост в същата последователност е съответно 0,6 m; 0,65 m; 0,7 m и 0,65 m.

Въз основа на публикуваните данни и описаните по-горе изследвания за оценка на структурните характеристики на масива, от нас са приложени геомеханичните класификационни системи RMR, Q и MRMR.

Приложените класификационни системи позволяват да се характеризира “качеството” и механичния статус на вмествания масив в проблемния участък. Поради наличието на отделни неопределености в параметрите (ФМС, напуканост и структурната нарушеност), анализите са правени в диапазон от две оценки – песимистична и оптимистична.

Системата RMR [10] на Биенявски най-общо оценява рейтинга на скалния масив и определя времето на стоене на незакрепена изработка. Получени са следните резултати: $RMR_{max} = 67$; $RMR_{min} = 52$. Получените стойности за RMR (по наличните данни) класифицират масива като II – III клас (“добри” – “задоволителни”) скали. Това според системата означава, че незакрепена изработка с ширина три метра ще започне да губи устойчивост между петия – десетия ден (за ниския рейтинг) и между третия – четвъртия месец за III клас масив.

Втората класификационна система Q [11] определя качеството на масива по-детайлно от RMR системата, като предимството ѝ е, че тя оценява необходимостта от крепеж за сервизните изработки, като препоръчва и типа на крепежната система. Резултатите от класифицирането са: $Q_{max} = 12,94$; $Q_{min} = 3,79$.

За приетите изходни данни, качеството на масива по Q системата е също “добро” – до “задоволително”, но в ниската граница на диапазона. Изработките пресичащи отслабените зони изискват крепене, като резултатите за Q препоръчителния крепеж е лек – до среден и е възможно прилагането на анкерен крепеж.

На база класификацията на RMR е разработена и широко използвана в минната практика класификация на Laubsher MRMR (Mining Rock Mass Rating) [12]. Прилагането на тази класификация определя склонността на масива към обрушаване като задоволителна до средна. Изчислен е и хидравличният радиус, определящ зоната стабилност/обрушаемост, на база подсичащата площ, при изземването на слоя. За получените стойности на MRMR отношението стабилност/обрушаемост е оценено като средно, при $R_h = 22m$.

Изложеният анализ трябва да се приема като първо приближение поради обстоятелството, че някои от основните параметри на класификационните системи са определени косвено (RQD, характеристиките на напукаността от нисък ранг и др.)

Независимо от отбелязаното, резултатите от направената характеристика на масива са в съответствие с практиката на рудника и при осигуряване на необходимата информация, оценките могат да се детайлизират и конкретизират.

За целите на настоящата геомеханична оценка, получените класификационни параметри са приети като интегрални характеристики на вмествания рудната жила масив в проблемния участък.

IV. Ефекти от технологичните въздействия

Технологичните въздействия обуславят и характеризират ефектите на миннотехническия режим върху нарушаването на естественото напрегнато състояние на масива и неговите последици. Добивните работи индуцират процеси на преразпределение на действащите напрежения, чиято интензивност е в пряка зависимост от прилаганата технология, мощността на изземване, коефициента на извличане, интензивността и дълбочината на експлоатация. Появяват се зони на концентрация на напрежения, предизвикващи локални разрушения последвани от сработване на зоните, съдържащи нарушения от нисък ранг. Зоните на загуба на устойчивост се увеличават, въвлечат се нарастващи обеми повлиян масив и се иницират процеси на движение, които при стръмнозападащи жилни находища са по-интензивни.

Системи на разработване

При експлоатацията на тънки, до 3 m, стръмнозападащи рудни жили, в практиката се прилагат основно две системи на разработване-система със запълване и система със слоево обрушаване. Тези системи на разработване са използвани и в находище “Димов дол”-участък “Голям Палас”.

Системата със запълване осигурява добро поддържане на иззетите пространства, осигурява плавност на геомеханичните процеси, съпътстващи добива (деформации, слягания, премествания и движения на скалите). Неблагоприятните въздействия намаляват в пряка зависимост от вида и качеството на работа на запълнението.

Най-висока стабилност на системата Вместващ масив/Добивни изработки се осигурява, чрез използване на втвърдяващо се запълнение. Втвърдяващото се запъл-

нение осигурява безопасна работа при минимални загуби и обедняване, съхранявайки устойчивостта на вместващия масив [16]. При използване на хидрозапълнение най-добри резултати се получават при възходящо хоризонтално слоево изземване на рудата и последващо запълнение [15]. За да изпълнява ролята си запълнението трябва да е хомогенно, уплътнено и компактно, а за да се избегнат внезапни разрушения от порово налягане водата трябва да се изведе от него. Изследвания на американското бюро на мините /USBM/ показват, че увеличаването на плътността на запълнението с $1/2$ намалява амплитудите на деформациите също наполовина; съответно, намаляването на порестостта дава пиково нарастване на тангенциалния модул на запълнението. Главният недостатък на хидрозапълнението е, че то е несвързана среда [15].

При системата със слоево обрушаване, по определение, издетото пространство не се поддържа и няма изисквания за запазване на земната повърхност [14, 15]. В геомеханичен план тази система не ограничава, а стимулира процесите на движение на скалите. Вместващите скали, най-вече се обрушават от висиящия блок, но при стръмно западане често се обрушават и скалите от лежащия.

В зависимост от устойчивостта на скалите, обикновено обрушаването на висиящия блок закъснява спрямо изземването. Това закъснение е правопрпорционално на подсечената площ и обратно пропорционално на дълбочината и напрегнатото състояние. Закъснението обуславя опасност от внезапно откъсване на значителен обем скали, с което се предизвикват интензивни процеси на преразпределение на напреженията в масива и увеличение на опорния натиск в него. При тази система влиянието на взривните работи е съществено негативно. Забранено е използването на тази система при наличие на неосушени пясъци, суглинки и карстови образувания пълни с вода или с газове [16].

Движение на скалите

Движението на скалите е основна проява на механическите процеси, съпътстващи минните работи, след нарушаването на естественото напрегнато състояние на масива.

Публикувани са изследвания на параметрите на процесите на движение в рудниците на бившия МОК "ГОРУБСО" [7]. За стръмно залягащите, с мощност до 3 м. рудни жили, ъглите на движение и разкъсване се изменят в границите, както следва: $\beta = 62^\circ - 71^\circ$ ($\beta_{cp} = 67,5^\circ$); $\gamma = 67,5^\circ - 74^\circ$; $\gamma_{cp} = 72^\circ$ и $\delta_{cp} = 81^\circ$.

А. Анализ на геомеханичната ситуация

Обща характеристика

В резултат на интензивни и продължителни минни работи е нарушено естественото напрегнато състояние на масива, което е от тектонски генотип. В района, между предпазните целици на шахтите "Голям Палас" и "Рудозем", където са плитко заложените добивни пространства и оставените за защита на коритата на реките неиззети блокове и безрудни стълбове (съставляващи 64% от експлоатационната площ) масивът е непълно подработен.

Изследвания на разпределението на напреженията около плитко заложените добивни пространства (съотношението между размерите им и дълбочината $H/L < 1$) в тектонско поле [13] установяват, че в горнището, концентрациите на напрежение нарастват до 2-2,5 пъти, с което се обуславят интензивни разрушения. В резултат е създадено индуцирано поле на напрежения със сложно разпределение. От друга страна, скалите са отслабени и нарушени, тъй като рудоносната зона е дислоцирана между разломи и скалите са подлагани на тектонска обработка. Тези обстоятелства, наред с прилаганата технология на изземване (до хоризонт 537 м.) чрез слоево обрушаване, вероятно са обусловили и двата типа разрушаване на скалите - както от превишаване на якост, така и от придвижвания на структури, подсечени от експлоатационните блокове. При описаните условия, движенията са с неравномерен характер и амплитуди, а зоните на разкъсване са несиметрични [7, 14]. Всичко това обуславя значителните нарушения на земната повърхност, регистрирани над експлоатационните участъци. [1]

В района са реализирани три разкъсвания с голяма площ в северозападната, централната и южната част над рудничното поле. В границите на зоните на разкъсване са произлезли мащабни внезапни пропадания. Така например, пропадането в централната зона е с площ над 4800 m², а зоната на разкъсване е приблизително с четирикратно по-голяма площ. Значителна по площ е зоната на разкъсване в северозападната част, в района на шахта "Голям Палас". От допълнително изисквания и предоставен ни от Заявителя ситуационен план на повърхността е видно още, че: двете зони на разкъсване, в участъка между шахтите, са разделени само от масива неиззети блокове С1-6 и С1-21, оставени за охрана на речните корита и на шосето Рудозем-Смолян. Границите на зоните на разкъсване, обаче са в непосредствена близост до шахтите, (~25 м до ш. "Голям Палас" и до ш. "Рудозем" ~ на 40 м).

В предоставената ни и проучена от нас информация няма данни за времето на възникване, развитие, дълбочината и/или обема на пропаданията. Публикуваните изследвания на движенията на скалите [7] съдържат само крайните резултати и не позволяват анализ на характера, продължителността и стадия на развитие на процесите на движение.

От хоризонт 537, в дълбочина, запасите в границите на околешахтовия целик на ш. "Голям Палас", запасите са иззети чрез система с хидрозапълване. Добивните работи, по този начин, развити до хор. 290, най-вероятно, заради предимствата на запълването като метод за управление на скалния натиск и ограничаване на процесите на движение на скалите.

Характеристика на проблемния участък в района на бл. С1-3.

Поради обстоятелството, че наличната информация и експериментални данни са недостатъчни по количество и непълни по обхват, параметрично изследване и анализ на геомеханичната обстановка не могат да бъдат извършени. В настоящата оценка, ще се ограничим до съставянето на качествена картина на съществуващата геомеханична ситуация, да систематизираме рисковите фактори и тяхно-

то вероятно развитие при извършване на добивни работи за изземването на бл.С1-3. На фигура 6, в помощ на изложението, е показана част от геоложкия разрез по рудната жила в границите на блока.

Планираният за изземване блок се намира на дълбочина 470 м., ограничен във вертикала от хоризонти 290/240, а в равнината е разположен между условните граници на околошахтовите целици, по близо до ш."Рудозем", на ЮИ. В блока е дислоцирана част от рудната зона с дебелина ~2-6 м. и простиране около 250 м. Жилата е стръмнозападаща, като параметрите и на залягане съвпадат с тези на зоната на орудяване-простиране на СИ-ЮЗ (300°-350°) и изменящ се наклон-60°-90° (СЗ-ЮИ), (вж. Фиг. 1). Вместващите скали са тектонски обработени, променени и обводнени от подземните води.

Основните геомеханични фактори, определящи реакцията на масива при изземването на блока са:

Сложно поле на индуцираните напрежения

Естественото напрегнато състояние на масива е нарушено от извършените добивни работи до момента. В частта от масива, над хор.290 главното напрежение е вертикално и се определя от теглото на горе лежащата нееднородна среда, състояща се от обрушени скали и хидрозапълнението. Наличието на неиззетите целици и безрудните стълбове, както и взаимното разположение на иззетите пространства в равнината и по вертикала обуславят локални концентрации на напрежения и засвоявания с неизвестно разпределение.

В дълбочина, под хор.290 напрегнатото състояние на масива е съвършено различно. Тъй като в равнината земната кора тук не е нарушена от добивни работи по цялото руднично поле, действуват тектонски (хоризонтални/субхоризонтални) напрежения. Максималният тектонски натиск - $\sigma_T \max$ е в направление СИ-ЮЗ, а минималният тектонски натиск $\sigma_T \min$ (относителен опън) е с направление СЗ-ЮИ. Конфигурацията на полето на напрежения в блока е резултат от взаимодействието между гравитационната и тектонските компоненти и големините им не могат да бъдат определени без специални "in situ" измервания.

Характеризация на вместващия масив

Извършените от нас лабораторни якостни изследвания, въпреки уговорката за недостатъчния брой образци, при всички тестове показват устойчива тенденция за пониски якостни свойства, както и анизотропия на якост на вместващите скали, изграждащи бл.С1-3.

Многопараметровите класификационни системи (RMR и Q), приложени за анализ, определят структурния статус на масива в диапазона "добър-задоволителен". Това означава, че вместващият масив, при песимистичните оценки, ще бъде с ниска устойчивост и че за поддържането на изработките в него трябва да се използва крепеж, или анкериране. Наличието на подземни води намалява както физикомеханическите, така и структурните характеристики на масива.

Технологични въздействия и реакция на масива.

При евентуалната експлоатация, добивните пространства ще са дълбоко заложени ($H/L > 1$), в условията на тектонско поле на напрежения. Максимални концентрации на напрежения в горнището на изработките ще се породят от гравитационния натиск, по стените им ще са обусловени от тектонските компоненти, а в зоните на опорния натиск-от взаимодействието между вертикалните и хоризонтални напрежения. Класификационната схема MRMR, определяща влиянието на подсечения площно от блоковете масив, в зависимост от структурните му свойства не дава предимство на отношението устойчивост/обрушаемост в обхвата на получения хидравличен радиус ($R_h = 22 \text{ m.}$), а влиянието на добивните пространства върху околния масив се определя като значително.

Устойчивостта на етажните минни изработки, при равни други условия, не зависи от тяхната ориентация спрямо направлението на действие на тектонските компоненти. Когато трасетата на изработките съвпадат с направлението на $\sigma_T \max$ (СЗ-ЮИ), те ще са в по-добра геомеханична ситуация и обратно, когато осите им съвпадат с направлението на $\sigma_T \min$ (относителен опън) т.е. в направление СЗ-ЮИ, те ще имат по-ниска устойчивост.

VI. Изводи

Вследствие на добивните работи, в участък "Голям Палас" на рудник "Димов дол", в годините, е създадена сложна геомеханична обстановка. В процеса на експлоатация масивът нееднократно е губил устойчивост, като проявите и са достигали земната повърхност, за което свидетелстват мащабните разкъсвания на терена над експлоатационните блокове.

По същество, масивът, изграждащ проблемния участък, се състои от две съвършено различни по свойства физически среди. С изключение на неиззетите целици, охраняващи реките, масивът в дълбочина, от повърхността до хор.290 представлява несвързана среда, състояща се от обрушени скали и запълнение.

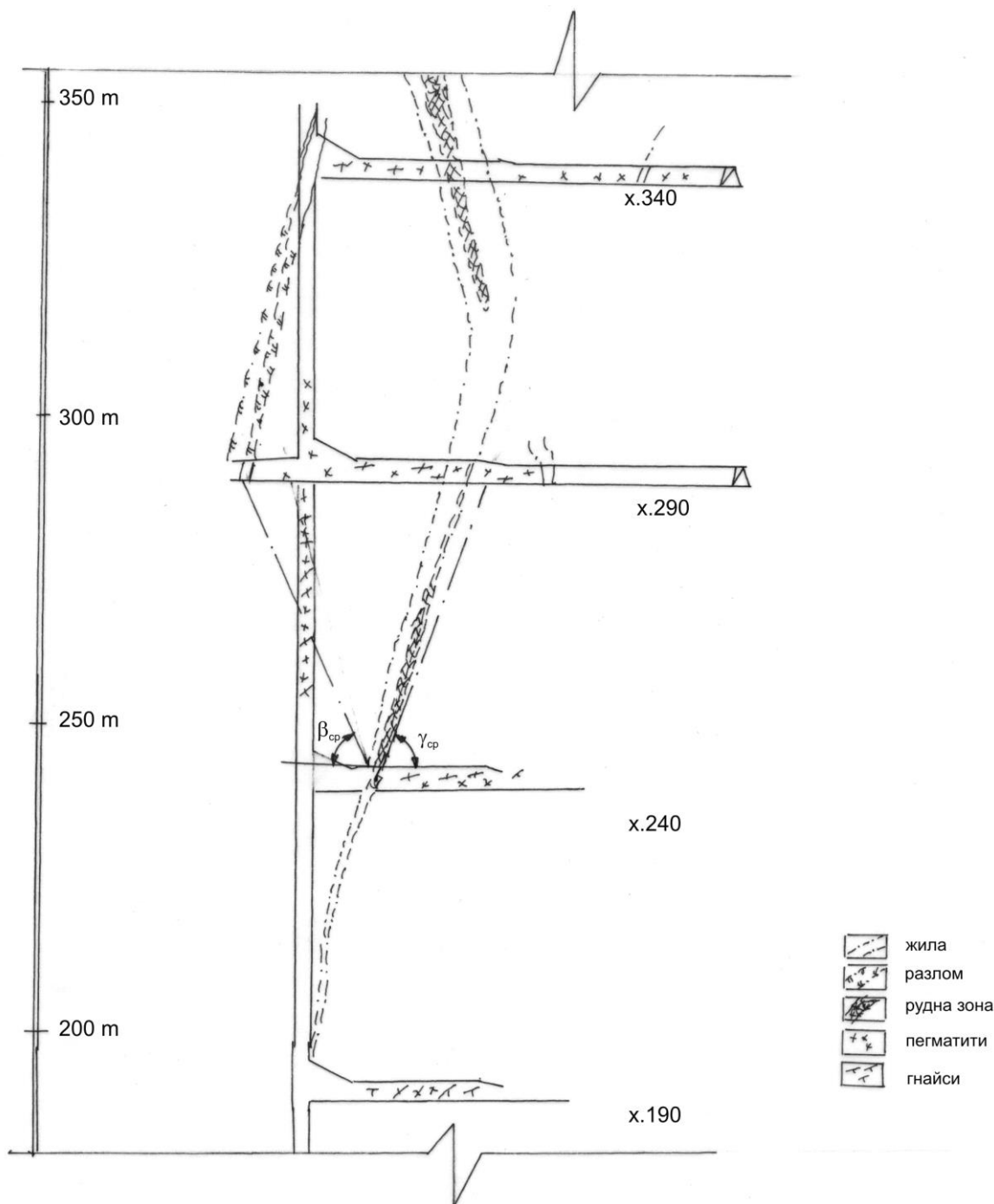
От хор.290 надолу скалния масив, вместващ рудния залеж е в естественото си състояние и е изграден предимно от изменени гнайси и пегматити, отслабени от претърпени тектонски въздействия.

Напрегнатото състояние на масива над хор.290, най-вероятно е от гравитационен тип, със сложно и неизвестно разпределение, тъй като вмества в себе си неиззети обеми, ненарушени от минни работи скали. Напрегнатото състояние на този масив се определя единствено от неуправляеми и неконтролируеми, вътрешни и външни за системата "Вместващ Масив/Добивни изработки" фактори. Напрегнатото състояние, в района на бл.С1-3, който е част от ненарушената земна кора по цялата територия на рудника, е обусловено от взаимодействието между гравитационната и тектонските компоненти на напрежения, чието разпределение е анализирано в т. II. 1.

Масивът, над хор.290 се намира в условията на неустойчиво равновесно напрегнато състояние. Този извод се

базира на факта, че изземването на сравнително неголемия обем запаси в бл.С₁-20 е последвано от нова загуба на устойчивост.

Поради липса на информация за времето на възникване на теренните разкъсвания и тяхното развитие не е възможно да се определи настоящия етап на процеса на движение, след нарушаването на напрегнатото състояние на масива от минните работи.



Фигура 6 Геоложки разрез на рудната жила в района на блок С₁-3.

VI. Заключение

Решението за изземването на бл.С₁-3 трябва да бъде съобразено с **категоричното условие за запазване на съществуващото, нестабилно равновесно състояние на масива** над хор.290 и поведението му на несвързана среда. Реализираното изземване на бл.С₁-20 може да се разглежда като натурен експеримент, доказал ниското ниво на устойчивост на вмествания масив. Тук е мястото

да се отбележи, че обемът, подлежащ на изземване в проблемния бл.С₁-3 надхвърля почти четири пъти обема на бл.С₁-20. Тектонският генотип на напрегнатото състояние на бл.С₁-3, сравнително ниските физикомеханични и структурни характеристики на скалите, както и на обстоятелството, че дори при средни стойности на ъглите на движение е много вероятно да се формира зона на движение, засягаща както ш."Голям Палас", така и горележачия масив до целика, охраняващ реките (на СЗ) и околността в

близост до ш."Рудозем", на ЮИ. За онагледяване на казаното, ъглите на движение, по средни стойности са показани на фигури 1 и 6. Известен е чуждестранен опит от практиката, при работа в сходни условия [14,15], който е установил следните особености:

- прилагането и на системата със слоево обрушаване и на системата със запълване увеличават ъглите на движение с 4° - 5° ;
- наличието на разломи, на голяма дълбочина, в условията на тектонско поле, освен че усложняват добивните работи, предизвикват внезапни провалявания и увеличават продължителността на процеса на движение на скалите;
- подземните води, в голямото си количество, обикновено се съдържат във висящия блок и могат да наводнят шахтата, ако не са се дренирали;
- при изземване на околошахтов целик, ако той е включен във вентилационната схема могат да възникнат проблеми от загуби на вентилационна струя.

При решение за изземването на бл.С-1-3, преди технологичния проект, трябва да се изготви проект за изграждането на подземни и наземни станции за измерване на деформациите и движенията на масива, съпътстващи добива. Началните отчети от измерителните станции трябва да предхождат добивните операции.

Въз основа на представената геомеханична оценка, изложените геомеханични условия и произтичащите от тях технологични ограничения, **най-подходящ метод на добив при конкретния случай е изземването на слоеве и последващо запълване с втвърдяващо се запълнение при възходящ ред на добивните работи.**

Достоверността на извършената геомеханична оценка, направените изводи и дадените заключения са в пряка

зависимост от достоверността на предоставената ни и публикувана информация.

Литература

1. Обяснителна записка и графична част, описани в текста.
2. Белов, Н. И. "Методические рекомендации по изучению н.д.с. горных пород на различных стадиях геологоразведочного процесса" МР-41-06-079-86, 1987.
3. "Геомеханическое обеспечение разработки месторождений Кольского полуострова" Апатиты, 1989.
4. Иванов В. "Усъвършенствуван вариант на метода на частично разтоварване за експериментално изучаване на н.д.с. на скалния масив" Годишник ВМГИ, 1987.
5. Справочник (кадастр) физических свойств горных пород, М. Недра, 1975.
6. E.T.Hoek Rock Engineering AA Balkema, Rotterdam, 2001.
7. Хрисчев, Г. и др. "Опазване на съоръженията и обектите от вредното влияние на подземните минни работи", Техника, 1978.
8. Point Load Test, IBSM, Katowice, CMI, 1995.
9. Rock Characterization, Testing and Monitoring, ISRM, Pergamon, 1981.
10. Bieniawski, Z.T. Engineering Rock Mass Classification, NY, Wiley, 1989.
11. Barton et al, Application of the Q-system in design decisions, NY, Pergamon, 1980.
12. Миланович, П. Класификация стенског масива и нѝхови примена, РГФ, Београд, 1997.
13. "Тектонические напряжения в земной коре и устойчивость горных выработок". Наука, 1978.
14. Турчанинов, И.А. "Основы механики горных пород" Л. Недра, 1989.
15. Budavari, S. Rock Mechanics in Mining Practice, SA IMM, Johannesburg, 1983.

Препоръчана за публикуване от
Катедра "Подземно разработване на полезни изкопаеми", МТФ

ДЕФОРМАЦИОННИ ПРОЦЕСИ В СОЛНО-МЕРГЕЛНИЯ МАСИВ

Пешка Стоева, Сибила Златанова

Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София

РЕЗЮМЕ: Извършените геодезични наблюдения в района на солното находище в Провадия дават възможност да се отчете влиянието на наличните експлоатационни камери за възникване на деформации в конкретни зони от находището и в участъка на ж.п. линията София – Варна.

Най-големи потъвания /повече от 100 mm/ се наблюдават в близост до експлоатационните камери /3,75 ÷ 4,50 km от началото на засегнатия участък от ж.п. линията/ и в зоните повлияни от слаби сеизмични процеси /2,75 ÷ 3,50 km/.

Извършените дълговременни наблюдения in situ доказват наличие на деформации на пълзене. Развива се стъпаловиден процес с различни скорости на пълзене, което отговаря на лабораторните изследвания на нехомогенна анизотропна среда и различна мобилизация на структурните елементи.

PROCESSES OF DEFORMATION IN THE SALT - MARL MASS

Peshka Stoeva, Sibila Zlatanova

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia; juldin@abv.bg

ABSTRACT: The geodetic observations made in the region of the saline deposit in Provadia present an opening for describing the influence of the existing extraction cavities upon beginning of deformations in particular parts of the saline and along part of the railway line Sofia – Varna.

The greatest submergence /more than 100 mm/ is observed near the extraction cavities /3,75 ÷ 4,50 km from the beginning of the affected railway section / and in the areas influenced by weak seismic processes /2,75 ÷ 3,50 km/.

The prolonged observations in situ prove a presence of deformations of creep. A step lined process of creep with different speeds is developed which is relevant to nonhomogeneous anisotropic medium and differing mobilization of the structural elements as observed in laboratory.

Извършените геодезични наблюдения в солно-мергелния масив край гр. Провадия дават възможност да се отчете влиянието на солните камери върху конкретни части от солното находище и железопътната линия София-Варна. Солните камери се образуват при измиване със слаб солен разтвор на части от находището в дълбочина. При тези процеси се оформят камери с междукamerни целици. Диаметърът на камерата е 100 m, а на междукamerните целици - 200 m. Максималната височина на камерите е от 300 до 800 m в зависимост от мястото на камерите в диапира.

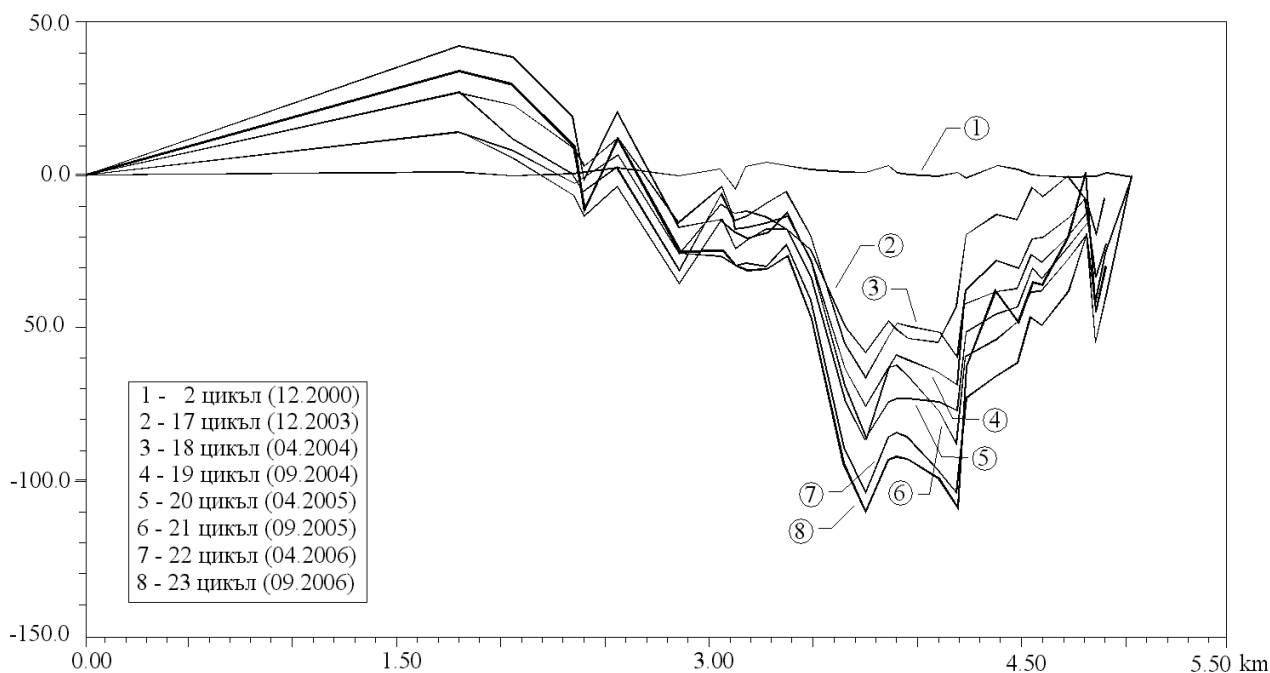
При наличието на освободени отвори на камерите настъпва мобилизация и възникват деформационни процеси, които се влияят от следните особености на солно-мергелните разновидности:

- Наличие на контакти между сол и мергели, които най-често са огледални и са с ниски съпротивителни възможности. Възникването и нарастването на деформациите оказват негативно влияние върху общата устойчивост на масива.
- Разнокристалните солни разновидности създават нехомогенност и възможност за деформации по контактите на кристалите. Освобождават се различните контакти и се проявяват комплексни деформации.
- Едрите и гигантските кристали в масива са силно напукани в резултат на тектонски процеси, които

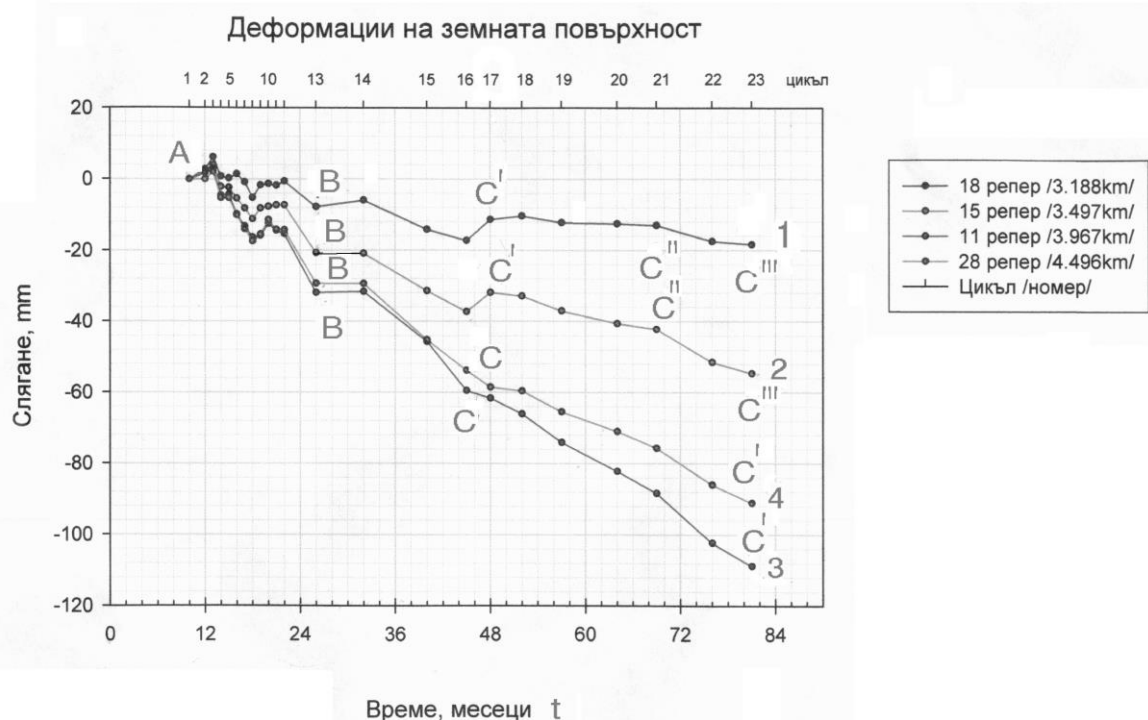
формират солния диапир, като тектонска структура. Посочените дефекти намаляват съпротивителните сили в едрокристалните структури и реагират с остатъчната си якост. В този случай деформационните процеси се активизират в различна степен при свободни камерни стени на целиците, което представлява необратим процес.

- При формирането на солно-мергелния диапир се появяват различни видове структури на солните кристали, резултат от деформационни процеси. Много характерна е флуидалната (иглеста) структура, която е резултат на пълзене на масива при възникване на диапира. Тази структура е насочена по посока на възникнали стари движения и се мобилизира при съвременни структурни изменения. Иглестата (флуидалната) структура благо-приятства пълзенето в масива.
- В широкия обсег на комплексни деформации около камерите в масива (находището) и около оста на железопътната линия се получават опасни моменти за движение на влаковите композиции.

Извършените геодезични наблюдения на реперни точки от жп линия за различни цикли в различни години показват най-големи потъвания (повече от 100 mm) в близост с експлоатационните камери (3,75 – 4,50 km от началото на засегнатия участък от жп линията) и в зоните, повлияни от слаби сеизмични процеси (2,75 – 3,50 km) (фиг.1).



фиг. 1: Зависимост между деформации и разстояния по БДЖ линия.

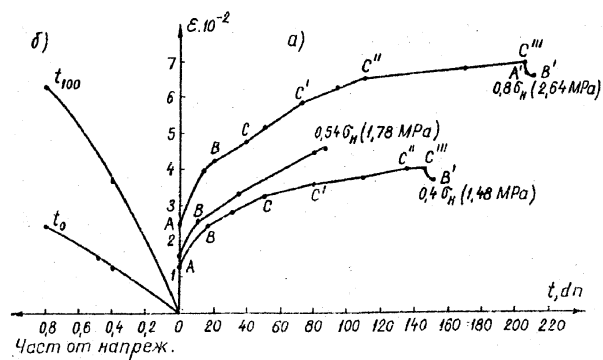


Фиг. 2: Зависимост – слягане във времето t

Извършените геодезични наблюдения *in situ* показват деформации на пълзене. Развива се степенен процес с различни скорости на пълзене (фиг.2) (слягане $f(t)$ функция навремето – фиг.2). Кривите 1, 2, 3, 4 (фиг.2) се характеризират със специфичните скорости на пълзене – (участъци АВ, ВС', С'С'' и С''С''') затихващи деформации и такива, които нарастват във времето. Тези полеви изследвания и особеностите на деформационния процес

са аналогични и съответстват с тези, получени при лабораторни изследвания Стоева (1995) (фиг.3)

Стъпаловидните деформации на пълзене се обясняват с нехомогенността на солно-мергелния масив, със структурата на масива и различните литоложки разновидности и различната мобилизация на структурните елементи.



Фиг.3: Зависимост – слягане във времето t

Препоръчана за публикуване от
Катедра "Открито разработване на полезни изкопаеми и взривни работи", МТФ

Авторите изказват благодарност на проф. д.т.н. инж. Георги Вълев за предоставените от него резултати от полевите наблюдения, необходими за обработка на данните и направа на анализа.

Литература

Стоева, П. 1995. Влияние на реологичните процеси върху якостно-деформационното поведение и устойчивостта на разнородни скални масиви. Дисертация за получаване на научна степен «Доктор на техническите науки».

ПРЕДПОСТАВКИ ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ЕНЕРГИЙНИЯ БАЛАНС В ПРОБНИ ТЕЛА ПРИ ОБЕМНО НАПРЕГНАТО СЪСТОЯНИЕ

Емил Андонов

Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700, София, emand@abv.bg

РЕЗЮМЕ. По получени резултати при обемно напрегнато състояние ($\sigma_1 > \sigma_2 = \sigma_3$) в лабораторни условия са изведени зависимости позволяващи определянето на енергийното състояние на пробни тела.

PRECONDITIONS FOR DETERMINATION OF THE ENERGETIC BALANCE IN TRIAL SUBSTANCES AT STRAINED VOLUMETRIC STATE

Emil Andonov

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, emand@abv.bg

ABSTRACT. With received results at strained volumetric state ($\sigma_1 > \sigma_2 = \sigma_3$) in laboratorial conditions are deduced dependences allowing determination of the energetic condition of trial substances.

Въведение

Една от първостепенните задачи на минната геомеханика е да се отрази енергийното състояние на земния и скалния масив и промените му под влияние на технико технологичните въздействия при подземния добив на полезни изкопаеми.

За да се стигне обаче до едно такова отразяване е интересно първоначално да се потърси енергийния баланс в образци подлагани на натоварвания в лабораторни условия.

Цел

В настоящия доклад са поставени две задачи:

- да се посочат предпоставките довели до отразяване на енергийния баланс в пробни тела при обемно напрегнато състояние;
- да се отрази енергията за изменението на единица обем (δ) от подложени на натоварване тела.

Предпоставки

В поредица от публикации през последните години бе представена информация за комплексните изследвания (проф. Р.Парашкевов, 1987-89г.) свързана с разработване на методика за контрол на напрегнатото и деформираното състояние (н.д.с.) на целиците и камерите в Кошавското гипсово находище.

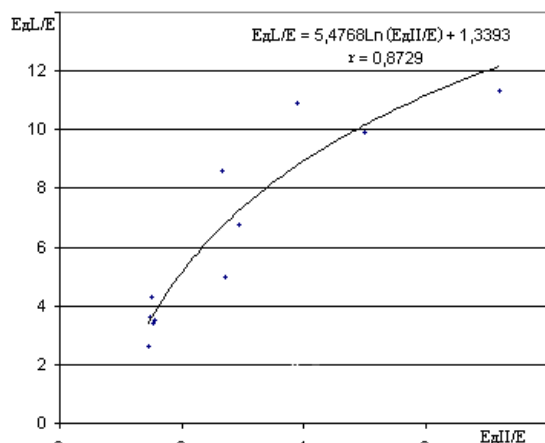
Безспорен интерес предизвикват резултатите от изпитванията в ГПП Варна върху 174 образци с цилиндрична форма от сондажни ядки. Лабораторните изследвания са извършени при обемен натиск с апаратура БВ-21 ($\sigma_1 > \sigma_2 = \sigma_3$), където $\sigma_1 = \gamma H$ съответства на изходното поле на напреженията в масива, при отчитане на вероятния коефициент на концентрацията на напреженията $k = 2 \div 2,5$.

В труд на Андонов Е. (2004) са посочени квантилите на нормалните разпределения на получените стойности за: модула на еластичност E_e , деформационния модул E_d ; коефициента на Поасон μ ; върховата якост σ_v ; дълговременната якост σ_d ; остатъчната якост σ_o и якостта на опън R_o по лабораторните данни. Установено е, че същите варират в широки граници. Съотношенията между максималните и минималните стойности на показателите са съответно: $E_{emax}/E_{emin} \approx 6$; $E_{dmax}/E_{dmin} \approx 5,7$; $\mu_{max}/\mu_{min} \approx 7$; $\sigma_{vmax}/\sigma_{vmin} \approx 4,3$; $\sigma_{dmax}/\sigma_{dmin} \approx 3$; $\sigma_{omax}/\sigma_{omin} \approx 4$; $R_{omax}/R_{omin} \approx 3$.

На Международната Конференция по Геомеханика в Несебър (2007) бяха представени статистически зависимости получени при обработка на данните от изследването в ГПП Варна, като е взета под внимание публикацията на проф. Р.Парашкевов (1991), изследвал н.д.с. на поддържащите целици в зависимост от големината и характера на девиаторните напрежения при отчитане на реактивния отпор на запълнението върху стените на целиците. При използване на енергетичния якостен критерий той извежда зависимост за количествената оценка на степента на заздравяване на целиците при уплътняване на хидрозапълнението.

Проучени са физико-механичните свойства на гипс от различен литоложки тип: дребно, средно до едро кристалинен; брекчовиден; лещовиден и черупчест.

На Национална конференция „Акустика“ (2005) бе показана уникалната пористост (17-38%) на гипса от находището в сравнение с други находища в света. Установени са рядко срещани съотношения между динамично определяните перпендикулярно и успоредно на оста на образците модули на еластичност E_{dII} и E_{dL} , и статичния модул E получен при натоварване (фиг. 1).



Фиг.1 Съотношения между ултразвуково определените модули на еластичност E_{dII} и E_{dL} , и статичния модул E

Изяснено е поведението на гипса при неговото адиабатично натоварване и разтоварване посредством хидравлични датчици.

Всички получени резултати водят към един и същи въпрос - Какви енергийни процеси произтичат в пробните гипсови тела при тяхното натоварване?

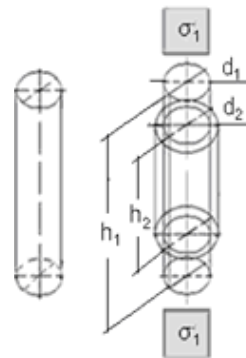
За енергийното състояние на пробни тела при едноосов натиск

Когато натоварваме пробно тяло ние му придаваме някакво количество кинетична енергия E_k . Тялото реагира по определен начин, в зависимост от степента на натоварване, времето през което е подложено на натоварване, притежаваните свойства и т.н. То променя своята големина и форма. Разрушават се при достигане на върхова якост на натиск. Настъпват промени в енергийното му състояние. От него се освобождава частично или напълно (при идеално еластично тяло) енергия, предадена му при натоварването или от собствено притежаваната потенциална енергия E_n .

На фигура 2 е показано цилиндрично пробно тяло до и след едноосовото му натоварване, а на фигура 3 схемата за определяне параметрите на деформиране при такова натоварване.

При натоварването на единица обем от образеца се придава кинетична енергия (E_k) равна на произведението

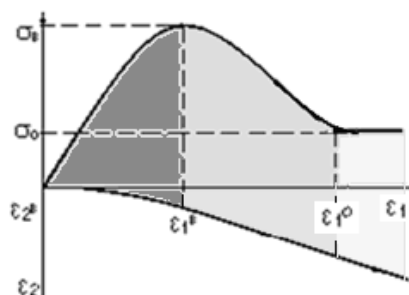
$$E_k = \varepsilon_1 \cdot \sigma_1 \quad (1)$$



Фиг.2 Промените във формата и големината на образец при едноосово натоварване σ_1 .

Нормалното напрежение σ_1 е с дименсия (N/m^2), а деформацията $\varepsilon_1 = (h_1 - h_2) / h_1$ е бездименсионна величина. Затова произведението $\varepsilon_1 \cdot \sigma_1$ остава с размерност (N/m^2). В резултат на натоварването намалява височината на образеца, но диаметърът му нараства $\varepsilon_2 = (d_2 - d_1) / d_1$, ($\varepsilon_2/\varepsilon_1 = \mu$) т.е. произтича освобождаване на част от енергията в образеца

$$E_k = -2\mu \varepsilon_1 \cdot \sigma_1 \quad (2)$$



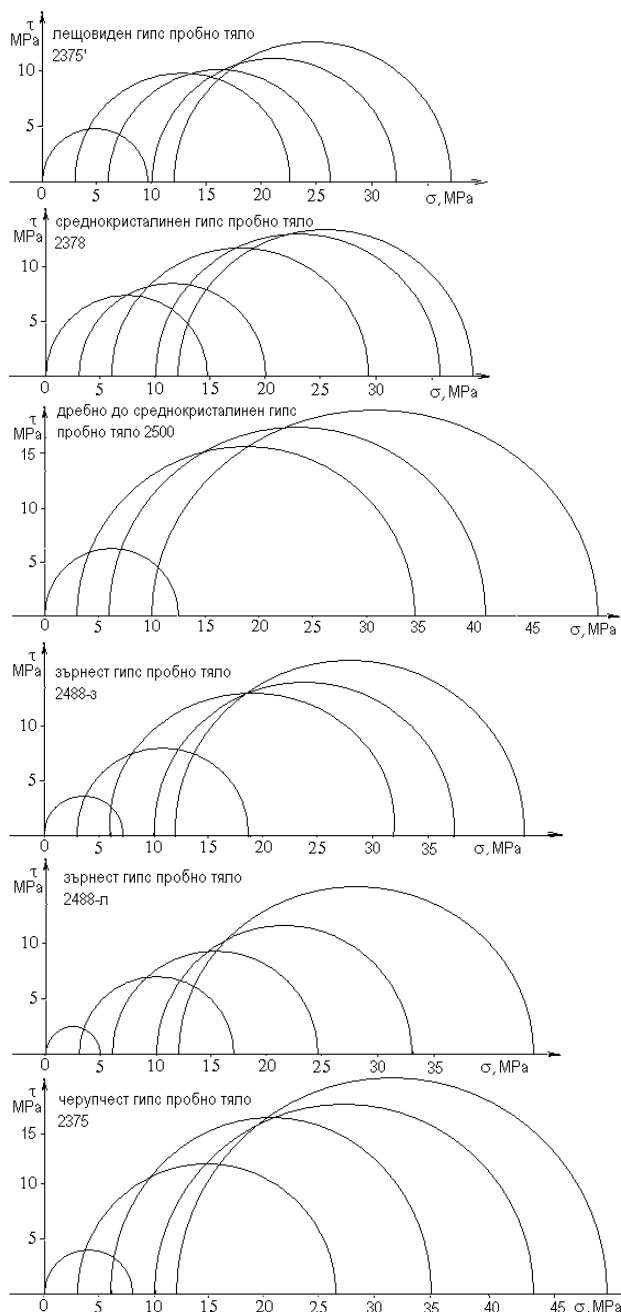
Фиг.3 Схема за определяне параметрите на деформиране: якост на натиск σ_b ; разрушаваща деформация ε_1^B ; граница на остатъчната якост σ_0 ; деформация при остатъчната якост ε_1^0 ; напречна деформация при границата на якост ε_2^B .

Всъщност по схемата на фигура 3 количествено енергиите биха могли да се изразят чрез площите на очертаните зони: до достигане на върховата якост (σ_b); задграничната и остатъчната якост σ_0 . По същата фигура, не представлява затруднение определянето на измененията на обемите за зоните по графиката ($\varepsilon_1, \varepsilon_2$). С други думи, при натоварването на пробните тела през отделните стадии на процесите в тях може да се следи за енергийното им състояние.

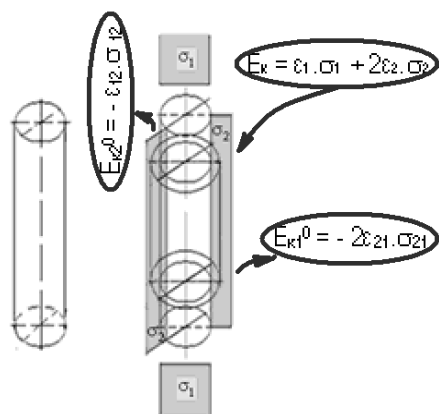
За определяне енергийното състояние на образците при триаксиално изпитване

Интересно е да се отрази енергийния баланс при обемно напрегнато състояние по най-често прилаганата схема на Карман, т.е. при параметър на Надаи-Лоде $\mu_0 = -1$

На фигура 4 са показани част от резултатите получени при изпитванията в ГПП Варна.



Фиг.4 Резултати представени чрез кръговете на Моор за различни литоложки разновидности на гипса с посочване № на сондажа от който е взето пробното тяло



Фиг.5 Промените във формата и големината на образец при натоварване ($\sigma_1 > \sigma_2 = \sigma_3$).

Кинетичната енергия, предавана на пробното тяло при триаксиалното натоварване би могло да се определя по принципа на суперпозицията чрез стойностите за напреженията и деформациите (фигура 5).

$$E_k = \varepsilon_1 \cdot \sigma_1 + 2\varepsilon_2 \cdot \sigma_2 \quad (3)$$

С напречното разширяване на пробното тяло част от кинетичната енергия се освобождава (4):

$$\begin{aligned} E_{k1}^0 &= -2\varepsilon_{21} \cdot \sigma_{21} \\ E_{k2}^0 &= -\varepsilon_{12} \cdot \sigma_{12} \\ E_k^0 &= E_{k1}^0 + E_{k2}^0 \end{aligned} \quad (4)$$

Ако приемем, че пробните тела са изотропни може да запишем (5):

$$\begin{aligned} E_{k1} &= -2\mu\varepsilon_1 \cdot [\mu/(1-\mu)] \sigma_1 = -2\mu^2 (1-\mu) \varepsilon_1 \cdot \sigma_1 \\ E_{k2} &= -\mu\varepsilon_2 \cdot [\mu/(1-\mu)] \sigma_2 = -\mu^2 (1-\mu) \varepsilon_2 \cdot \sigma_2 \\ E_k^0 &= -[\mu^2/(1-\mu)]^2 \varepsilon_1 \cdot \sigma_1 + \varepsilon_2 \cdot \sigma_2 \end{aligned} \quad (5)$$

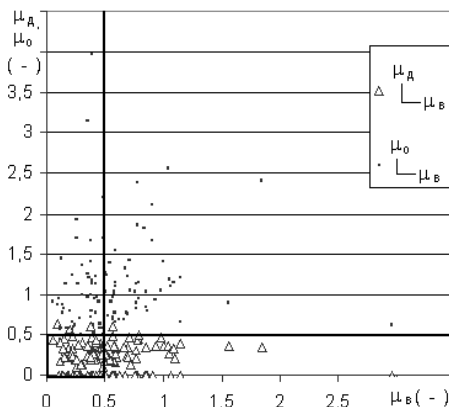
Изследваните пробни тела обаче не са изотропни, за което свидетелстват фигури 1 и 6.

По разликата между кинетично предаваната и освобождаваната енергия може да се оцени разрушаване на структурни връзки и натрупващата се в пробното тяло потенциалната енергия.

$$\begin{aligned} E_n &= E_k - E_k^0 \\ E_n &= \varepsilon_1 \cdot \sigma_1 + 2\varepsilon_2 \cdot \sigma_2 - [\mu^2/(1-\mu)] [2\varepsilon_1 \cdot \sigma_1 + \varepsilon_2 \cdot \sigma_2] \\ E_n &= [1-2\mu^2/(1-\mu)] \varepsilon_1 \cdot \sigma_1 + [2- \mu^2/(1-\mu)] \varepsilon_2 \cdot \sigma_2 \end{aligned} \quad (6)$$

За относителното изменение на обема δ могат да се приемат стойностите съгласно израза (7).

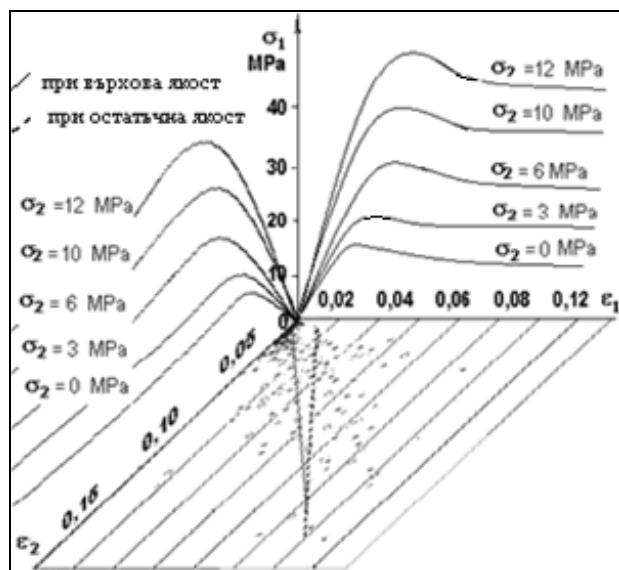
$$\delta = 2\varepsilon_2 + \varepsilon_2^2 - \varepsilon_1 - 2\varepsilon_1 \varepsilon_2 - \varepsilon_1 \varepsilon_2^2 \quad (7)$$



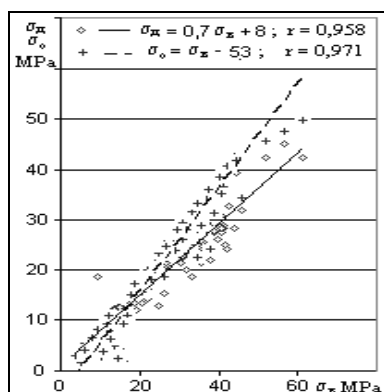
Фиг.6 Стойности на съотношенията между напречните и надлъжните деформации при върхова, дълговременна и остатъчна якост

На фигура 6 са дадени сведения и за съотношенията между надлъжните и напречните деформации определени при статичните натоварвания. Прави впечатление, че редица от стойностите са над 0,5. Особено големи, достигащи 4 са стойностите за $\mu_0 = \varepsilon_{30}/\varepsilon_{10}$ при остатъчната якост. Значително по ниски са стойностите за $\mu_b = \varepsilon_{3b}/\varepsilon_{1b}$ при върхова якост. Съотношенията при дълговременна якост $\mu_d = \varepsilon_{3d}/\varepsilon_{1d}$ рядко надхвърлят 0,5. Тези стойности заслужават задълбочен отделен коментар.

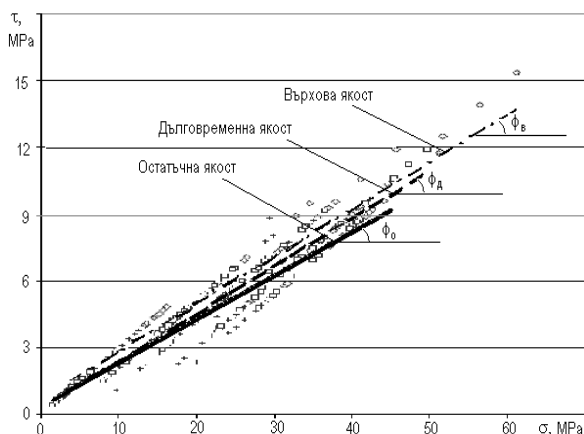
Отчитайки този фактологичен материал е редно да се обърне внимание и на стойностите, приемани от остатъчните и дълговременните показатели за деформациите и напреженията в сравнение с тези при върховата якост. Това е направено на фигури 6, 7 и 8. Изведени са и зависимости, които следва да се отчитат в практиката.



Фиг.7 Обща схема за определяне параметрите на деформиране съчетана със статистически получените зависимости между деформациите

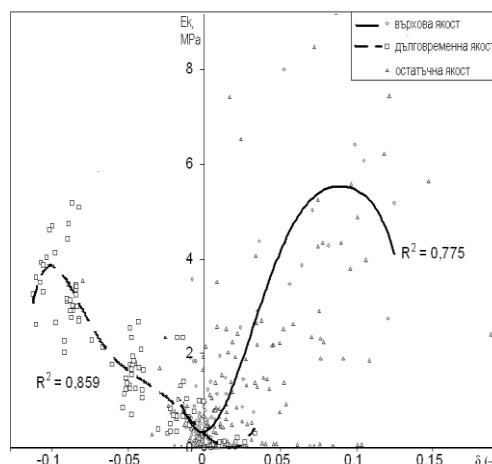


Фиг. 8 Зависимости между дълговременната, остатъчната и върхова якост



Фиг.9 Зависимости между тангенциалните и нормални напрежения $\tau = F(\sigma)$, ϕ_π , ϕ_d и ϕ_o са ъгли на вътрешно триене

Въз основа на статистическа обработка на данните са построени зависимостите $E_k = F(\delta)$ за върховата, дълговременната и остатъчната якост (фиг.10). Графиките илюстрират обработката на данните съгласно изрази (3) и (7). В следваща публикация ще бъдат дадени допълнителни резултати и разширен техен коментар.



Фиг. 10 Статистически графики за кинетичната енергия при върхова, дълговременна и остатъчна якост.

Заклучение

Приведени са предпоставки довели до идеята за отразяване на енергийния баланс в образци при обемно напрегнато състояние;

Отразена е кинетичната енергия (E_k) за изменението на единица обем (δ) от подложени на натоварване пробни тела.

Необходим е задълбочен анализ за: енергийното въздействие върху структурата на пробните тела; стойностите на надлъжните и напречните деформации; енергийния пренос и редица други. Това ще бъде направено в една от следващите публикации.

Литература

- Андонов Е., Зависимости между статичните якостно - деформационни и ултразвуковите свойства на гипса от рудник „Кошава“, *Национална конференция „Акустика 2004“* 26.11.2004г., София.
- Андонов Е., 13-15.06.2005, Сравняване на някои свойства на гипса от Кошавското и други находища, *Национална конференция „Акустика 2005“*, Созопол.
- Андонов Е., 2007, Геомеханични проучвания (1988-1989) за Кошавското находище, *Международна Конференция по Геомеханика*, Несебър, III-91-98.
- Парашкевов Р.Д., и кол., Изучаване състоянието и разработване на методика за контрол на напрегнатото и деформирано състояние на целиците и камерите в гипсово находище „Кошава“, Дог. 1118, Архив на МГУ, 1989 г., С.
- Парашкевов Р., 1991, Влияние на съотношението между главните натискови напрежения върху устойчивостта на целици при работа със запълнение, стр. 345 -349, Год. МГУ т. XXXVII, св. II, София.

Рецензент проф. Пешка Стоева

FROM RHEOLOGY TO PLASTICITY AND VISCOPLASTICITY

Mihaela Toderas

University of Petrosani, Romania

ABSTRACT. Obtaining some models of non-linear behaviour of the materials have 2 directions: the study of rheological properties and define of the form of the equations for a three-dimensional solicitation. The rheology, the science that study the matter in time, from the point of view of the flow, of the deformations, allows obtaining some correlations between stress, deformations and their derivates, and characterize the nature of the components. We will introduce in this paper the most complex behaviours, starting from elementary notions and the description of the different criterias which allow the generalization of the obtained equations in three-dimensional cases.

Keywords: elasticity, plasticity, viscoplasticity, rheological model, behaviour, criterion, hardening.

ОТ РЕОЛОГИЯ ДО ПЛАСТИЧНОСТ И ВИСКОЗОПЛАСТИЧНОСТ

Михаела Тодерас

Петрошански университет, Петрошани, Румъния

РЕЗЮМЕ. Получените модели на нелинейно поведение на материалите имат две посоки: изследване на реологичните свойства и определяне вида на уравненията за три-измерни системи. Реологията е наука, занимаваща се с проблемите за изясняване на връзката между напреженията и скоростта на деформация на различните видове среди (течни и твърди), което позволява получаването на някои корелации между напрежение, деформации и техните производни, и характеризира природата на компонентите. В този доклад са разгледани най-сложните поведения, започвайки от най-елементарните, като са описани различни критерии, които позволяват да се обобщят получените уравнения в три-измерни случаи.

Ключови думи: еластичност, пластичност, вискозитет, реологичен модел, поведение, критерий, втвърдяване

1. Fundamental elementary notions

The qualitative form of the materials behaviour result after realizing some simple tests, allow them to be framed in well – defined classes. The fundamental behaviour that could be represented through elementary mechanical systems are: the elasticity, the plasticity and the viscoplasticity. The most well-known elements are, fig1:

- the resort, which symbolizes the linear elasticity for which the deformation is reversible and it exists a relation between the charging parameters and the deformation ones (fig.1.a);

- the damper, which schematize the linear viscosity (fig.1.b) or non-linear (fig.1.c). The viscosity is pure if there is a relation between loading and the speed of this; if this relation is linear the model is related to Newton's law;
- the patina, which describe the appearance of the permanent deformation if the loading is big enough (fig.1.d). If the first step of the permanent deformation does not evaluate with the loading, the behaviour is perfect plastic and moreover, if the deformation between the flow is neglected, the model is rigid – perfect plastic.

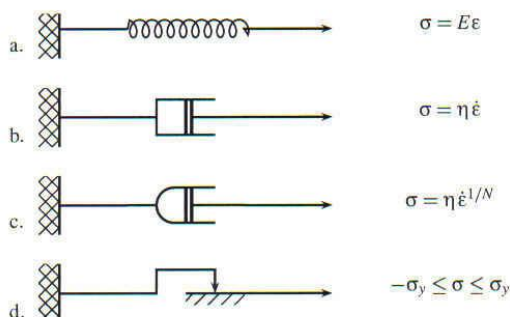


Fig. 1. Fundamental notions in the representation of behaviour

These elements could be combined, making rheological models, which represent mechanical systems, used as a support in defining the models.

The response of these systems could be thought in 3 different plans, which allow showing the obtained behaviour by a certain type of experiments:

- hardening or monotone increase of the strain (strain – stress plan, $\varepsilon - \sigma$);
- creep or constant loading (time – stress plan, $t - \sigma$);

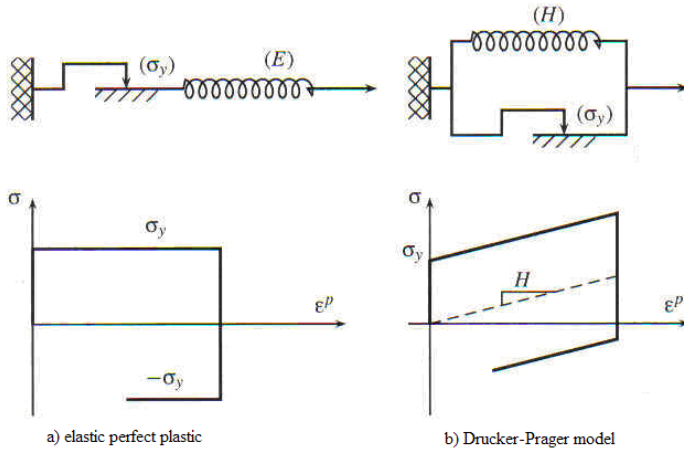


Fig. 2. Association in series and parallel of the patina and resort

The characterization of this model is made by considering the loading function f , dependent of the only variable σ , defined by:

$$f(\sigma) = |\sigma| - \sigma_y \quad (1)$$

The elasticity field belongs the f 's negative values and the system' behaviour resume itself to the following equations:

- the elasticity field, if $f < 0$

$$(\dot{\varepsilon} = \dot{\varepsilon}^e = \dot{\sigma} / E)$$

- the elastic unloading, if $f = 0$ and

$$\dot{f} < 0 \quad (\dot{\varepsilon} = \dot{\varepsilon}^e = \dot{\sigma} / E)$$

- plastic flow if $f = 0$ and

$$\dot{f} = 0 \quad (\dot{\varepsilon} = \dot{\varepsilon}^p)$$

In elastic domain, the plastic strain rate $\dot{\varepsilon}^p = 0$, the elastic strain rate becoming zero, during the plastic flow. The model is without hardening, because the stress's level varies at the end of the elastic field. The model is susceptible to reach infinite deformations under a constant loading, leading to the damage of the system by excessive deformation. The association in parallel, fig.2.b - Prager's model, of these 2 elements is related with a behaviour in which the hardening is present; it is a linear hardening and is named kinematical, because it depends of the actual value of the plastic strain. In this case, the loading function depends of the actual value of the plastic strain. So, this function depends of the applied stress and the intern stress, X , that characterize the new neutral state of the material:

$$f(\sigma) = |\sigma - X| - \sigma_y \quad (2)$$

- relaxation or constant strain (time – strain plan, $t - \varepsilon$).

2. Uniaxial plasticity

The association between a resort and a patina in series produces a elastic perfect plastic behaviour (fig.2.a) the system not being able to support a stress which's absolute value is bigger then σ_y .

The stresses evaluate during the plastic flow, being useful as control variables. It always exists the possibility of expressing the plastic strain rate according to the rate of the total strain:

$$\dot{\varepsilon}^p = \frac{E}{E + H} \cdot \dot{\varepsilon} \quad (3)$$

It is remarkable to notice that the calculus of the dissipated energy during a cycle, produces the same result as the first scheme, which indicates the fact that for his type of behaviour a part of the energy is temporarily stocked in the material (here is the resort) and wholly restituted at downloading. This gives a physical illustration of the reversible hardening notion, when other rules of cinematic non-linear hardening are accompanied by a dissipation of this energy.

In uniaxial elastoplasticity, the loading – unloading conditions are expressed in general case through:

- the elasticity field if

$$f(\sigma, A_i) < 0 \quad (\dot{\varepsilon} = \dot{\sigma} / E)$$

- elastic unloading if

$$f(\sigma, A_i) = 0 \quad \text{and} \quad \dot{f}(\sigma, A_i) < 0 \quad (\dot{\varepsilon} = \dot{\sigma} / E)$$

- plastic flow if

$$f(\sigma, A_i) = 0 \quad \text{and} \quad \dot{f}(\sigma, A_i) = 0 \quad (\dot{\varepsilon} = \dot{\sigma} / E + \dot{\varepsilon}^p)$$

In the general case, the H model depends on the strain and / or the hardening variables; the value of the plastic model in the point (σ, A_i) is obtained by writing that the representative point at the loading during the flow remains on the limit of the elasticity field, and the resulted equation is named "the coherence equation":

$$\dot{f}(\sigma, A_i) = 0 \quad (4)$$

In these examples, the elasticity field is either fix or mobile, its length being conserved. The first case does not need any hardening variable, in the second, the X variable occurs and its depend on the actual value of the plastic strain which on the general case will become a tensorial variable. The type of hardening which is related to it is the cinematic hardening (fig.3.b). In the particular case illustrated by the rheological model, the evolution of the X variable is linear according to the plastic strain, this being the model of linear kinematic hardening (Prager, 1958).

Another elementary evolution of which the elasticity field could support is the expansion (fig.3.a), related to a material of which's elasticity field records a growth in length, but it remains centrated in the origin; it is about an isotropic hardening (Taylor and Quinney, 1931), in the f function, the variable R which occurs, is the dimension of the elasticity field:

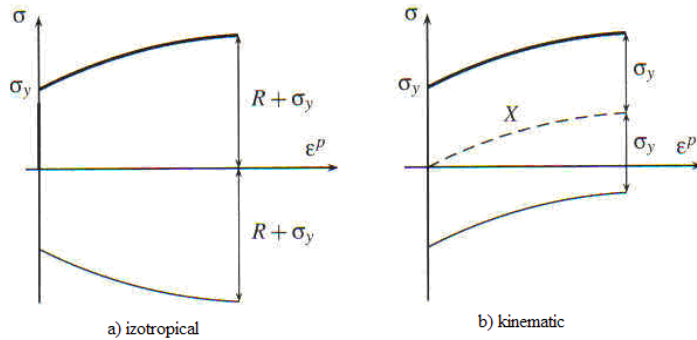


Fig. 3. Representation of the two types of hardening

The izotropical hardening is mostly used for important deformations (over 10 %). The kinematic hardening continuous to play an important role after the unload, even for big deformations and it is prevalent for small deformations and the cycle loadings, allowing the correct simulation of Bauschinger effect, meaning the fact that the elasticity stress in compression unloads related to the initial stress as a following of a pre-hardening in extension.

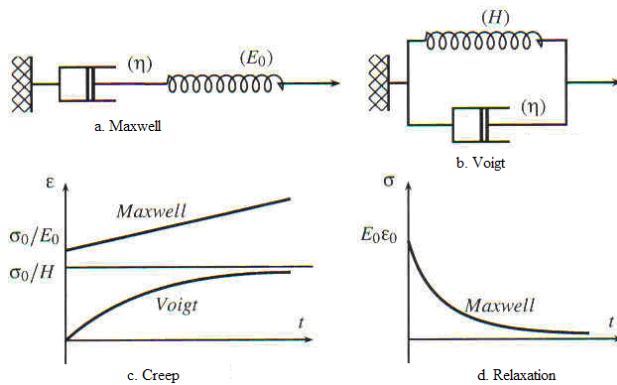


Fig. 4. Representation of the simple models Maxwell and Voigt

The Voigt model is not used for relaxation, unless putting it under deformation is progressive and because of that, in order

$$f(\sigma, X, R) = |\sigma| - R - \sigma_y \quad (5)$$

The evolution of this variable is the same, no matter of the sign of the cumulated variation of plastic strain, p, a variable which's derivate is equal with the absolute value of the plastic

strain rate, $\dot{p} = \left| \dot{\epsilon}^p \right|$. So, it does not existing a difference

between p and ϵ^p while the loading is monotone increase. In this case, the verification of the condition means expressing the fact that the actual value of the stress on the bound of the elasticity field:

- for kinematic hardening: $\sigma = X + \sigma_y$
- for izotropical hardening: $\sigma = R + \sigma_y$

which means the fact that the evolution law of the hardening variable is the one that determines directly the form of the extension's curve.

3. Viscoelasticity and viscoplasticity

Viscoelasticity could be well defined through simple models Maxwell and Voigt which group a damper in series and in parallel (fig.4) or through the utilization of some composed models, such as Kelvin – Voigt or Zener (fig.5). The particularity of Voigt model is that it does not present instant elasticity, its function of relaxation not being continuous and derivable on pieces.

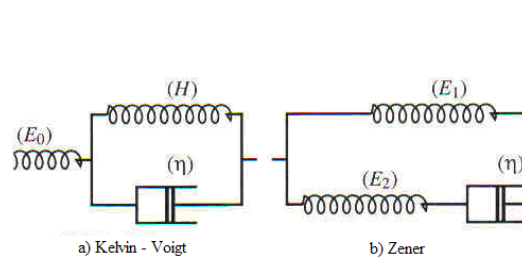


Fig. 5. Examples of composed models

to effectuate the calculus of structure, it was associated with a series resort – the Kelvin – Voigt model. Under the effect of a

stress $\sigma_0 = \text{const.}$ in time, the deformation goes asymptotic to σ_0 / H , meaning that the creep is limited. In the case of Maxwell model the creep's rate is constant and the disappearance of the stress during an experiment is total. By adding a simple damper to a simple model, there is the possibility to pass easily from a model which has a plastic behaviour, independent from time, to a viscoplastic model (fig.6), the resulted model being the generalized Bingham model. By eliminating the resort in series the viscoplastic rigid model is obtained, and by suppressing the resort in parallel, there will be no hardening.

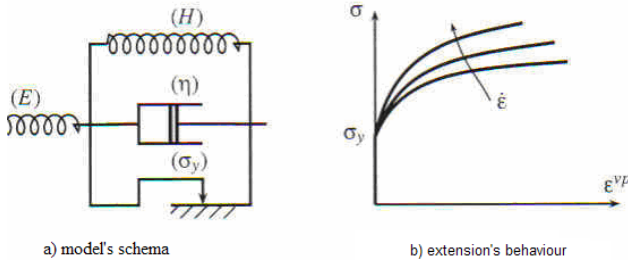


Fig. 6. Bingham generalized model

In the case of a viscoplastic model, there are 2 possibilities to introduce the hardening, by conserving the possibilities to action either upon the plastic variables – the case of the models with additive hardening, or upon the viscous stresses, when we talk about the models with a multiple hardening, a representative law describing this type of hardening being Lemaitre's law:

$$\dot{\epsilon}^{vp} = \left(\frac{|\sigma|K}{\sigma_y} \right)^n \text{sign}(\sigma) \quad (6)$$

- Norton's law

$$\dot{\epsilon}^{vp} = \left(\frac{|\sigma|K}{\sigma_y} \right)^n p^{-n/m} \text{sign}(\sigma) \quad , \quad \text{with} \quad p = \left| \dot{\epsilon}^{vp} \right| \quad (7)$$

- Lemaitre's law

where K, n, m – the material's coefficients.

4. Criterias

The used models, offer a uniaxial loading, shown an elasticity field, in the stresses domain and the hardening variables, for which it does not exist plastic flow or viscoplastic. The trace of this field on the stress axe is limited at a segment which can support a translation or an extension, sometimes even limited to a point. On the other side, certain models are capable to represent a maximum stress, supported by the material. The main classes of criterias in writing the model are:

- criterias in which the hydrostatic pressure does not appear (the new criterion von Mises and Tresca);
- criterias which take into account the hydrostatic pressure (the criterion Drucker – Prager, Mohr – Coulomb, the "closed" criterias);
- anizotropical criterias.

4.1. Criterias in which the hydrostatic pressure does not appear

While the trace on the stress' tensor does not appear, the most simple criterion is the one that used only the second invariant of the stress' tensor of J , which is related to an ellipse in the space of the symmetric tensors, meaning the von Mises criterion:

$$f(\sigma) = J - \sigma_y \quad (8)$$

σ_y – the elasticity limit in extension.

This makes the maximum shears to appear in every main plan, represented through the quantities $(\sigma_i - \sigma_j)$. Specific to Tresca criterion is not to keep from these quantities, only the highest values. Adding a pressure to each term of the diagonal does not modify the criterion's value. The expression, contrary to the von Mises criterion, does not define a regular surface (the discontinuity of the normal, angular points):

$$f(\sigma) = \max_{i,j} |\sigma_i - \sigma_j| - \sigma_y \quad (9)$$

It is interesting to compare these two criterias. Because being situated in the space of 6 (or 9) components of the stress' tensor is not an issue, we must see the boundaries of the elasticity field in the subspaces with 2 and 3 dimensions. The representations are being made:

a) in extension – shear plan (fig.7.a) the only components $\sigma = \sigma_{11}$ and $\tau = \sigma_{12}$ not being zero. The expressions of the criterias are reduced to:

$$\text{- von Mises:} \quad f(\sigma, \tau) = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} - \sigma_y \quad (10)$$

$$\text{- Tresca:} \quad f(\sigma, \tau) = \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} - \sigma_y \quad (11)$$

b) in the main stresses' plan (σ_1, σ_2) (fig.7.b) when the stress $\sigma_3 = 0$:

- von Mises:

$$f(\sigma_1, \sigma_2) = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1\sigma_2} - \sigma_y \quad (12)$$

- Tresca:

$$f(\sigma_1, \sigma_2) = \begin{cases} \sigma_2 - \sigma_y & \text{if } 0 \leq \sigma_1 \leq \sigma_2 \\ \sigma_1 - \sigma_y & \text{if } 0 \leq \sigma_2 \leq \sigma_1 \\ \sigma_1 - \sigma_2 - \sigma_y & \text{if } \sigma_2 \leq 0 \leq \sigma_1 \end{cases} \quad (13)$$

In a deviatoric plan, the criterion von Mises is represented through a circle, which is related to its interpretation, through octaedral shear, the Tresca criterion is represented through a hexagon.

c) in the space of the main stresses each of these criterias of the main stresses each of these criterias is represented through a generating set cylinder $(1, 1, 1)$ in the base of the defined curves in a deviatoric plan.

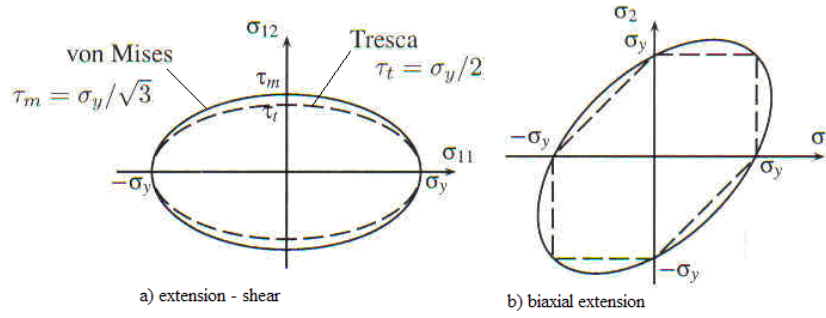


Fig. 7. Comparison of the Tresca and von Mises models

4.2. Criteria in which hydrostatic pressure is taken into account

These criteria are necessary to represent the plastic deformation of the materials, lands or of the presence of fissures, the discontinuities of the materials, expressing the fact that a hydrostatic stress of compression opposes to the plastic deformation. One of the consequences of their formulation is that they introduce a non-symmetry extension – compression.

The criterion Drucker – Prager is an expansion of the von Mises criterion, a linear combination between the second invariant and the trace of the stresses' in a deviatoric plan, being a circle:

$$f(\sigma) = (1 - \alpha) J + \alpha I - \sigma_y \quad (14)$$

The limit of elasticity in extension remains σ_y and in compression is $-\sigma_y / (1 - 2\alpha)$, α being a coefficient related to the material, $\alpha = 0 - 0.5$ ($\alpha = 0 \Rightarrow$ von Mises criterion (fig.8).

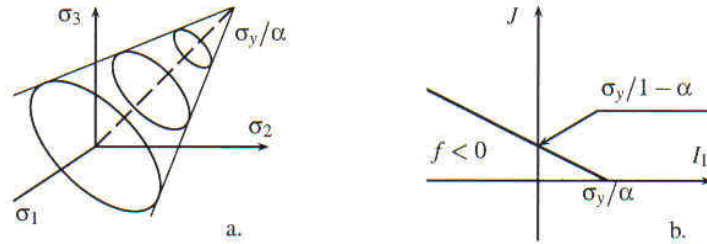


Fig. 8. The representation of Drucker – Prager criterion: a) in the main stress space; b) in the $I_1 - J$ plan

The Mohr – Coulomb criterion has a certain resemblance with Tresca criterion, making the maximum shear to appear, but in the meantime the average shear, represented through the Mohr's center circle correspondent to the maximum shear:

$$f(\sigma) = \sigma_1 - \sigma_3 + (\sigma_1 + \sigma_3) \sin \varphi - 2 C \cos \varphi \quad (14)$$

$$\text{with } \sigma_3 \leq \sigma_2 \leq \sigma_1$$

This criterion assumes that the maximum shear that the material can support (T_t , fig.9.a) is as bigger as the normal stress compression is higher. The admitted limit is an intrinsic curve in the Mohr plan:

$$|T_t| < -\tan(\varphi) T_n + C \quad (15)$$

where: C – cohesion; φ – the internal friction angle of the material; $\varphi = 0$, $C \neq 0$ – pulverulent material; $\varphi \neq 0$, $C = 0$ – pure cohesive material.

In a deviatoric plan (fig.9.b) is obtained a non-regular characterized through the values:

$$\sigma_t = \frac{2\sqrt{6} (C \cos \varphi - p \sin \varphi)}{3 + \sin \varphi}$$

$$\sigma_c = \frac{2\sqrt{6} (-C \cos \varphi + p \sin \varphi)}{3 - \sin \varphi}, \quad p = -\frac{1}{3} I_1 \quad (16)$$

These two criteria show the fact that the material becomes infinite resistant in triaxial compression, behaviour whose not generally verified for the real material sensible to hydrostatic pressure. In order to simulate on, for example the compaction, is reduced to “closed models” in which the limit curve is define through two pieces. As an example is the Cam-Clay model used for clays which's limit curve is defined by two ellipses in the plan ($I_1 - J$) or the “cap mode” model, which closes with an ellipse the criterion Drucker – Prager.

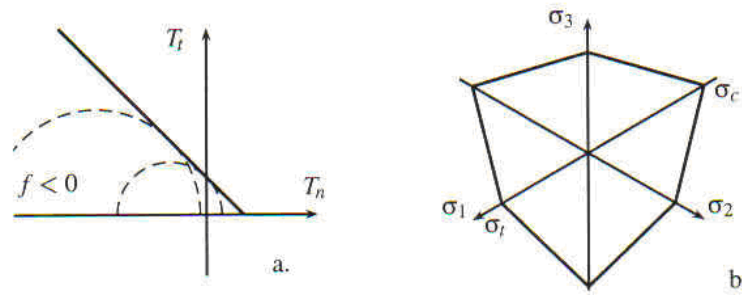


Fig. 9. Mohr – Coulomb criterion: a) in the Mohr plan; b) in deviatoric plan

4.3. Anisotropical criterias

If the loaded surface of a metallic material is measured experimental, it is seen that in the presence of unelastic deformations it records an extension, a translation and a distortion, the first two modifications being represented by the isotropical and kinematic hardenings, the last one not being considered by the current models.

There are anisotropical materials, such as composites materials. There are lots of possibilities of expansion of the isotropical criterias, in order to describe the anisotropical materials. The most general way is the fact that a criterion is a function of the components of the stresses tensor in a given base. The chosen form must be intrinsic.

The most general solution generalizes the von Mises criterion, using instead of $J(\sigma)$ the expression:

$$J_B(\sigma) = \sqrt{\sigma : B : \sigma} \quad (17)$$

which introduces the tensor of 4th order B . Choosing for B the tensor J so that $s = J : \sigma$ (s - the associate deviator for σ) is obtain von Mises criterion.

Through considerations of symmetry, as for the elasticity case, the number of free components of the B tensor could be reduced. Moreover, from the usual conditions, the assurance of the plastic incompressibility must be taken into account. If the material has 3 symmetric perpendicular plans, the terms are zero and there will only remain 6 components.

5. Conclusions

The general equations which describe one of the materials behaviour show the nature of the viscoelasticity, plasticity and viscoplasticity models, the last two having in common the existence of an elasticity field.

It must be mentioned the fact that the deformation or the plastic flow is momentary, while the flow is being delayed. This thing has important consequences in writing the elastic – viscous – plastic behaviour. The effects should not be neglected, because they are will determined.

The majority of these effects (the oldening, the interactions with the environment, etc.) is well established and represents the object of simulations, specific to each studied case. The criterias used for describing the behaviour, as well as the flow laws, must be chosen according to the studied material, its type, the presence of irregularities, fissures, discontinuities, structural defects and what is important especially for rocks, is their anisotropy. A nowadays case in geotechnic is the one of the isotropical materials, which's criterion must be written according to the main normal stresses, which are normal stresses and tangential on a perpendicular face on the axe of schistosity, meaning a parallel face with the isotropical plan of schistosity.

References

- [1] Hoek, E. – *Practical Rock Engineering*. Edition complete, 2000.
- [2] Toderas, M. - *Modele de comportament vâscoplastic utilizate în mecanica pământurilor*. Buletin științific al Universității de Nord Baia Mare. Seria D. Volumul XIX, ISSN 1582–0548, 2005, pg. 715 – 722.
- [3] Toderas, M. - *Les lois incrémentales pour les sols*. Annals of the University of Petroșani, Mining engineering. Vol. 6 (XXXIII). Petroșani, ISSN 1454–9174, 2005, pg. 46 – 55.
- [4] Todorescu, A. – *Reologia rocilor cu aplicatii în minierit*. Editura Tehnica, Bucuresti, 1986.

ПРОГНОЗИРАНЕ НА ЯКОСТНОТО ПОВЕДЕНИЕ НА ГЛИНИ ПРИ ПРОМЯНА НА ВОДНОТО СЪДЪРЖАНИЕ

Виолета Иванова

Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София, wivanova@abv.bg

РЕЗЮМЕ. Предложен е графичен метод за определяне якостта на срязване на глинести разновидности в диапазон от водни съдържания – от границата на източване до пълно водонасищане. Резултатите от изследването дават възможност за прогнозиране на якостно-деформационното поведение на глините при различни вертикални натоварвания и изменение на влажностния режим.

PROGNOSTICATION OF CLAY STRENGTH BEHAVIOR IN CASE OF WATER CONTENTS VARIATION

Viola Ivanova

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, wivanova@abv.bg

ABSTRACT. Graphical method for determination of shear strength in clay varieties in the range of water contents – from the flow limit to fully water logging, is proposed. The investigation results give the possibilities for strength-deformation prognostication of its behavior in case of different vertical loading and moisture regime variation.

Откритият начин на добив на въглища в рудниците на "Марица изток" ЕАД се съпътства с изграждане на насипища, в които се насипват глините от откривните хоризонти. Насипищните глинени не са естествено отложени седименти. Геотехническите им свойства са влошени вследствие нарушаване на естествената структура от изземване с роторни багери, транспортиране с гумено-лентов транспорт и отсипване с насипообразуватели. В процеса на изграждане насипищата периодично се овлажняват от атмосферните води, което допълнително влошава механичните свойства на глините и понижава носещата им способност, въпреки предвиденото изкуствено уплътняване на насипищния масив.

Формирането на геотехническите свойства на насипищни глинени материали е сложен и динамичен процес, зависещ от инженерногеоложките, хидрогеоложките и климатичните условия, както и от възприетите минно-технологични схеми. То зависи от състава, структурата и свойствата на глините в ненарушения масив на откривката, от технологията на изземване, транспортиране и насипване, от атмосферните условия, както и от възможностите за уплътняване под собствен товар във времето на престояване. И най-вече, тъй като това са глинени материали, основен фактор за формиране на свойствата им е *водата*.

Необходимостта от прогнозиране якостното поведение на насипищни глинени при различно водно съдържание

възникна при изследване и прогнозиране на носещата им способност спрямо роторния багер, предвиден за вторичното им изземване като откривка във вътрешното насипище на рудник "Трояново 1" [1].

За определянето на геотехническите свойства на насипищните глинени са прокарани 20 бр. сондажа на дълбочина до 7 m, от които са взети 41 бр. проби. Изследванията са направени според БДС. Определени са зърнометричният състав, естественото водно съдържание, физичните, физикохимичните, якостните и деформационните свойства. Според получените резултати глините са обособени в четири разновидности: черни, пъстри прахови, пъстри прахови с твърди включения и прахови глинени с преобладаваща пясъчна фракция. Осреднените показатели за състава, физичните и физикохимичните им свойства са представени в таблица 1.

Според показателя на пластичност и зърнометричния състав глинестите разновидности се класифицират по БДС като прахови глинени и глинени. Обособяването на отделна разновидност *глинени с преобладаваща пясъчна фракция* извън класификацията по БДС ($I_p = 22 > 17\%$) се налага поради наличието на голямото количество пясъчна фракция в тези глинени (около 50% фракция с $d > 0,10\text{mm}$) и особено им якостно поведение, което е разгледано по-нататък.

Таблица 1: Осреднени показатели за състава, физичните и физикохимичните свойства на глините от насипището

Брой проби n	ρ_h g/cm ³	ρ_s g/cm ³	ρ_d g/cm ³	W_n %	n %	e –	W_L %	W_p %	I_p %	I_c %	W_f %	S –	>0.10 mm %	0.10÷ 0.005 mm %	<0.005 mm %
Черни глин															
5	1.73	2.76	1.20	43.5	56.4	1.29	71	32	39	0.69	46.9	0.92	8	32	60
Пъстри прахови глин															
16	1.90	2.77	1.50	27.1	45.9	0.85	50	23	27	0.84	30.9	0.87	17	39	44
Пъстри прахови глин с твърди включения															
6	1.89	2.79	1.48	27.8	46.9	0.88	48	23	25	0.81	31.8	0.87	18	42	40
Прахови глин с преобладаваща пясъчна фракция															
14	1.94	2.74	1.59	21.8	41.7	0.71	40	18	22	0.83	26.5	0.82	46	27	27
Осреднено за всички глин															
41	1.89	2.76	1.49	27.4	45.9	0.86	49	22	26	0.81	31.5	0.86	25	34	40

Означенията в таблицата са както следва: ρ_h – обемна плътност; ρ_s – специфична плътност; ρ_d – обемна плътност на скелета; W_n – естествено водно съдържание; n – обемна порителност; e – коефициент на порите; W_L – горна граница на пластичност; W_p – долна граница на пластичност; I_p – показател на пластичност; I_c – показател на консистенция; W_f – максимално водно съдържание; S – степен на водонасищане. В последните три графа е представен зърнометричният състав, съответно на пясъчливата, праховата и глинестата фракции.

Обособените по-горе глинести разновидности не са издържани по площ и в интервала на изследваната дълбочина. Не се наблюдават и по-издържани прослойки от определен вид глин, нито някаква закономерност в промяната на свойствата им.

Според обемната плътност на скелета ρ_d [2] черните глин са недоуплътнени. Всички останали глин са със средна степен на уплътненост, като глините с повишена пясъчна фракция са най-уплътнени (табл. 1).

В естествено състояние всички глинести разновидности, с изключение на черните, са в твърдопластична консистенция. Черните глин имат консистенция на границата твърдопластична-среднопластична (табл. 1). Степента на водонасищане на глините $S_r < 1$, т.е. те не са водонаситени и могат да поемат допълнително още вода. При водонасищане до максимално водно съдържание W_f всички глин, без изключение, ще преминат в среднопластична консистенция – показателят им на консистенция намалява до $I_c = 0.60 \div 0.70$, което ще влоши якостните им свойства и съответно носещата им способност.

Якостта на срязване на глините е определена в едноплоскостен апарат според БДС. Глините с по-ниска якост са изследвани на по-малки вертикални натоварвания ($\sigma_n = 0.5; 1.0$ и $1.5 \cdot 10^5$ Pa), а тези с по-висока – по стандартната схема – при $\sigma_n = 1.0; 2.0$ и $3.0 \cdot 10^5$ Pa. При всеки опит са определяни обемната плътност и водното съдържание след срязване. Анализът на резултатите

показва нехомогенността на повечето от глините, дори и в интервала на опробваната около 40 cm сондажна ядка. В резултат стойностите на якостта на срязване не винаги съответства на приложения вертикален товар и определянето на якостните показатели за всяка отделна проба не винаги е възможно. Това налага определянето им да става по разновидности, чрез осредняване по метода на най-малките квадрати. Според якостта на срязване т глините са разпределени в три разновидности: *черни глин*, *прахови пластични глин* (включват пъстрите прахови и пъстрите прахови глин с твърди включения) и *прахови глин с преобладаваща пясъчна фракция* (от таблица 1). В таблица 2 са дадени обемните тегла и нормативните (средни) и изчислителни стойности на ъгъла на вътрешно триене ϕ и кохезията c , необходими за изчисляване на носещата способност на глините спрямо специфичното натоварване от багера. γ_ϕ и γ_c са частичните коефициенти на сигурност, съответно за ъгъла на вътрешно триене и кохезията, получени при определяне на изчислителните якостни показатели. Статистическата обработка на частните стойности за якостта на срязване при различни вертикални натоварвания е извършена с коефициент на вероятност $t_c = 0.95$ при минимална едностранна осигуреност.

Якостните показатели на глините при максимално водно съдържание W_f и при водно съдържание отговарящо на границата на източване W_p са определени графично, като за целта са изведени са зависимостите $\tau = f(W_n)$ (W_n е

Таблица 2. Нормативни и изчислителни геотехнически показатели на насипищните глин при естествено водно съдържание

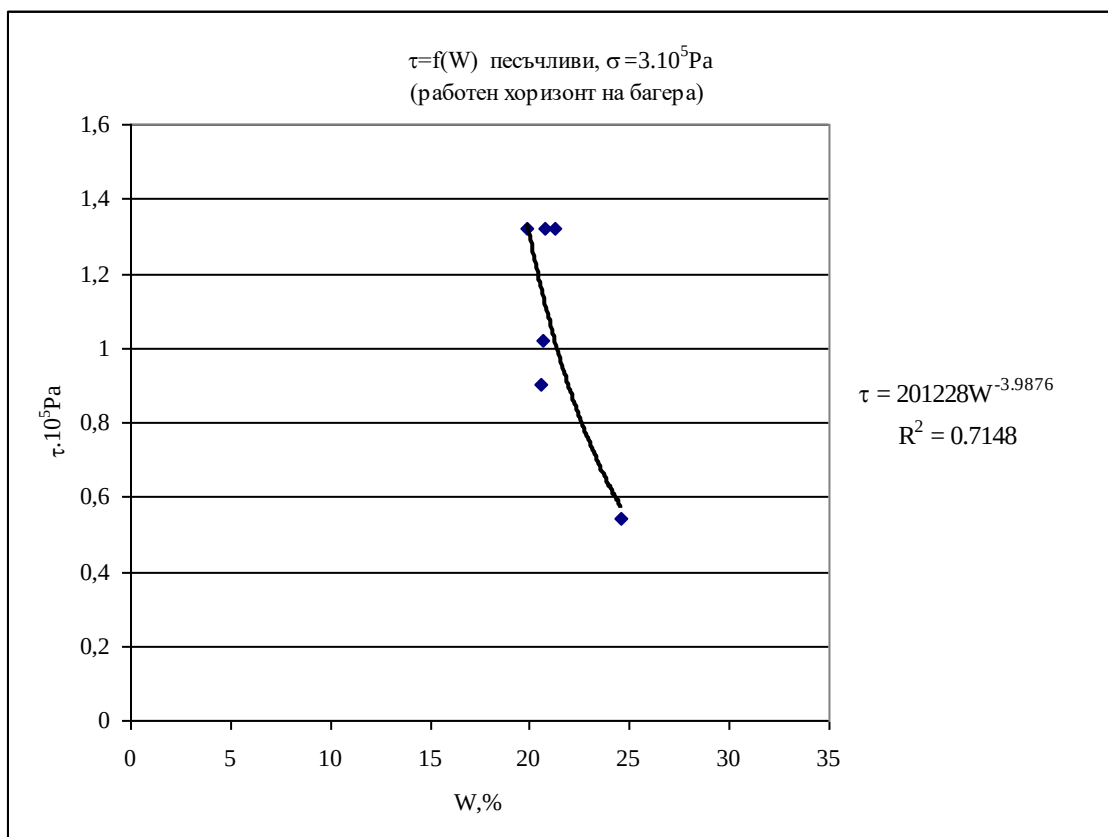
Глинести разновидности	Геотехнически показатели		
	ϕ^n / ϕ^m	c^n / c^m kPa	γ kN/m ³
черни глин	0,73 / 0 ($\gamma_\phi = 0$)	34 / 17 ($\gamma_c = 2$)	17,3
прахови пластични глин	9,6 / 7,4 ($\gamma_\phi = 1,34$)	25 / 22 ($\gamma_c = 1,14$)	19,0
прахови глин с преобладаваща пясъчна фракция	15,1 / 9,6 ($\gamma_\phi = 1,67$)	28 / 20 ($\gamma_c = 1,43$)	20,1

водно съдържание след срязване) при различни вертикални натоварвания σ_n . Чрез уравнения на описващите ги линии са определени съпротивленията τ при съответното средно естествено водно съдържание след срязване W_{cp} , при границата на източване W_p и при максимално водно съдържание W_r и са представени зависимостите $\tau = f(\sigma_n)$ при съответните водни съдържания. От тях са определени графично нормативните стойности на ъгъла на вътрешно триене φ и кохезията c при съответните водни съдържания (W_p , W_n и W_r). Изчислителните стойности за φ и c при W_p , W_n и W_r са определени чрез използване на коефициентите на сигурност, определени непосредствено при определянето на якостните показатели в естествено състояние.

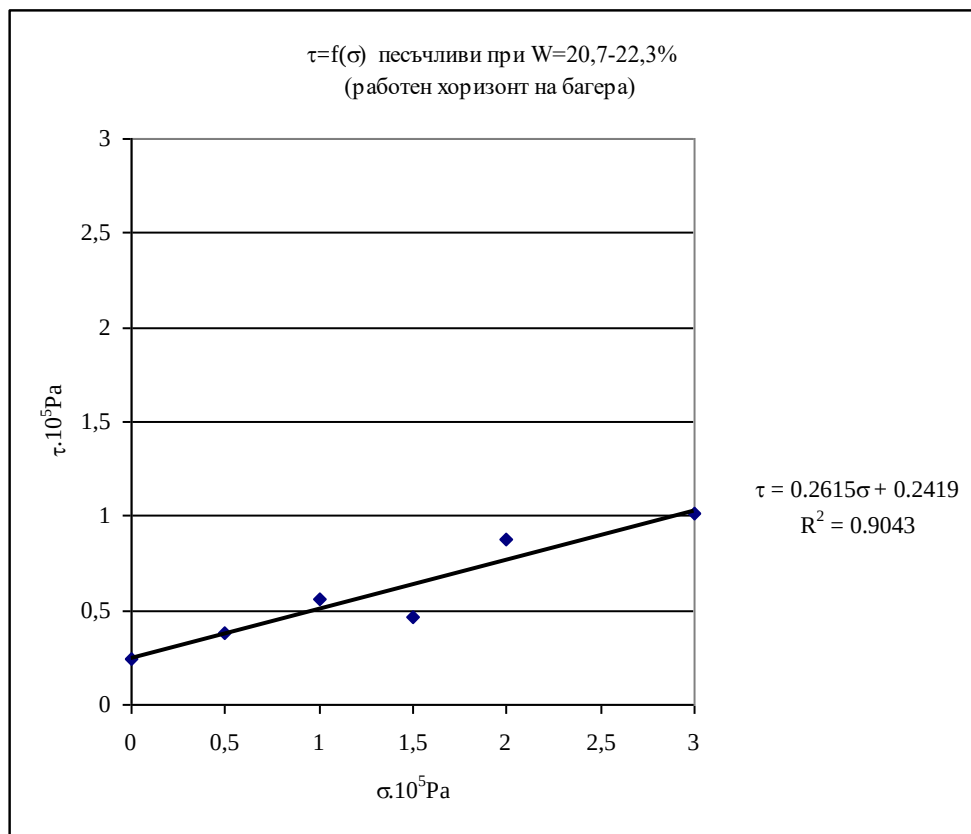
Анализът на резултатите от изследването за графично определяне на нормативните якостни показатели в диапазон от водни съдържания (W_p , W_n и W_r) показва значими резултати само за праховите глинни с преобладаваща пясъчна фракция. Якостните показатели на праховите глинни не се влияят особено много от промяната на водното съдържание. Това може да се обясни с факта, че те са срязвани в при водни съдържания, обхващащи почти целия диапазон $W_p \div W_r$, докато при тези с преобладаваща пясъчна фракция опитите за определяне на якостните им свойства са извършени в тесен диапазон от водни съдържания ($W_{cp} = 21-22\%$) съвпадащ с W_n , а максималното им водно съдържание W_r е значително по-високо $W_r = 26,5\%$. Това предполага екстраполация в зависимостта $\tau=f(\sigma)$ за пясъчливите глинни.

За графичното определяне на нормативните якостни показатели в диапазон от водни съдържания, първо се търсят зависимостите $\tau=f(W)$ при съответните вертикални напрежения σ (W е средното водно съдържание след срязване при съответното σ). На фигура 1 е даден пример за $\tau=f(W)$ при $\sigma=3.10^5\text{Pa}$ за пясъчливите глинни. Чрез уравнението на кривата, описваща с най-голям коефициент на корелация зависимостта, се определя якостта на срязване τ при средното водно съдържание след срязване, при границата на източване W_p и при максимално водно съдържание W_r . Това се прави за всички вертикални напрежения, след което по метода на най-малките квадрати се получават правите линии, от които се определят ъгълът на вътрешно триене и кохезията при естествено водно съдържание (фиг. 2) и при W_p и W_r (фиг. 3). Стойностите за якостта на срязване τ при различните вертикални напрежения σ са получени чрез осредняване на τ за съответната стойност на σ . С това се обяснява малката разлика за стойностите на φ и c в сравнение с получените при обработката на цялата съвкупност (фиг. 4). От фигура 5 се вижда, че кохезията от $0,88.10^5\text{Pa}$ при W_p , спада до $0,05.10^5\text{Pa}$ при W_r .

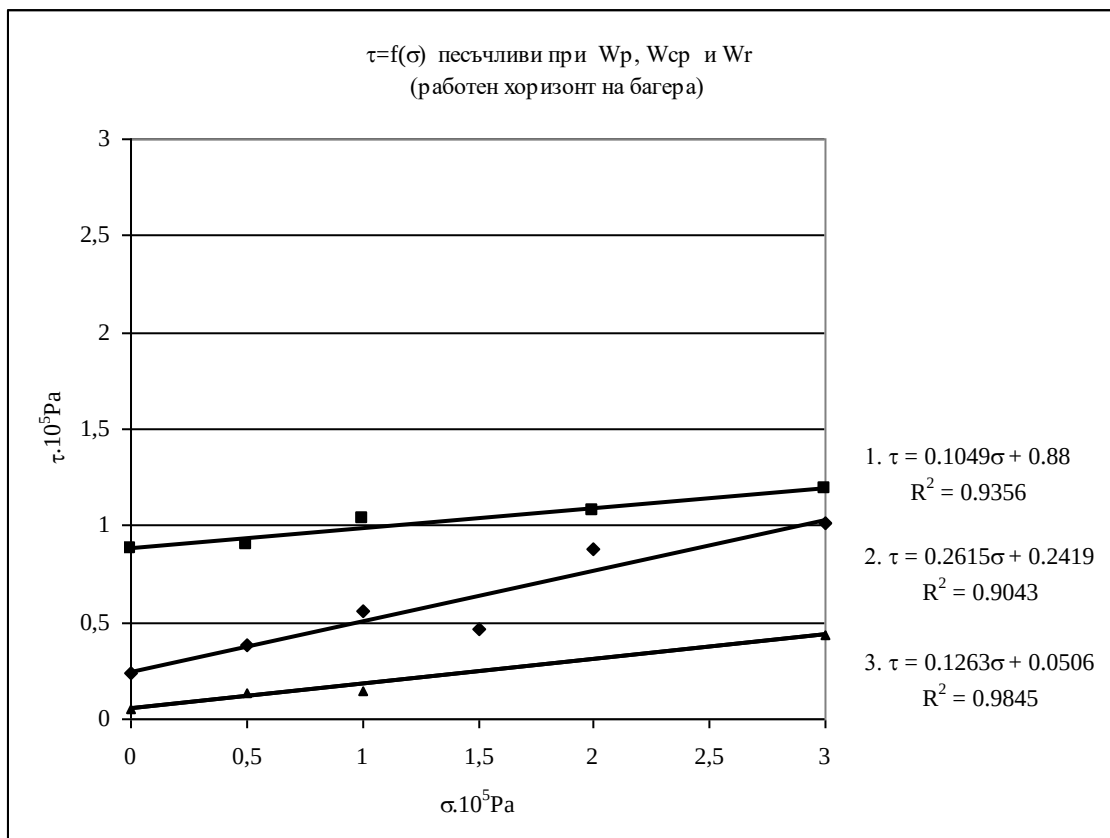
Праховите глинни са срязвани при широк диапазон от водни съдържания ($W_{cp}=26-32\%$), доближаващ се до максималното водно съдържание $W_r=34\%$, поради което якостните им показатели не се влияят чувствително от водата. Зависимост между кохезията и водното съдържание за праховите глинни не може да се установи. При тях, с увеличаване на водното съдържание от W_p през W_n до W_r , намалява ъгълът на вътрешно триене – съответно от 12° на 9° на 5° (фиг. 6).



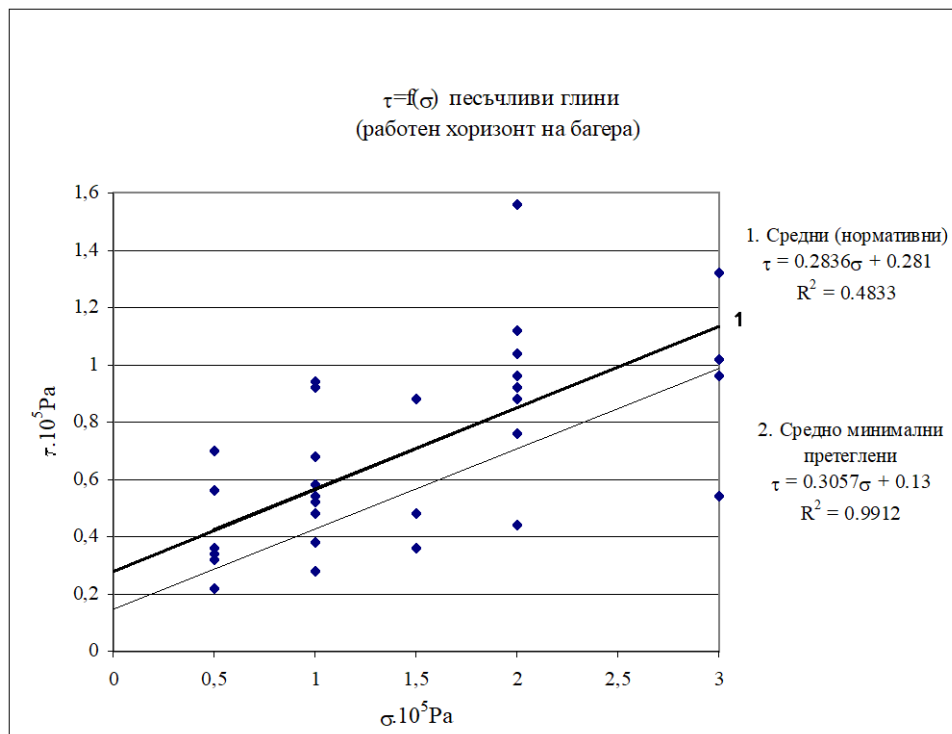
Фиг.1 Зависимост $\tau=f(W)$ при $\sigma=3.10^5\text{ Pa}$ за глините с преобладаваща пясъчна фракция



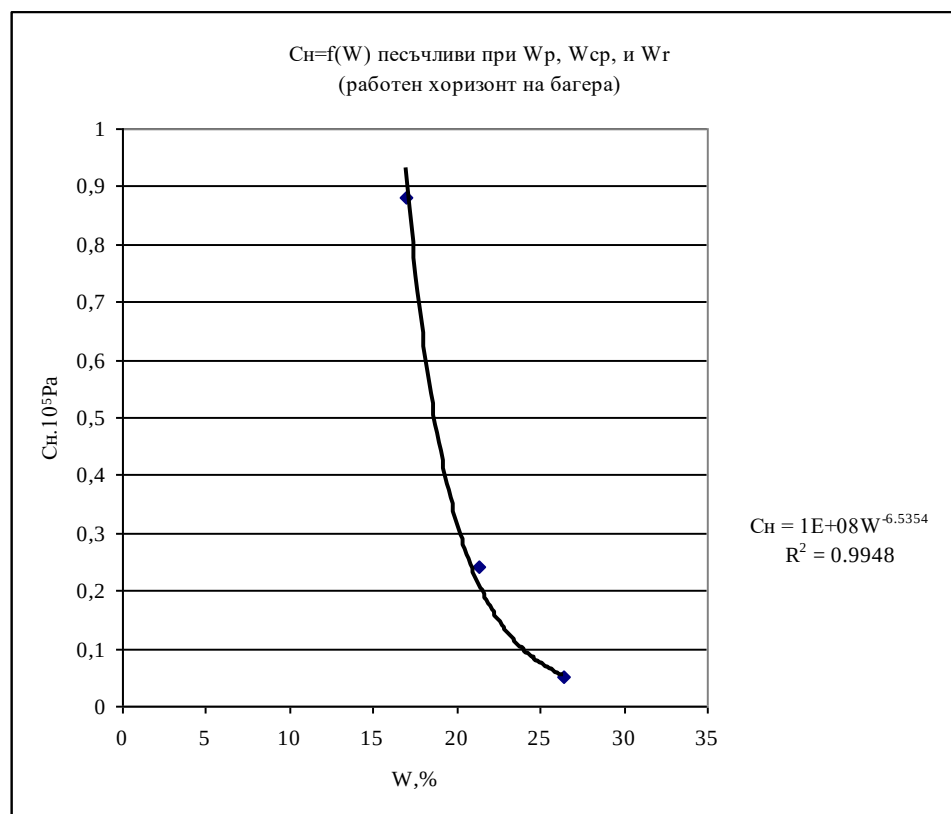
Фиг.2 Зависимост $\tau=f(\sigma)$ при $W=20,7-22,3\%$ за глините с преобладаваща пясъчна фракция



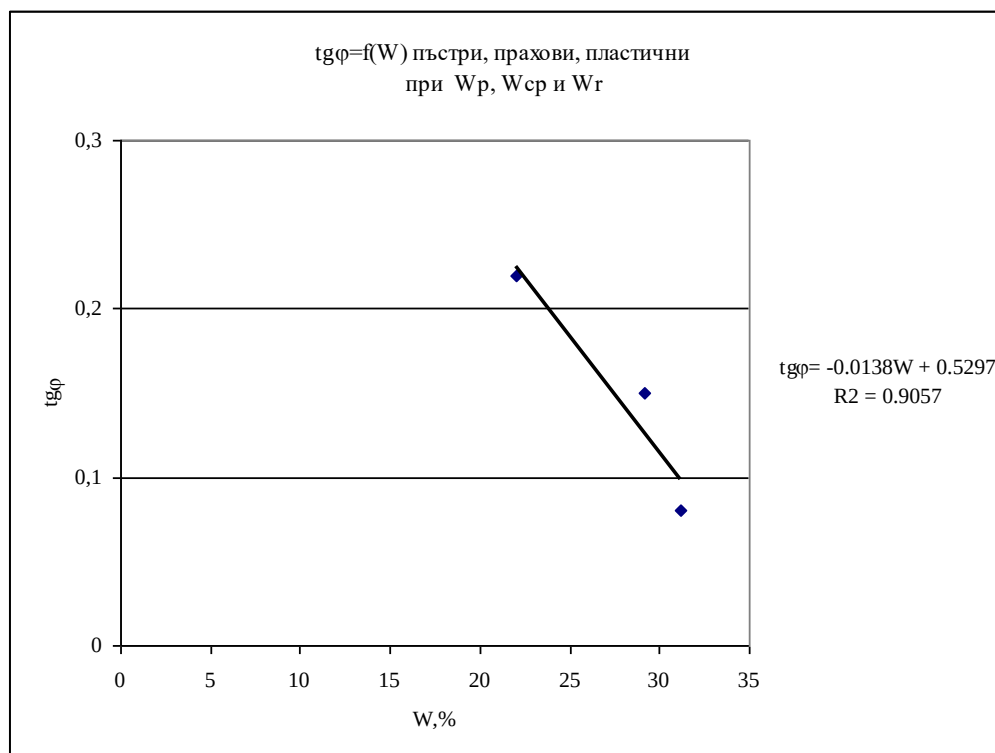
Фиг.3 Зависимост $\tau=f(\sigma)$ при $W_p(1)$, $W_{cp}(2)$ и $W_r(3)$ за глините с преобладаваща пясъчна фракция



Фиг.4 Зависимост $\tau=f(\sigma)$ за определяне на средните нормативни (1) и средно минималните претеглени (2) якостни показатели



Фиг.5 Зависимост $C_H=f(W)$ при W_p , W_{cp} и W_L за глините с преобладаваща пясъчна фракция



Фиг.6 Зависимост $tg\varphi=f(W)$ при W_p , W_{cp} и W_r за праховите пластични глин

В таблица 3 са дадени нормативните и изчислителни якостни показатели на праховите пластични и праховите глин с преобладаваща пясъчна фракция при естествено водно съдържание W_n , граница на източване W_p и максимално водонасищане W_r , получени чрез графична обработка.

Таблица 3. Нормативни и изчислителни якостни показатели на насипищните глин при естествено водно съдържание W_n , граница на източване W_p и максимално водонасищане W_r , получени чрез графична обработка

Глинести разновидности	Якостни показатели					
	$\varphi^H / \varphi^H [^\circ]$ при			$c^H / c^H [kPa]$ при		
	$W_n, \%$	$W_p, \%$	$W_r, \%$	$W_n, \%$	$W_p, \%$	$W_r, \%$
прахови пластични глин $W_n=26 \div 32\%$; $W_p=22\%$; $W_r=31\%$	8°42' / 6°16'	12°15' / 9°05'	4°42' / 3°26'	23 / 20	27 / 23	29 / 25
прахови глин с преобладаваща пясъчна фракция $W_n=21 \div 22\%$; $W_p=17\%$; $W_r=26\%$	15°50' / 9°38'	5°59' / 3°26'	7°12' / 4°34'	24 / 17	88 / 62	5 / 4

И при двете глинести разновидности при водонасищане ъгълът на вътрешно триене намалява около 50%. Кохезията на праховите пластични глин слабо нараства, докато за тези с преобладаваща пясъчна фракция спада приблизително с 80% (табл. 2 и табл.3). Носещата способност на глините зависи в много по-голяма степен от кохезията, отколкото от ъгъла на вътрешно триене [3], поради което при възможност за водонасищане носещата способност на пясъчливите глин ще намалее приблизително 5 пъти [1].

Различието в поведението на пясъчливите и праховите глин при различни водни съдържания може да се обясни с ролята на глинестата фракция. При праховите глин тя е повече и с увеличаване на водното съдържание намалява триенето (ъгълът на вътрешно триене намалява), докато при пясъчливите глин с увеличаване на водното съдържание отслабва контакта между частиците на пясъчната фракция, атакуват се точковите контакти, и вследствие на това намалява кохезията. Всички тези

обобщения трябва да се тълкуват с известна условност, тъй като са изведени на базата на цялата съвкупност от различни глинести проби.

Заклучение

1. Основен фактор за якостно-деформационното поведение на глините е количеството на водата в тях. Нарушаването на структурата им при естествено водно съдържание влошава якостните им свойства, а когато това е съпроводено и с увеличаване на водното съдържание до максималното за глините, то якостните им показатели, и съответно носещата им способност, може да спадне неколкостранно.

2. Предложеният графичен метод за прогнозиране на якостните показатели на насипищни глин (с нарушена естествена структура) при различни водни съдържания (в частност при водонасищане) може да се прилага когато има достатъчен (от гледна точка на статистическата

обработка) брой данни за якостните им характеристики и висок коефициент на корелация на зависимостта $\tau = f(\sigma)$.

3. При водонасищане ъгълът на вътрешно триене на неорганичните насипищни глинени намалява около 50%, а кохезията на глините с преобладаваща пясъчна фракция спада приблизително с 80%. В резултат носещата способност на праховите глинени ще намалее слабо, но за пясъчливите глинени тя ще спадне приблизително 5 пъти.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванова, В. (2006). *Изследване на геотехническите свойства и носещата способност на насипищните глинени по маршрутни път и работния хоризонт на*

багер Rs 470 във вътрешното насипище на рудник "Трояново 1". Отчет по НИС към МГУ "Св. Ив. Рилски", София.

2. Горькова, И. и др. (1961). *Природа прочност и деформационные особенности глинистых пород в зависимости от условий формирования с увлажнением*. Изд. АН СССР, том XXIX.

3. *Норми за проектиране на плоско фундиране*. 1995.

4. Иванова, В. (1999). *Геотехнически свойства на надвъзглицния комплекс и влиянието им върху производителността на роторните багери в Източно-маришкия възлищен басейн*. Дисертация за присъждане на научно-образователна степен "доктор".

Препоръчана за публикуване от
Катедра "Подземно строителство", МТФ

РИСК СВЪРЗАН С ВЛИЯНИЕТО НА МИННИТЕ РАБОТИ ВЪРХУ СТРОИТЕЛНИ ОБЕКТИ

Георги Трапов, Паулин Златанов, Пешка Стоева

Минно геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София

РЕЗЮМЕ. Експлоатацията на лигнитни въглища от Марица Изток е свързана с неблагоприятен ефект – авария на сгради и съоръжения, разрушаване на инфраструктура и т. н.

В района има примери за въздействието на минните работи, свързано с разрушаване на къщи от с. Обручище под влияние на външно насипище, опасност за разрушаване на брикетната фабрика в гр. Гълъбово, също под действие на външно насипище. Външните насипища са неблагоприятни фактори за устойчивостта на съоръженията, поради възникване на деформации на пълзене. В тази връзка е съставен имитационен математичен модел "Риск". Той се използва за оценка на промяната на свойствата на непродуктивните депа и на литоложките разновидности в основата на насипището.

Въз основа на получените резултати могат да се определят максималните височини на насипищата, при които да бъдат стабилни.

RISK BRING INFLUENCE OF THE MINING WORKS AND THE CONSTRUCTION SITES

Georgy Trapov, Paulin Zlatanov, Peshka Stoeva

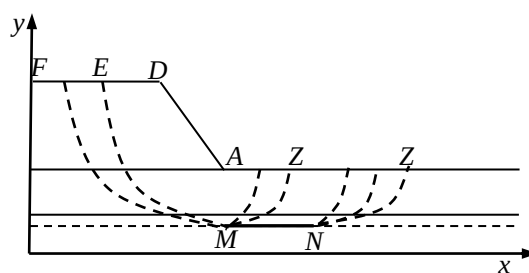
University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700, Sofia

ABSTRACT. The exploitation of lignite coals in Maritza East is bring with unfavourable effects – trouble of buildings and equipments destruction of infrastructure ect.

In the region there is examples of the influence of the by destruction of houses in village Obroutshiste under influence of external embankment, risk of destruction on the Briquette factory in town Galabovo under external embankments. The external embankments are unfavourable factors for stability of equipments because of origin creep deformation. In this connection is formulation the imitation mathematical model "Risk". He mane use of assessment of variation of embankment properties and of lithological varieties in the embankment base.

On the basis of obtaining results is possible to determine maximal altitudes on the stable embankments.

При експлоатацията на лигнитни въглища от Марица Изток се налага да се изграждат непродуктивни депа (насипища) от глините на надвъглищния комплекс. Различното натоварване, което се създава при непосредственото насипване, независимо, че насипа е неконсолидиран, влияе върху устойчивостта на отделните стъпала и на насипа като цяло. При това положение се формира потенциална хлъзгателна повърхнина, която има сложна форма. От горната площадка на насипа (Фиг. 1) до черните органични глинени (точка М) повърхнината се приема част от парабола. Черните органични глинени имат огледални повърхнини, резултат на тектонските процеси, които засягат и долините на реките Овчарица и Съзлияка. При мобилизация на огледалната повърхнина, тя работи с остатъчна якост. При настъпилите деформационни процеси върху тази хлъзгателна повърхнина се мобилизира участък NZ, който участък се приема също част от парабола. В точка (зона) Z се проявява вал на изтласкване, който със силовите си възможности деформира или разрушава участъка около точка Z. По така описаната потенциална пълзгателна повърхнина протича деформационния процес за целия насип. При това мястото на точката (зоната) Z се променя.



Фигура 1

Зоните, в които се проявяват валове на изтласкване създадоха реални опасности за нарушаване и разрушаване на къщи (на примера на село Обручище), инженерни индустриални съоръжения (на примера на Брикетна фабрика) или инфраструктурни елементи (междуселски пътища, вътрешноселски улици, железопътни линии и др.). Освен това деформационният процес може да засегне сгуруотвалите на ТЕЦ-овете, при което в резултат на надигане на дъното е възможно да се формират малки островчета, предизвикващи излизане на водата извън определените граници.

Вижда се, че външните насипища са неблагоприятни фактори. В тази връзка е необходимо да се оцени

предварително деформационния процес и евентуалните зони на изтласкване. За тази цел е съставен вероятностен модел "Риск" и съответна програмна реализация, с които се цели посредством вероятностно компютърно

моделиране на цялостния деформационен процес да се отговори на поставените по-горе комплексни въпроси.

За създаването на модела са използвани данните от таблица 1.

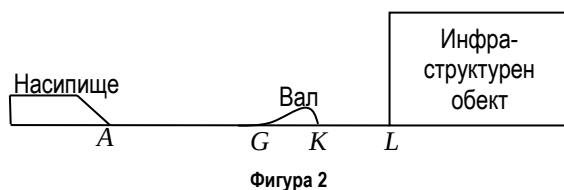
Таблица 1. Свойства на литоложките разновидности

Литоложки разновидности	γ , g/cm ³	φ , ...°	C.10 ⁵ Pa
Жълтокафяви насипищни глини	1,75	6° - 8°	1,5 – 2,0
Синьозелени насипищни глини	1,67	3° – 4°	1,5
Синьозелени глини от основата на насипа	1,85	5° – 6°	5
Черни глини от основата на насипа	1,65	2°	3
Хлъзгателна повърхнина	-	-	1,5

Глобалната оценка отговаря на вероятността за разрушаване на определена инфраструктурна единица, отстояща от насипа на определено разстояние AL (Фиг. 2). GK е зоната на вала на изтласкване. Сигурността (SF) на обекта се определя от отношението $SF = \frac{KL}{AL}$, а риска (R)

от разрушаване се намира от разликата $R=1-SF$. Наистина, ако валът е по-далече от обекта сигурността му е по-голяма и обратно. В граничните случаи, когато $K=A$ се получава $SF = \frac{KL}{AL} = \frac{AL}{AL} = 1$, $R=0$, а при $K=L$ се намира

$SF = \frac{KL}{AL} = \frac{0}{AL} = 0$, $R=1$, т.е. вала е достигнал до обекта и риска от разрушаване е 100%.



Фигура 2

Разглеждаме насипищен хоризонт с височина от 20 до 28 метра и ъгъл на откоса от 35° до 40°. Приема се, че плъзгателната повърхнина се формира:

- Точка E (Фиг. 1) отстои на 5 метра от горния ръб на откоса (точка D), като за всяка следваща точка стъпката на изменение по абсцисната ос е 5 метра, до не повече от 20 – 25 метра.

- Огледалната повърхнина се формира на дълбочина 2 до 4 метра от долната граница на синьозелените глини (точка M , фиг. 1). Приема се, че точка M се намира под долния ръб на откоса на стъпалото (точка A).

- Плъзгателната повърхнина между точките E и M се апроксимира с квадратна парабола от вида $y=Ax^2+Bx+C$;

- С парабола от същия вид се апроксимира и повърхнината MZ , или съответно NZ (Фиг. 1), над която се проявява вала на изтласкване. Стъпката на изменение на абсцисата на точка Z е 5 метра.

Алгоритъмът, чрез който се решава поставената задача се реализира в следната последователност:

1. Задава се броят на експериментите;

2. Процеса на вероятностно моделиране започва с първи експеримент, като при следващо изпълнение на тази точка се преминава към следващо проиграване. При изчерпване на зададения в точка 1 брой, се отива към точка 7;

3. Формира се насипищен хоризонт с минимална височина $H=20$ m. При всяко следващо изпълнение на тази точка височината се покачва със стъпка 2 m. При достигане на максималната височина $H=28$ m се преминава към точка 2, т.е. към следващо проиграване;

4. В съответствие с емпиричните вероятностни закони на разпределение се генерират:

- ъгълът на откоса;
- мощността на частта от черните глини от основата от долната граница на синьозелените глини до огледалната повърхнина;
- мощностите на синьозелените глини от основата;
- процентното съотношение на синьозелените и жълтокафявите глини от насипището;
- свойствата (γ , φ , C) на четирите разновидности глини;

5. Задава се абсциса $X_D=5$ m на точка E и се получава частта EM от хлъзгателната повърхнина. При всяко следващо изпълнение абсцисата на точка E се намалява с 5 m и така докато тази точка се отдалечи на 25 m от точка D , при което се преминава към точка 3 (покачване на височината на насипището със зададената стъпка);

6. Абсцисата на точка Z се получава, като към абсцисата на точка A се прибави избраната стъпка 5 m, след което се намира частта MZ , съответно NZ , от плъзгателната повърхнина. При всяко следващо изпълнение абсцисата на Z се покачва с избраната стъпка 5 m. Когато AZ достигне 300 m се преминава към точка 5. Към точка 5 се преминава и когато при някаква зона Z коефициента на устойчивост е по-малък от 1, а след това при по-отдалечена от точка A зона коефициента стане по-голям от 1;

7. Извършва се статистическа обработка за получаване зоната на вала на изтласкване и оценка на коефициента на устойчивост по дефинираната хлъзгателна повърхнина $ECMZ$, сигурността, съответно риска от нарушаване или разрушаване на инфраструктурния обект.

След провеждане на изчисленията по изложения алгоритъм и извършване на анализ на резултатите се установи, че ситуацията, при която риска е най-голям се получава при $H=27\text{ m}$, $\alpha=38^\circ$, $AK=115\text{ m}$, $\eta=0,97$.

Тогава $KL=300-115=185\text{ m}$, $SF = \frac{185}{300} = 0,62$, $R=1-0,62=0,32$.

Направен е опит за вероятностно моделиране и оценка на риска от появяване и развитие на вал на изтласкване пред откоса на насипището. Получените резултати

потвърждават възможността, при която е възникнал този вал.

Литература

Zlatanov P., P. Stoeva, R. Kachikova, G. Trapov. 2004. Computer model of the estimation to risk by construction of the non-productive deposits. *Colloque les risques en Genie Civil – 18/19 mars 2004 – Tunisie*.

Препоръчана за публикуване от
Катедра "Открито разработване на полезни изкопаеми и взривни работи", МТФ

THE ACTUAL STAGE OF GEODETIC NETWORKS IN ROMANIA

Nicolae Dima, Larisa Filip

University of Petrosani, Romania

ABSTRACT. Nowadays, Romania owns a compact network of geodetic triangulation. Review of the available geodetic networks in Romania and their development was made.

СЪЩЕСТВУВАЩИ ГЕОДЕЗИЧНИ МРЕЖИ В РУМЪНИЯ

Николае Дима, Лариса Филип

Петрошански университет, Румъния

РЕЗЮМЕ. Румъния притежава компактна геодезическа триангулационна мрежа. В доклада е направен преглед на наличните геодезическите мрежи в Румъния.

Nowadays, Romania owns a compact network of geodetic triangulation, on four orders, with one 12.000 geodetic points, with the precision of $\pm 10 - 15$ cm in a bidimensional position and a density of about 1 point at 20 square km. In this frame, the primordial network of 1st order was made during 1956 – 1958 on the Krasovski ellipsoid and in 1962 in the Gauss – Kruger projection plan.

These data were done in Moscow, where Romanian specialists were part of; the 2nd order network was also made here in 1962.

The 3rd and 4th orders were made during 1964 – 1969 in Romania.

For the general projection of the state geodetic network during 1958 – 1965 were realized the state surveying networks of the 2nd, 3rd and 4th orders, and the surveying network of the 1st order was realized on polygons and connection lines with the neighborhood countries Bulgaria, Hungary, Moldavia Republic and Ukraine, during 1956 – 1958.

After 1962, the 1st order network was improved with new modern measurements of distances and horizontal angles and also astronomic determinations, made according to the mathematical model during 1975 – 1980 in the frame of the unitary astronomic geodetic network, including to create a PULKOVO – SOFIA – POSTDAM cosmic triangle.

The data that resulted from these workings used as a reference the Krasovski ellipsoid, the fundamental point – The Astronomic Observer from Pulkovo and the normal quotes with fundamental zero at Kronstadt, Baltic Sea.

The geodetic networks of triangulation of surveying from Romania, have connections with similar networks from Moldavia Republic, Ukraine, Hungary and Bulgaria.

Between 1990 and 1991, in the frame of an international collaboration with Bulgaria, it was created the first Doppler national network, shortly named ROMDOP 90 and ROMDOP 91.

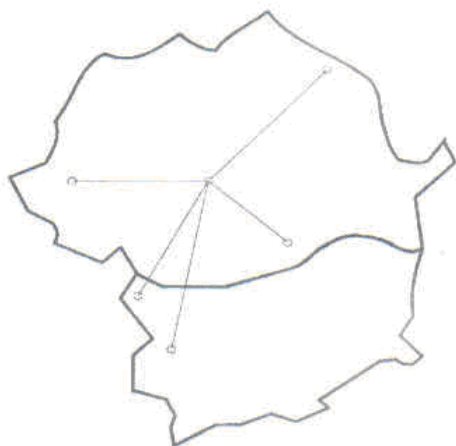


Fig. 1. National Network ROMDOP 91

The first precision connection between the fundamental point of the geodetic state network from Romania, Military Astronomic Observer and the Greenwich Regal Astronomic (Herstmonceux) from Great Britain and the assurance of the

practical possibility of precise recordation of the national geodetic system to the European geodetic system was made, by realization of a national geodetic network (GPS).

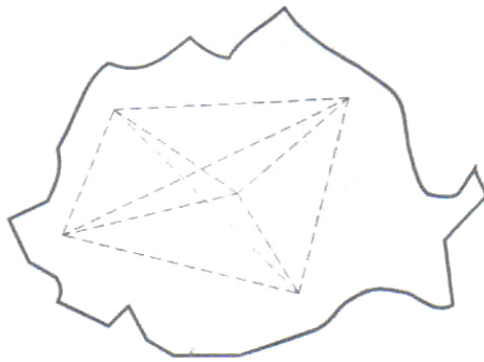


Fig.2. National Network GPS

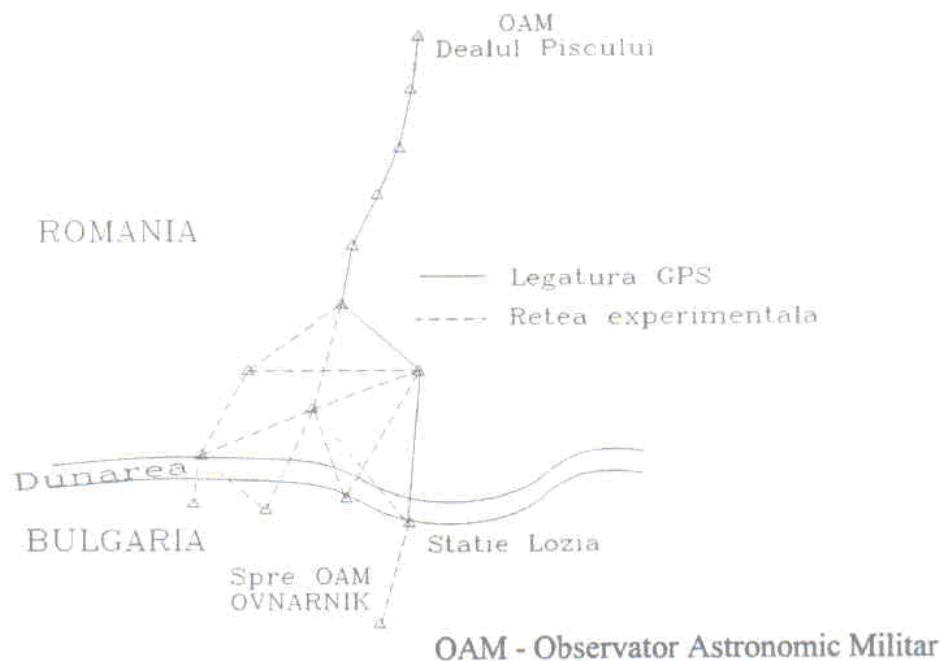


Fig. 3. Realization of the experimental geodetic network on both banks of Danube

In 1992 an experimental geodetic network GPS was realized, which lays on both banks of the Danube river, Romanian and Bulgarian specialists being a part of this big work.

In order to remove the uncertainties in the three-dimensional position, brought about by big distance (over 1000 km) between the astronomic observers from Herstmonceux and Bucharest where firstly made, simultaneous measurements GPS in 5 points: 2

points situated on Romania's territory which are the same with the points from national network GPS and other three points situated in Great Britain (Herstmonceux), Germany (Wetzell) and Sweden (Onsala) geodetical positioned with VLBI (Very Long Baseline Interferometry) equipment and the components of the world wide network of determination of the terrestrial poles' movement, points that have determined an optimal configuration of the GPS effectuated measurements.

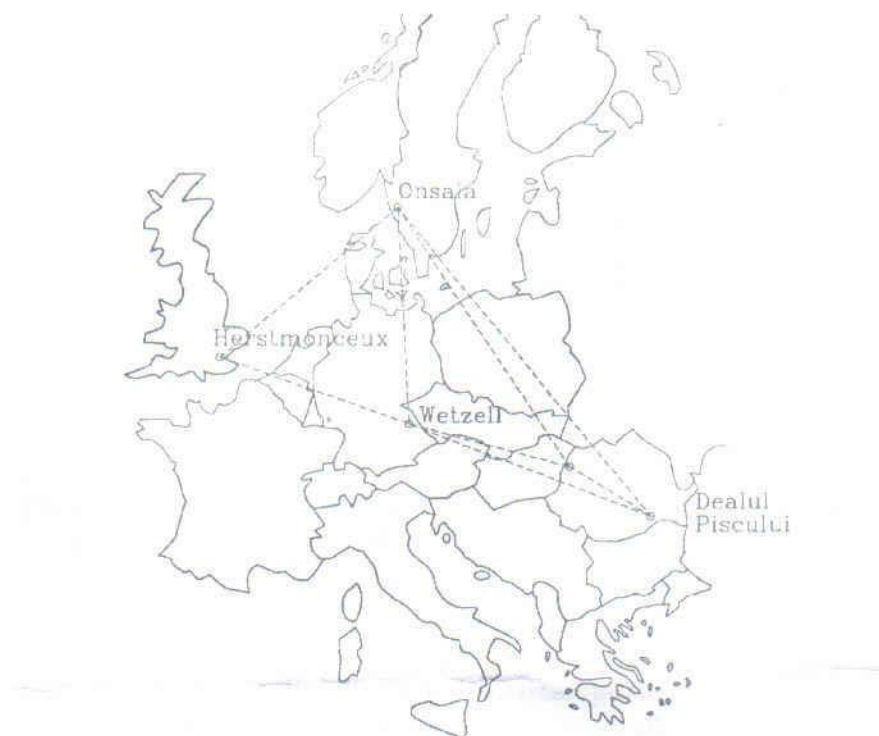


Fig. 4. The GPS connection of high precision between the astronomic observers from the Pisu hill and Herstmonceux.

The modern special techniques of precise positioning such as: VLBI, SLR (Satellite Laser Ranging), Tranzit and GPS have the advantage that the first point could be situated at big distances from the positioned point. By "position" it must be understood a pair of three coordinates reported at one or plenty systems of specific and well – defined coordinates.

The path that needs to be followed nowadays, for positioning a geodetic network is by a set of points which's positions in the conventional terrestrial system of coordinates are determined with the help of the observations upon the artificial satellites of Earth. It is actually a transfer technique of the positions in which the reference network defined by the observation points of the satellites is connected by the reference network defined by the permanent pursuit stations which give data to determine the satellite's orbit.

The tendence at the world wide levels is to maintain the reference networks made of reference points which could assure the first base for the new positioning systems.

These networks would be the permanent way of survise the state of the positioning system and the global deformations of the Earth, related to the system of coordinates which was selected.

Considering the geodetic experience on world wide plan and of the countries that have a resemblance as territory with Romania, and the financial possibilities of Romania, it could be said that nowadays, the orientation is pointed through GPS technique.

Choosing the points from the GPS project, it must be considered other things that the one considered are the classical network.

The main role of these is to be used as first points for the GPS measurements of different beneficiars.

The national GPS network considered from the reference points, could be created easily and cheep so the afterwards to assure the fundament of all GPS measurements effectuated on the country's territory for different purposes.

The classical network with two plus one dimension is still necessary, because all the geodetic equipment (except GPS), work only in this system, and in plenty places the GPS technique cannot be used. The GPS coordinates, which are three-dimensional do not relate with the daily geodetic needs, which usually exist in the planimetric network; the transcalculation not being precise, because it would need the precise knowing of the geoid.

So, until the geoid's date will not be available for Romania's territory with a related precision the actual surveying network is also needed.

Conclusions

There were introduced few aspects related to the evolution and the actual stage on the problem, regarding the science and the technique that are known and applied in the geodetic field because of:

- in the last half century in Romania, there were preoccupations related to the development of science and technique in the domain of survey, the results being materialized by creating some geodetic structures of good quality at national and regional level;
- to realize an obvious progress, Romanian specialists contributed, but also from outside the country, mainly from the neighborhood countries;
- the contribution of specialists from Bulgary was seen through permanence and substance, being proved nowadays as a main factor of universal progress;
- the progress obtained in the geodetic domain is transposed in the fields that benefit of it, in which the miner field;
- as common beneficiars of survey, the specialists from our institutions could and should participate in common at the scientific and technique progress in the domain of miner survey.

References

- [1] Dima, N. – Geodezie. Editura Universitas, Petrosani, 2006.
- [2] Grecea, C. – Introducere in geodezia satelitara. Editura Timisoara, 2000.
- [3] Neuner, I. – Sisteme de pozitionare globala. Editura Matrix, 2000.

Recommended for publication by the Editorial board

ПРИЛАГАНЕ НА СЪВРЕМЕННИ ТЕХНИЧЕСКИ СРЕДСТВА И КОМПЮТЪРНИ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ОПРЕДЕЛЯНЕТО НА СЛЯГАНИЯ В РАЙОНА НА С. ПРОПАСТ

Тодор Трендафилов

Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София, todor@mgu.bg

РЕЗЮМЕ. Развитието на маркшайдерската измерителна апаратура и компютърните технологии позволява прилагането на нови методи при събирането и обработката на данни за движението на масива под влиянието на минните работи. В доклада се разглежда тривиалната задача, за анализ на слягания чрез изваждане на две повърхнини, като са използвани съвременни технически средства и софтуер. Представена е методиката за създаване на компютърен модел на релефа преди началото на добивните дейности. Описани са техническите средства и прилаганата програмна система за обработка на данните от измерванията и създаване на модел на съвременния релеф. Направени са анализи и са определени тенденциите на протичането на процесите в масива.

ADVANCED TECHNICAL INSTRUMENTS AND COMPUTER TECHNOLOGIES APPLICATION IN SUBSIDENCE DETERMINATION OF PROPAST VILLAGE AREA.

Todor Trendafilov

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, todor@mgu.bg

ABSTRACT. Mine surveying instruments and computer technologies development allows the application of new methods for collecting and processing of information for subsidence cost by the mining operations. The trivial problem of subsidence analysis by two surfaces subtraction using modern technical instruments and software is described in the paper. The methods of digital terrain model creation before the mining processes are given. The used software system for present digital terrain model creation is described in the paper too. The analysis is made and the tendentious of process running in the massive are determined.

При открития добив на бентонит от находище "Пропаст-Доброволец" горните хоризонти са достигнали на около 120 m източно и южно от крайните къщи на с.Пропаст. В рудника се наблюдават локални свлачища, за които са предприети съответните минно-технически дейности – отводняване и подсипване на основите им.

В района на с. Пропаст се наблюдават пукнатини и слягания на повърхността в непосредствена близост до минните изработки, както и пукнатини в някои жилищни и стопански постройки. Реалните параметри на движенията на масива не са определяни, т.к. в рудника не са извършвани качествени маркшайдерски инструментални наблюдения.

За определянето на тенденциите на движението на масива в района на с. Пропаст бяха използвани два подхода:

- чрез сравняването на положението на точки с известни координати;
- чрез сравняване на топоповърхнини.

Като точки с известни координати бяха използвани точките от развитата при проучването на находището опорна мрежа и снимачна основа.

В том 2 на „Доклада за детайлните геологопроучвателни работи на находище от бентонитови глини „Пропаст” - 1962-1963 г.” е представен „Технически отчет” за

изработването на топографо-геодезически план в мащаб 1:1000. В него е описана прилаганата методика, използваните инструменти и оценка на точността на снимачната основа.

В отчета е посочено, че за заснемането на терена (площ 1.5 km²), е изработена снимачна основа от 91 полигонови точки, 15 от които са стабилизирани с камъни. Останалите са стабилизирани с дървено колче с размери 6/40cm. Измерванията на полигоновите ъгли са извършени с теодолит с точност 2⁰⁰, а на полигоновите страни с двуметрова базисна лата.

Котите на точките, във "Балтийска" височинна система, са определени с тригонометрична нивелация. Изчисленията са извършени в 17 вериги с дължина от 0.5 km до 1.5 km. Несвързките в отделните вериги са от 0.01 m до 0.28 m.

В наличната документация в рудника, както и в тази от "Националния геофонд на Министерство на околната среда и водите", липсваха данни за изработената по време на проучването опорна мрежа, включително и координати на точките от опорната мрежа и снимачната основа. Това наложи за маркшайдерските измервания да се използват точките от държавната геодезична мрежа в близост до рудника. Една от тях – т.т.38 (V-ти клас), попада в находището и е отразена в планшетите изработени при геологопроучвателните работи. Анализът на котата ѝ

посочена в планшетите и тази в регистрите с координати на точки от държавната геодезична мрежа, показва разлика 0.56m.

Недопустимо голямата разлика в котите наложи да се потърсят допълнителни източници с данни за изработената при проучването през 1962-1963 г. опорна мрежа. Съгласно "Техническа маркшайдерска инструкция", опорните мрежи се изработват по наредбата за създаване на ГММП (геодезични мрежи с местно предназначение). Действащото законодателство през 60-те години изисква, екземпляр от документацията за създадената ГММП задължително да се представя в ГУГК (главно управление за геодезия и картография), наследник на което е АГКК (Агенцията по геодезия картография и кадастръ).

Проверката в "Геокартфонда" на АГКК показва, че за находище "Пропаст" е съхранена надлежно подвързана и прошнорувана папка с "Изчисление на триангулация" за обект "Бентоните", окръг "Кържалийски". Наличието в нея на всички данни от измерванията за определянето на т.т.38 – координати и коти на изходните точки, сумирането на ъглите по триъгълници, абриса, изчисления на посочни ъгли и разстояния, решения на засечки, изравнения и трансформации, позволи да се направят повторни измервания и анализи, които показаха:

1. Съществуват разлики в котите на точките използвани при създаването на опорната мрежа и тези от регистрите с координати и коти на точки от държавната геодезична мрежа. Тези разлики са показани в таблица 1.

Таблица 1.

№ точка	Кота при измервания 1961г.	Кота от "Държ. геодез. мрежа"	Разлики
457	373.570	373.090	0.480
58047	374.310	373.760	0.550
58048	280.860	280.307	0.553
38	300.990	300.430	0.560

2. Разликата между котите на т.т. 38, определена при настоящите измервания (при използване на данните за дадените точки от 1961 г.) и тази през 1961 е 17 mm.

3. Разликата в координатите на т.т. 38 определена при настоящите измервания (при използване на данните за дадените точки от 1961 г.) и тези определени през 1961 год. е 27 mm.

Във връзка с казаното, може да се направи извода, че т.т.38 и останалите триангулационни точки не са променили взаимното си положение в пространството за периода 1961 – 2007 год. Това позволява да се съпоставят данните от съвременните измервания и тези от геоложките проучвания.

Разликите в котите на точките използвани при създаването на опорната мрежа и тези от регистрите с координати и коти на точки от държавната геодезична мрежа (таблица 1) могат да се обяснят с преизмерване и преизравняване на триангулационната мрежа в района.

Периодът на изграждане на т.т. 38 (1961 год.) е характерен с редица радикални геодезически събития:

- Отмяна на „Българската геодезическа референтна система 1930 г.“ (БГРС 1930);

- Създаване на „Българската геодезическа референтна система 1950 г.“ (БГРС 1950) във връзка с необходимостта от осигуряване на военно-интегриращите процеси на България със Съветския съюз и с другите европейски социалистически страни;

- Използване на „Координатна система 1950 г.“ при извършването на геодезични дейности, включително и при геологопроучвателните дейности;

- Въвеждане в началото на 60-те години на „Координатна система 1950 г. – нова“. Допълнението "нова", означава, че регистрите с координати на държавните точки, приведени в тази система, са координати от обновените държавни мрежи от периода 1957 - 1965 г. Подобренията в държавните мрежи, извършени през периода 1957 - 1965 г. се реализират едновременно с прехода в геодезическата референтна система 1942 г.

Казаното по-горе дава логично обяснение за констатираните по-горе различия в координатите и котите на триангулационните точки.

При снимката на подробностите, извършена през пролетта на 2007 год., бяха използвани съществуващите триангулационни точки. От съществено значение е изборът на изходни коти за триангулационните точки. Предвид факта, че съществуващата маркшайдерска документация в обекта е изработена на базата на координатите и котите, определени при извършените геодезично-маркшайдерски дейности при проучването, при настоящите измервания бяха използвани тези описани в „Доклада за детайлните геологопроучвателни работи на находище от бентонитови глини „Пропаст“ 1962-1963 г.“ и в „Изчисление на триангулацията в координатна система 1950 год. на обект „Бентонити“, окр. Кържалийски, извършено през 1961 год.“.

Измерванията бяха извършени с електронна тотална станция Leica TC(R) 802 с точност на измерени ъгли 2" и на измерено разстояние при стандартно измерване 2mm +2ppm. В резултатите от измерванията с тоталната станция са включени корекциите за атмосферните условия (атмосферно налягане, температура на въздуха и относителна влажност).

По-голяма част от района бе заснета от т.т. 38. Бяха измерени 2165 подробни точки. Едновременно със измерването на точки от релефа, бе извършено трасиране на полигоновите точки и сондажите, прокарани при геологопроучвателните работи през периода 1962-1963год., и определяне на настоящата кота на терена в тези точки. Данните с координатите на сондажите са взети от том 2 на „Доклада за детайлните геологопроучвателни работи на находище от бентонитови глини „Пропаст“ 1962-1963 г.“.

При трасирането на полигоновите точки и сондажите, се установи, че част от тях попадат в застроени площи или върху асвалтирани пътища, построени след проучвателните дейности. Тези полигонови точки и сондажи не бяха обработени при извършените анализи.

При сравняването на новоопределените коти на полигоновите точки и котите определени при геоложките проучвания през 1962-1963 г. бе установено, че разликите между тях варират от -0.087m до 0.304 m, което е в рамките на точността на измерванията извършени при геологопроучвателните дейности. Това показва, че в



Фиг. 1.

участъците от масива в близост до полигоновите точки липсват съществени изменения в котата на релефа, както и глобални движения на масива.

Анализът на новоопределените коти на релефа в трасираното положение на сондажите и тези от геоложкия доклад, макар и с известни уточнения, потвърждава този извод. Разликите са преобладаващо отрицателни и варират от -0.497m до 0.271m.

Въз основа на координатите на измерените подробни точки през пролетта на 2007 г., бе построен модел на релефа в района на с. Пропаст по метода на триъгълниците. За целта бе използвана системата Civil 3D 2007.

За отразяването на участъците, където съществуват резки смени в наклоните на релефа (руднични стъпала, пукнатини и др.), бе използван заложения в системата инструментариум - линии на прекъсване, гранични линии и редакции. Полученият модел на релефа условно бе наречен "модел 2007 г."

За създаването на модела на релефа преди началото на добивните дейности бяха използвани планшетите изработени при геологопроучвателните дейности през 1962 год. За оцифряване на планшетите последните бяха сканирани с резолюция 400 pixels/inch. След геореферирването им автоматично бяха векторизирани хоризонталите, чрез използването на програмния продукт Raster Design. Въз основа на векторизираните хоризонталите, чрез програмната системата Civil 3D 2007, бе създаден модела на релефа по метода на триъгълниците, условно наречен "модел 1961 г."

При съпоставянето на двата модела на релефа, се получава резултантен модел на измененията в релефа (условно наречен „промени“). По същество той представлява повърхнина, получена в резултат на операцията „изваждане на повърхнини“, като от съвременната повърхнина (2007 г.) е извадена повърхнината създадена по измервания от преди 46 години (1961 г.).

Новополучената повърхнина може да се обработва и визуализира, като другите повърхнини. На фиг.1 (част от изработената графична документация), тя е представена чрез хоризонталите и коти в квадратна мрежа 5m на 5m, които отразяват разликите между двете повърхнини във всяка точка от мрежата. За унагласяване на ситуационните елементи са представени границите на имотите и сградите, получени при съвместяване на изработения план на релефа и данни от кадастралния план на селото. За пълнота са нанесени и сондажите прокарани при геоложките проучвания през 1961-1962 г.

Анализът на повърхнината „Промените“ показва, че в района източно от селото в непосредствена близост до кариерата се наблюдават разлики в двете повърхнини с отрицателен знак и стойности до 3m. Тези разлики се наблюдават на площ от около 6 dka, в която попадат земи извън регулацията на с. Пропаст. Около половината от площта е мера, а другата половина е заградена с ограда. Северната част на площта е разположена в местността "Сюлюк Гьолю", непосредствено под възвишението "Кара тепе".

Препоръчана за публикуване от
Катедра "Маркшайдерство и геодезия", МТФ

Склонът на възвишението към местността "Сюлюк Гьолю" е значително по-стръмен от източния, западния и северния склон и се характеризира със съвременни форми на ерозия. Анализът на склона и подножието му показват, че тези форми са инструментално заснети и изобразени на планшетите от 1962 г. и в продължение на близо половин век не са претърпели съществени изменения. Формата на склона е с ясно изразени линии на разкъсване получени в резултат на свличания в древността.

Големите слягания се наблюдават основно на площ от около 1.5 dka, в южната част на разглеждания участък, в непосредствена близост до селски кладенец. Там са се оформили откоси и система от пукнатини приблизително перпендикулярни на фронта на минните работи. За посоката на локалното свличане допълнителна информация бе получена от собственика на имота, както и от сравняването на определеното чрез маркшайдерски измервания положение на обекти, с това от цифров ортофотоплан, изработен предходната година.

Използването при маркшайдерските дейности на съвременни данни за обекта, получени чрез въздушна фотограмметрия, позволи извършването на допълнителни анализи. Цифровия ортофотоплан на района позволи намаляването на усилията за запознаване с обекта и бързото създаване на проект за инструменталните измервания. Съвместяването му с останалите графични данни позволи създаването на качествени материали с максимална прегледност и пълнота на отразяване на елементите на обекта.

Описаната технология на създаване на числени модели на релефа отразява съвременните достижения на измерителната техника и компютърните технологии. Тя позволява качествено нов подход при съвместяването и анализирането на големи обеми разнородни данни – от геологопроучвателните дейности, от кадастъра, от въздушна фотограмметрия и актуални измервания.

Извършените маркшайдерски дейности в района на с. Пропаст и последващите обработки и анализи показаха:

1. Чрез маркшайдерски измервания и анализи бе установено, че в близост до точки с известни координати от проучването, липсват съществени изменения в котата на релефа, както и глобални движения на масива.

2. Прилаганата технология за изработване на числени модели на релефа и последващите анализи, позволяват да се определят тенденциите на процесите протичащи в масива.

3. При интерпретацията на стари планове и данни от маркшайдерски измервания, е необходимо да се извърши детайлен анализ при привързване им към съвременни координатни системи.

Литература

Йовев И. Геодезическите мрежи на България и свързаните с тях референтни, координатни и височинни системи.

Доклад за детайлните геологопроучвателни работи на находище от бентонитови глини „Пропаст“ 1962-1963 г.

Материали от "Геокартфонда" на Агенцията по геодезия картография и кадастър.

ЗА БЕЗОПАСНОСТТА НА ЕКСПЛОЗИВИТЕ ЗА ГРАЖДАНСКИ ЦЕЛИ

Валери Митков

Минно геоложки Университет „Св.Иван Рилски“, 1700 София; videx@videx.bg

РЕЗЮМЕ. В статията са представени проведените аналитични и експериментални изследвания на барутите получени от утилизация на ненужни боеприпаси с цел тяхното безопасно делабориране и по-нататъшна преработка и използване в експлозиви за граждански цели, които да притежават високи взриво-технически и екологични характеристики и са безопасни за производство и употреба. На основата на анализа и проведените експерименти са разработени основните принципи на флегматизация, които осигуряват промишлената безопасност и екологическа чистота на експлозивите.

SAFETY OF EXPLOSIVES FOR CIVIL USES

Valery Mitkov

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia; videx@videx.bg

ABSTRACT. The analytical and experimental research of the propellants obtained from utilization of useless ammunition for the purpose of their safe delaboration and further adaptation and use in explosives for civil uses, which have high explosive-technical and ecological characteristics, is reviewed in this article. These explosives are safe for production and use.

On the basis of the analysis and the experiments conducted, the basics of phlegmatization, which ensure the commercial safety and ecological purity of the explosives were developed.

Въведение

Основните изисквания, на които трябва да отговарят експлозивите за граждански цели (ЕГЦ) са безопасност при използване (чувствителност на удар и триене, чувствителност на статично електричество, водоустойчивост, токсично въздействие на експлозивите и на продуктите на взрива) и ефективност при използване (детонационна способност, чувствителност към инициращия импулс, специфична мощност на взрива на експлозива и др.)

Актуална задача в условията на освобождаване на огромни количества ненужни армейски боеприпаси се явява създаването на мощни водоустойчиви ЕГЦ на базата на продуктите от утилизирани боеприпаси, превъзхождащи по безопасност и ефективност използваните до сега познати експлозиви, което прави тяхното използване икономически целесъобразно.

Използваните до скоро ЕГЦ в откритите рудници и кариери условно могат да се разделят на три групи:

- грубодисперсни ЕГЦ (ГДА 70/30, ГДА 79/21, гранулатол, Анфо);
- водонапълнени гелообразни (слари) ЕГЦ, сенсibiliзирани с тринитротолуол;
- емулсионни ЕГЦ на основата на водномаслена емулсия, сенсibiliзирани с микросфери или газови мехурчета.

Основни недостатъци на съществуващите рецептури на ЕГЦ и на технологиите на тяхното производство са:

1. В грубодисперсните ЕГЦ – високо съдържание на опасния и скъпо струващ тротил в съставите на ГДА, ниската физическа стабилност и детонационна способност на Анфо смесите произведени на базата на гранулирана селитра, предназначена за селското стопанство и високата стойност на вносната поръозна, образуването на взривоопасна прах и силна електризация на гранулите при механизано зареждане.

2. В гелообразните, слари ЕГЦ – необходимост от високо съдържание на тротил в съставите за осигуряване на висока детонационна способност.

3. В емулсионните ЕГЦ на основата на водно-маслени емулсии – необходимостта от използване на сенсibiliзирани микросфери, газови мехурчета и като следствие от това – ниска плътност на зарядите.

Всичко казано до тук позволява да се формулират основните задачи, стоящи за решаване на първо място:

1. Понижаване чувствителността на ЕГЦ към механични и топлинни въздействия и тяхната електризация при производство и зареждане.

2. Създаване на безопасни технологии за утилизация на всички марки артилерийски барути, балистични ракетни твърди гирива (БРТГ) и експлозиви от ракетно-артилерийските ненужни боеприпаси за използването им като сенсibiliзирани компоненти на ЕГЦ.

3. Създаване на нови рецептури относително безопасни ЕГЦ с минимално възможно съдържание на силно чувствителни експлозиви и висока взривотехническа ефективност.

Основи на принципите на флегматизация на бездимните барути

Основните фактори, определящи възможността от възникване на възпламеняване, горене (пожар) и взрив при работа с експлозиви са: механични въздействия (удар, триене), топлинни въздействия (нагреване на оборудването в аварийен режим, късо съединение в електропроводите и електросъоръженията, пожар) и разряд на статично електричество.

Както е известно, всеки процес на взривно превръщане на експлозива започва с неговото възпламеняване под въздействието на някой от следните фактори: механическо или топлинно въздействие или електрически разряд.

Ако топлинното или механично въздействие върху експлозивите в условията на производство се предотвратяват чрез правилно проектиране на технологичните процеси и комплексни мерки по техника на безопасност, то предотвратяването на разрядите от статично електричество се осъществява чрез сложен комплекс от различни фактори, не винаги подлежащи на анализ и регламентация в нормативните документи.

Отчитайки, че всички барути, БРТГ и експлозиви са диелектрици и лесно се наелектризират от триене, а чувствителността на техните прахове във въздуха към искров разряд на електростатично електричество е в 100 до 1000 пъти по-висока, отколкото на изходните материали и е само 0.03 – 0.06 J [Светлов, 1973], то едно от най-важните изисквания при работите при тяхната утилизация е недопускане образуването на прах и събиране на заряди от статично електричество върху тяхната повърхност. Нека направим анализ на същността и влиянието на тези фактори върху безопасността на технологичните процеси на работа с експлозиви и в частност с барути.

Балиститните артилерийски барути и БРТГ, представляващи гъвкави тръбни или лентови изделия, практически не образуват прах при триене на барутните елементи един в друг, но при работа с твърдите и чупливи пироксилинови и димни барути, водещи, при триене на барутните елементи един с друг до образуване на барутна прах, повишаваща тяхната възпламеняемост [Андреев, 1966] и нейното наелектризиране, силно се повишава опасността от несанкционирано възпламеняване и горене. По тази причина опасни технологични операции, при работа с тях, са операциите свързани с тяхното преместване - изсипване на барутите от гилзите, транспортиране или утилизация.

За намаляване на пожаро- и взривобезопасността на производствените процеси при утилизация на артилерийски барути, БРТГ и експлозиви са възможни два подхода – инхибиране или флегматизация на барутите. Инхибирането се състои във въвеждане в техния състав на нови химически компоненти, подтискащи процесите на възпламеняване и горене на взривните компоненти. Този подход е неприемлив, тъй като всъщност се налага пълна преработка, т.е. производство на нови експлозиви.

Флегматизацията се изразява в създаване между зърната или на повърхността на експлозивите на защитен слой (филм), затрудняващ процесите на възпламеняване и горене.

В съответствие с изложеното по-горе, задачата на флегматизацията се състои в недопускане образуването на прах от взривни материали и неговата електризация като основни причини за тяхната пожаро- и взривоопасност и създаване на топлинни прегради за недопускане разпространението на пламъка по цялия им обем. При това не бива да се забравя, че взривоопасността на пироксилиновите и димни барути се определя от наличието на барутен прах в аерозолно състояние, като в същото време тези барути във вид на изделия (зърна, тръбички, гранули) са способни само да горят, което непрекъснато се потвърждава от самия факт на многовековно съществуване на огнестрелното оръжие и артилерията, с налягания в каналите на цевите, достигащи при изстрела хиляди атмосфери.

В последно време често се използва флегматизацията на зърната от пироксилинови барути с минерални масла (омасляване на барутите) с цел използването им в минната промишленост като ЕГЦ. По този начин частично се решава проблема с барутния прах, но не се решава главната задача – намаляване пожароопасността на пироксилиновите барути. Както доказаха експерименталните изследвания на автора, разлика между характера на възпламеняването и горенето при зърнообразните пироксилинови барути и ЕГЦ на тяхна основа няма, и едните и другите притежават висока пожароопасност и при горене в затворен обем или в голямо количество поради проникване на пламъка във вътрешните слоеве, може да доведе до турбулентен режим на горене (едновременно горене на големи количества барут) и до физически взрив на опаковката на барута. Запълването на свободните пространства между зърната на барута с течност затруднява проникването на пламъка от горящ барут във вътрешните слоеве и така затруднява възможността от бързото изгаряне на барутната маса. При това, колкото по-висок е вискозитетът на течността, толкова при по-голямо налягане горенето на барутната маса може да премине в турбулентен режим на горене.

Когато твърд или течен експлозив се подлага на механичен удар или триене или на въздействието на взривен инициатор (детонатор), взрива или възпламеняването, което може да се инициира има топлинна природа. С други думи, механичната енергия трябва първо да се превърне в топлинна и да се концентрира в не големи локализиращи области с образуване на точкови огнища на нагряване, диаметъра на които е 10^{-3} - 10^{-7} м. Температурата на огнището на адиабатическото нагряване, необходима за инициране на взрив е приблизително около 500°C, а продължителността на нагряване се колебае от 10^{-4} до 10^{-6} секунди [Боуден, 1962]. В огнището на нагряване протича термично разлагане на експлозива, скоростта на реакцията бързо нараства, в резултат на което може да протече топлинен взрив (теория на "горещите точки"). Такова огнище може да се образува по три различни начина:

1. При адиабатично свиване на не големи газови мехурчета, намиращи се в експлозива. Огнищата на нагряване от този тип най-вероятно са причина за възникване на взрив в експлозивите наситени с микропори, в това число в пирокселиновите барути, които са пронизани от огромен брой микропори, образувани при отделянето при тяхното производство на летливи разтворители и в кристалните пресовани експлозиви.

2. При триене на експлозива в стените на твърди материали (в т.ч. и съседни кристали на експлозив) и като следствие, нагряване на повърхностните слоеве до температура на възпламеняване.

3. При вискозно нагряване на експлозива, бързо отделящ се от тесен отвор между твърди повърхности.

Първият механизъм се реализира при относително не големи амплитуди на ударните налягания и определя иницирирането на детонация в заряди експлозив с малък критически диаметър от капсул детонатор. Характерен пример са чистите пресовани експлозиви (тротил, тетрил), използвани като междинни детонатори, те са наситени с огромно количество въздушни пори. Трябва да се има в предвид, че съществува определена оптимална стойност на концентрацията и размерите на газовите пори, определящи възникването и развитието на взрива във всеки конкретен експлозив.

Реализирането на последните два механизма на възбуждане на взрив изискват значителни ударни налягания за свиване на слоя експлозив (стотици и хиляди атмосфери) многократно превишаващи техния предел на здравина и високи (стотици метри в секунда) скорости на движение (течение). По този механизъм, най-вероятно, се иницирира взрива в балиститните барути и ляти експлозиви, характеризирани се на практика с пълно отсъствие на газови пори, или по-точно, с тяхната много малка концентрация в заряда от експлозив.

Сега, нека разгледаме влиянието на флегматизиращите течности върху детонационните характеристики на експлозивите.

Добре известно е, че добавянето към експлозивите на такива вещества като смазки, парафин, масла, вазелин, вода и нейни разтвори намаляват чувствителността на много от тях към механични въздействия и намаляване на детонационните им характеристики [Юхансон, 1973].

Действието на флегматизатора се състои в това, че той препятства разпространяването на взрива от огнищата на неговото възникване. С други думи, флегматизатора действа чак при процеса на развитие на взрива. Предполага се, че флегматизатора образува топлинна бариера, препятстваща предаването на топлина между частичките на експлозива.

Анализа на факторите, които могат да оказват влияние върху възникването и разпространението на детонация от от една частичка експлозив към друга, показва, че обикновените топлофизически характеристики на флегматизатора по отделно нямат голямо значение. Към тези характеристики се отнасят скритата топлина на изпарение, топлопроводност и специфична топлемост.

Сравняването на пределната концентрация на парафин и вода, необходими за потискане на детонацията е показало, че разпространяването на взривното превръщане се прекратява при еднаква дебелина на покритието от тези течности върху кристалите на експлозива. Важен фактор е коефициента на температуропроводност, който за нефтопродуктите, водата и нейните разтвори е приблизително равен на 10^{-7} м²/с. Освен това в процеса на флегматизация определена роля има и размера на частиците на експлозива – колкото по-малки са частиците, толкова по-силно се флегматизира експлозива и обратно. Този факт добре се илюстрира на примера тротил – вода. При едно и също съдържание на вода (около 30%) едрите частици тротил, с размер над 1.0 мм устойчиво детонират в заряди (гранулатол), а тротил на прах с размери на частичките десети части от милиметъра въобще не е способен да детонира в тези условия [Солнцева, 1966]. Аналогична е картината и при други експлозиви, като пикриновата киселина и нейните соли, пирокселинов прах и др. [Европейска спогодба за международни превози на опасни товари по шосе (АДР), 2001].

Експериментите, проведени от автора с взривни смеси (сплави), състоящи се от тротил-хексоген-алуминий в прахообразен вид (частичките са с размери под 1 мм) показваха, че в прахообразен вид взривната смес устойчиво детонира от капсул детонатор №8 в патрони с диаметър 36-38 мм и дължина 400 мм, а гранули с размери 4 – 10 мм при тези условия не детонират. При запълване с вода или с разтвор на амониева селитра на порите между частиците на експлозива (ликвидиране на „горещите точки“) патроните с прахообразен експлозив загубваха способността си да детонират. При добавяне в прахообразни експлозиви на 3% минерално масло, патроните също не приемаха детонация. Аналогични резултати са били получени и в [Боуден, 1962] за смеси на октоген, хексоген и тен с 3 – 6 % течен парафин.

Използването на тези течности като напълнители при експлозиви с барутни заряди е известно още от 30-те години на миналия век. Известно е тяхното положително влияние върху детонационните характеристики на експлозивите на барутна основа. Освен това са известни случаи на откази при непълна детонация на зарядите, при които, за напълнител е използвана вода.

За изучаване влиянието на различни течни напълнители върху детонационната способност на пирокселиновите барути, последните са престоявали в продължение на определено време в напълнители, а след това удължени заряди от тези барути, залати със съответните напълнители са изпитвани за пълнота на детонация.

Резултатите от изследванията показваха, че колкото по-малко е барутното зърно (или по-малка е дебелината на горящия свод) от пирокселинов барут, толкова по-скоро той се флегматизира от вода. Така, барут ВУфл се флегматизира след час и тридесет минути престой във вода, а 17/7 – след 14 денонощия. След достатъчно дълъг престой във вода, пирокселиновия барут напълно загубваше способността си да детонира, дори в стоманена тръба. Но флегматизирания с вода пирокселинов барут,

напълно възстановяваше детонационната си способност след неговото подсушаване. Изпитанията на пироксилиновите барути дадоха следните резултати:

Всички пироксилинови барути напълно запазват своята детонационна способност при продължителен престой в 50% разтвор на амониева селитра или 25% разтвор на натриев хлорид. Минималната концентрация на разтворите, при която детонационната способност на пироксилиновите барути практически се запазва в продължение на неограничено дълго престояване в тях е само 10%.

Тези експериментални резултати могат да бъдат обяснени с действието на силите на повърхностно напрежение на границата на разделяне на фазите течност – твърдо тяло с използване на теорията за капилярните явления и вземайки в предвид голямото насищане на барутите с микропукнатини, с размери от няколко микрона до десетки части от микрона, получени в следствие на технологията за тяхното производство.

Проникването на течност в порите на барутното зърно зависи от „намокрянето“ на повърхността на барута от течността. Да разгледаме ролята на силите на повърхностно напрежение.

Процеса на взаимодействие на немокреща течност с пористи тела може условно да се раздели на два етапа:

- разпределяне по повърхността на барута на течност, която се задържа от проникване в порите от повърхностното напрежение;
- проникване на течност в порите започва, когато външното налягане стане по-голямо от силите на повърхностно напрежение.

Условието за равновесие на силите е:

$$2\pi r_k \sigma = \pi r_k^2 \rho h = \Delta P_0 \pi r_k^2, \quad (1)$$

където:

σ – коефициент на повърхностно напрежение

h – височина на слоя течност над барута

r_k – радиус на капилара

ρ – плътност на течността

ΔP_0 – налягане на течността върху въздуха в капилара при равновесие

Така, насищането с флегматизираща течност на порите и микропукнатините (горещите точки) на барутните зърна по този механизъм, при условие на нейното немокрене зависи от коефициента на повърхностно напрежение:

$$\Delta P_0 = 2 \frac{\sigma}{r_k} \quad (2)$$

При налягане $P > \Delta P_0$ течността прониква в порите, при $P < \Delta P_0$ нейното проникване се препятства от силата на повърхностно напрежение. От това следва, че за да се предотврати „намокрянето“ на барута по този механизъм е

необходимо да се повиши коефициента на повърхностно напрежение на течността.

Както е известно, повърхностните свойства на разтворите са различни от повърхностните свойства на чистите течности. Метода на изчисление на повърхностното напрежение на разтвори на електролити, както е в нашия случай – воден разтвор на амониева селитра е даден в [Вознесенская, 1968], където е установена тясна зависимост между налягането на наситена пара на разтворителя и неговото повърхностно напрежение. Електролитите, намалявайки налягането на наситената пара на водата над разтвора, намаляват самоадсорбцията на водата в повърхностния слой на разтвора и затова се повишава повърхностното напрежение.

По този начин повърхностното напрежение на разтворите не зависи от индивидуалните свойства на разтвореното вещество, а се определя от налягането на наситената пара на водата над разтвора, т.е. от активността γ на водата в разтвора.

Да разгледаме накратко капиларния механизъм на проникване на течност в порите на барута.

Всяко твърдо вещество, имащо капиларно – пориста структура, при намокряне на своята повърхност с течност, притежава способността да „попива“ течност благодарение на капиларни явления. Критерий за проявяване на възможността на капиларно явление е капиларната константа [Русанова, 1984].

$$a = \sqrt{\frac{2\sigma}{(\rho_1 - \rho_2)g}}, \quad (3)$$

където:

σ – коефициент на повърхностно напрежение на течността

ρ_1 и ρ_2 – плътност на течността и водата

g – коефициент на свободно падане

За водата на границата с въздуха $a = 3,8 \cdot 10^{-3}$ m, капиларния ефект се проявява при диаметър на порите по-малък от 3,8 mm.

Скоростта на движение на течността в капилара (при хоризонтално движение) се определя по следното уравнение:

$$v(t) = \sqrt{\frac{r_k \sigma \cdot \cos \theta}{8\mu t}}, \quad (4)$$

където:

θ – краен ъгъл на мокрене

μ – динамичен коефициент на вискозитет

t – текущо време на „попиване“

От уравнение (4) след не сложно интегриране може да се получи зависимостта на дебелината на напоения слой от времето на попиване и физико-химическите характеристики на течността.

При предварителни лабораторни изследвания е установено, че повърхността на пироксилиновия барут се отнася към слабо мокрените с вода повърхности, но добре омекряна от минерални масла, т.е. в случая с водните разтвори при първия етап на взаимодействие се осъществява първият механизъм (по формула (1)), а на следващия етап започва действието на капиларния механизъм на попиване (по формула (2)).

$$\delta = \int_{t_1}^{t_2} v(t) dt = 2K \left(\sqrt{t_2} - \sqrt{t_1} \right), \quad (5)$$

където:

$$k = \left(\frac{r_k \sigma \cdot \cos \theta}{8\mu} \right)^{0.5}$$

t_1 , t_2 – времена на начало и край на „попиване“, в момента на контакт на течността с барута $t_1 = 0$.

Като пример по-долу е дадена пресметнатата оценка на възможността за намокряне на пироксилинов барут марка 4/7 с дебелина на горящия свод 0.4 mm в различни течности, като 10% разтвор на амониева селитра и трансформаторно масло. Физико – химичните характеристики на тези течности са взети от [Мищенко, 1967] и изчисленията са извършени по методика [Викторов, 1977]. Резултатите са дадени в следната таблица.

Таблица 1.

Течност	μ , Pa.s	σ , N/m	ΔP_0 , Pa	t , s
вода	10^{-3}	0.073	$1.46 \cdot 10^5$	258
вода + ПАВ	$0.42 \cdot 10^{-3}$	0.038	$0.76 \cdot 10^5$	788
вода + АС	$1.24 \cdot 10^{-3}$	0.082	$1.64 \cdot 10^5$	287

Дадените в горната таблица стойности на „равновесното налягане ΔP_0 ” и времето „за намокряне t ” на барутното зърно дават само качествена картина на взаимодействието на барута с течността по-различни механизми.

Тук не се отчитат зависимостите от реалните ъгли на „намокряне” на повърхността на барута с различни разтвори, хидродинамиката на движение на течността в порите и загубите на скоростта от триене, нееднородността на повърхността на барута на микро ниво от гледна точка на „намокряне” и повърхностната енергия и т.н.

В реални условия най-вероятно се осъществяват и двата механизма на проникване на течността в зърното, предизвикани от нееднородността на физико-химическите характеристики на последното в обема му. Съотношението между механизмите има статически характер и изисква отделни задълбочени изследвания. Но е очевидно, че

главна роля играе повърхностното напрежение на течността и нейния вискозитет.

От горното може да се направи извод, че за отказите в обводнени сондажи на пироксилиновите барути и непълната детонация на барутните заряди в същите, основната причина е в „намокрянето” на пироксилиновия барут, т.е. флегматизация на „горещите точки”, обусловена както от физико-химическите свойства и микроструктурата на барута, така и от запълващата сондажа течност. Определяща роля при това играе повърхностното напрежение на границата на разделяне на фазите „барут-течност”. Колкото по-голямо е повърхностното напрежение на течността, толкова по-голяма е водоустойчивостта на барута в сондажа, определяна от максималното налягане на водния стълб в него, при което започва проникване на вода в порите. Това трябва да се има в предвид при разработване на технологии за утилизация на барутите и създаването на експлозиви за граждански цели на тяхна основа.

Въз основа на горните предпоставки, бяха проведени експериментални изследвания на възпламеняемостта и горенето на пироксилиновите барути, флегматизирани със съгъстени разтвори на амониева селитра, притежаващи голям вискозитет, повърхностно напрежение и електропроводност, което изключва попиване на разтвора в микропорите на барута, неговото разпрашаване и електризация. Барутния състав представляваше зърна от пироксилинов барут, пространството между, които бе запълнено с флегматизиращ разтвор. Проведах се опити такъв състав да бъде запален чрез открит огън, но нито при един случай това не се случи. След огневите изпитания същия състав бе иницииран с електродетонатор. При всички опити детонацията бе пълна [Митков, 2005].

Основни изводи и заключения

1. Въз основа на анализа на физическите и физико-химическите свойства на барутите са разработени основните принципи на тяхната флегматизация, осигуряваща тяхната промишлена безопасност, санитарна и екологическа чистота при производството и използването на експлозиви на тяхна основа.

2. Като основен материал за флегматизация на барутите се използва съгъстен разтвор на амониева селитра, осигуряващ съхранението на „горещите точки” като центрове на иницииране на детонационните прицеси при експлозивите тип „слари” и индустриални масла при грубодисперсните експлозиви.

3. Разработени са рецептури на гелообразни водосъдържащи експлозиви с търговска марка „Видексит” и грубодисперсни експлозиви „ГДА-БМ” на основата на пироксилинови и нитроглицеринови барути, които показваха висока взривотехническа ефективност и безопасност, както и екологическа чистота при тяхното промишлено използване.

Литература

Правилник за безопасност на труда при взривните работи, 1997.

Светлов, Б.Я., Яременко, Н.Е. 1973. Теория и свойства промышленных взрывчатых веществ. М., Недра, 42 с.

Андреев, К.К. 1966. Термическое разложение и горение взрывчатых веществ. М., Наука, 335 с.

Боуден, Ф., Иоффе, А. 1962. Бстр е реакции в твердых веществах, М., ИЛ, 118 с.

Юхансон, К., Пирсон, П. 1973. Детонация взрывчатых веществ. М., Мир.

6. Солнцева, Р.Н., Светлов, Б.Я., Белякова, М.В. 1966. Пластичн е ВВ с пониженой чувствительностью к механическим воздействиям. Сп.Взр вное дело N: 60/17, с. 188-197, М., Недра.

Европейска спогодба за международни превози на опасни товари по шосе (АДР), Българско транспортно издателство, София, 2001.

Вознесенская, И.В., Шекулин, Г.Н., 1968. Вопрос физической химии растворов Электролитов. Л., Химия, 304-361.

Русанова, А.И., Гудрич, Ф. 1984. Современная теория капиллярност., „ИЛ”, Химия.

Мищенко, К.П., Равделя, А.А. 1967. Краткий справочник физико-химических величин, Л., Химия.

Викторов, М.М. 1977. Метод в числения физико-химических величин и прикладн е разчет, Л., Химия.

Митков, В.Е. 2005. Изследване и създаване на нови водонапълнени водоустойчиви взривни смеси тип „Слари, списание Експлозив, бр.2.

Митков, В.Е. 2005. Изисквания и технология за създаване на водонапълнени експлозиви, Годишник на МГУ „Св.Иван Рилски” – София.

Митков, В.Е. 2006. Определяне на най-подходящото количество на състителя Гуар М-207 и на водоустойчивостта и плътността на нови взривни смеси, списание Експлозив, бр.4.

Препоръчана за публикуване от

Катедра “Открито разработване на полезни изкопаеми и взривни работи”, МТФ

ИЗСЛЕДВАНЕ, СЪЗДАВАНЕ И ВНЕДРЯВАНЕ НА ГРУБОДИСПЕРСНИ АМОНИТИ СЪС СЕНСИБИЛИЗАТОР ВТОРИЧЕН БЕЗДИМЕН БАРУТ

Валери Емилов Митков, Гургана Георгиева Камбурова

Минно геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София

РЕЗЮМЕ. В работата са разгледани извършените изследвания по изпълнението на Правителствена програма за оползотворяване (утилизация) на вторични бездимни барути получени от ненужни армейски боеприпаси.

Въз основа на комплексна научно – изследователска, развойна и внедрителска работа са създадени нов вид Грубодисперсни амонити, като сенсibiliзатора от тротил е изцяло заменен с вторични бездимни (нитроглицеринови и пироксилинови) барути.

Новите Грубодисперсни амонити са сертифицирани и са допускати до употреба за открити взривни работи. Вследствие на разработването и внедряването на новите Грубодисперсни амонити е реализиран значителен екологичен и икономичен ефект.

С тях понастоящем се извършват масово открити взривни работи

RESEARCH, CREATION AND IMPLEMENTATION OF ROUGHLY DISPERSED AMMONITES WITH SECONDARY SMOKELESS POWDER AS SENSITIZER

Valery Emilov Mitkov, Gergana Georgieva Kamburova

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski"

ABSTRACT. The analysis performed regarding the governmental program for utilization of secondary smokeless propellants extracted from useless army ammunition, is reviewed in this work.

On the basis of the scientific, experimental and implementation work performed, a new type of coarsely dispersed ammonites was developed. In the process, the TNT sensitizer was completely replaced by secondary smokeless propellant (nitroglycerin and pyroxylin propellant).

The new coarsely dispersed ammonites are certified and allowed in open-air blasting works.

As a result of the development and implementation of the new coarsely dispersed ammonites, significant ecological and economical progress was achieved.

Open-air blasting works are currently performed with this new coarsely dispersed ammonite.

Въведение

В Република България при извършване на взривни работи на открито се използват масово тротилосъдържащи грубодисперсни амонити. Познати са няколко модификации на тези експлозивни за граждански цели с марки ГДА 70/30, ГДА 79/21 и ГДА - ЛМ.

Като сенсibiliзатор в тези грубодисперсни амонити се използва обикновено люспест тротил внос от чужбина. През последните години доставката на вноския тринитротолуол се усложни в значителна степен, като освен това стойността му се увеличи около два пъти. Всичко това доведе до трудности при производството на тези експлозивни и значително повишаване на цената им.

Вследствие на настъпилите политически промени в света в т. ч. и у нас се оказа, че са налице значителни количества ненужни армейски боеприпаси. Тези ненужни боеприпаси в изпълнение на различни правителствени спогодби подлежат на унищожаване. Понастоящем тези боеприпаси се съхраняват и охраняват в различни специализирани складове на Министерство на отбраната, който процес е и взривоопасен.

В изпълнение на Правителствен проект е извършена научноизследователска и развойна работа с цел да се намери безопасно, ефективно и екологично решение на проблема с оползотворяване на вторичните взривни продукти получавани при делянето на ненужните армейски боеприпаси и по специално на значителните количества различни видове бездимни, пироксилинови и нитроглицеринови барути.

Цели се да се извърши необходимото за безопасно и ефективно заместване на сенсibiliзатора тринитротолуол с вторични бездимни барути (Митков, Камбурова, 2007).

За целта е разработен патент № 109154 от 11.05.05 (Камбурова, Митков и др. Взривна смес със сенсibiliзатор бездимен барут). През 2006 г. на база на комплексна научноизследователска и развойна работа залегналите решения в патента са реализирани като е разработен нов грубодисперсен експлозив с марка ГДА - БМ, допуснат до производство и употреба.

При разработването на новия грубодисперсен експлозив за граждански цели със сенсibiliзатор бездимен барут

получен от ненужни армейски боеприпаси се използваха принципите на технологията за производство на българския грубодисперсен амонит с марка ГДА-ЛМ съгласно патент за изобретение № 64822 от 06.06.2006 (Камбурова, Митков и др.).

1. Основни свойства на вторичните бездимни барути

За успешното решаване на поставената цел - създаване на грубодисперсен амонит със сенсibiliзатор бездимен барут вместо тринитротолуол са извършени изследвания на основните качествено - количествени характеристики на получените при делаборацията на ненужните армейски боеприпаси бездимни барути.

От извършените изследвания се установи, че при делаборацията на боеприпасите се получават значителни количества от нитроглицеринови барути с добавка на динитротолуол с марка НДТ-3 18/1. Това е нитроглицеринов едноканален барут с трудно летлив разтворител във вид на цилиндрични пръчки с диаметър 6.1 mm, дължина 260mm и дебелина на горящия слой 1.77mm (фиг.1).

С оглед на използването на този вторичен барут, като сенсibiliзатор в грубодисперсни амонити, на същия са извършени комплексни изследвания за определяне на чувствителността на удар, топлинната му устойчивост, водоустойчивостта му и склонността му да поглъща вода, физичната и химичната му устойчивост и др.



Фиг.1. Едноканален нитроглицеринов барут с трудно летлив разтворител с марка НДТ-3 18/1 от ненужни боеприпаси

Един от най-важните параметри за безопасността на работа при обработването и смесването на нитроглицериновия вторичен барут е определяне на чувствителността му на удар. Чувствителността на удар е определена съгласно изискванията на Европейския стандарт EN 13631-4 вече приети като БДС. Търси се енергията на удар, при която барутът не реагира. От извършените от авторите изследвания се установи, че при енергия на удара от 5 J не се получава реакция на барутните зърна (Камбурова, Митков, Год. МГУ, т.49).

Друг важен параметър на вторичните бездимни барути е топлинната устойчивост. За целта са извършени изследвания в съответствие с изискванията на Европейския стандарт EN 13621-2. От извършените изследвания се установи, че след 48ч. престояване в камера с температура $75\pm 2^{\circ}\text{C}$ не се получават никакви физико-химични изменения на барутите (Камбурова, Митков, сп. Експлозив, бр.5).

На вторичните барути са извършени изследвания и за водоустойчивите им качества, като след 96 ч. престой във вода, барутните зърна не поемат влага, остават блестящи, без каквито и да е видими изменения. Измерената плътност на барутните цилиндри е от 1.48 до 1.55 g/cm³, което е напълно задоволително.

Извършените лабораторно-полигонни изследвания на вторичните барути показват, че въпреки дългия период на съхранение на боеприпасите, над 25-30 г. те са с напълно запазени качества и по своите параметри отговарят на основните изисквания на ЕС за експлозиви за граждански цели и могат да служат като сенсibiliзатори в грубодисперсните амонити



Фиг.2. Мелница за оситняване на бездимни барути



Фиг.3. Устройство за постъпване на оситнения бездимен барут в памучни чували и резервоар за отработената вода

Един от основните технологични въпроси за оползотворяване на барути е необходимостта от допълнителното им обработване (смилане). За целта е конструирана и експериментирана специална мелница и е разработена технология за безопасното им оситняване във водна среда. На фиг.2 е даден общият вид на мелницата, а на фиг.3 устройство за отцеждане на водата.

Обработени с даденото съоръжение и по утвърдената технология, нитроглицериновите вторични барути се оситняват до нужните размери с едрина 1-2 mm (фиг.4). В този си вид те са напълно подходящи за използването им като сенсibiliзатор в грубодисперсните амонити.

На таблица 1 са дадени основните термодинамични характеристики на вторични барути с трудно летлив разтворител.

Таблица 1

Термодинамични характеристики на нитроглицеринови вторични барути

Марка на барут	Съдър. на колок-силин, %	Калоричност, $Q_{ж}$ kJ/kg	Сила на барута F_v , kJ/kg	Темп. на горене, T_v , °K	Кислор. коефициент, a_k
НДТ-3 16/1	56	3202	1033	2500	0,45
НДТ-3 18/1	56	3202	1033	2500	0,45
ДГ-3 18/1	64	3202	950	2500	0,54
НДСИ-2к	58,5	4462	1142	2850	0,67
НБЛ-62	59	4939	1221	2750	0,69

2. Разработване и изпитване на новите грубодисперсни амонити със сенсibiliзатор вторичен бездимен барут

При разработването на новия грубодисперсен амонит със сенсibiliзатор вторичен бездимен барут, получен от делаборацията на ненужни боеприпаси се изхожда от следните основни направления и изисквания:

а)



б)



Фиг.4 Смлян нитроглицеринов вторичен барут:
а-с едрина 2 mm; б – с едрина 1 mm

а) Новият експлозив по своите взривни качества да не отстъпва на досега употребяваните грубодисперсни амонити сенсibiliзирани с вносен тринитротолуол.

б) Технологията и съоръженията за производство да бъдат прости, безопасни, ефективни и с достатъчна производителност за осигуряване на нужните количества от новия експлозив.

в) Да се осигури ниска разпрашаемост при производството и употребата на новия експлозив, като се ползват принципите на производство на патентования експлозив, с марка ГДА - ЛМ

г) Съставът на новия експлозив да бъде такъв, че да осигурява определения за този тип експлозиви отрицателен кислороден баланс от минус 8-12 %

д) Експлозивът да отговаря на изискванията на новите стандарти на ЕС третиращи въпросите за безопасната и хигиенна работа с него при производството и употребата.

Изхождайки от тези нови направления на базата на комплексна научно-изследователска и развойна дейност е създаден и изпитан нов грубодисперсен амонит сенсibiliзиран с вторичен бездимен барут, с марка ГДА – БМ.

Примерно изпълнение на разработената технология и състав на новия експлозив е следното:

Пример 1. В смесително устройство се поставя 67,5kg смес от кристален водоустойчив амониен нитрат и прахообразен, кристален или гранулиран амониен нитрат. Сместта се хомогенизира в продължение на 60-70 s, като след това към нея се добавя равномерно 2,5 kg масло или дизелово гориво. Сместта се бърка непрекъснато за още 100 s. Към така хомогенизираната смес се добавя 30 kg оситнен бездимен барут с влага до 1 %. Цялата смес се хомогенизира за още 400-430 s след което се пакетира.

Пример 2. Работи се като в пример 1, като количествата на отделните компоненти е следното: сместта на различните видове амониев нитрат е 58 kg, маслото или дизеловото гориво е 2 kg и оситнения бездимен барут е 40 kg.

На таблица 2 са дадени основните параметри на новия експлозив, съгласно изискванията на нормативните документи, а на фиг 5 общият вид на новия експлозив сенсibiliзиран с вторичен барут ГДА-БМ.



Фиг.5 Общ вид на новия грубодисперсен експлозив сенсibiliзиран с вторичен бездимен барут с марка ГДА -БМ

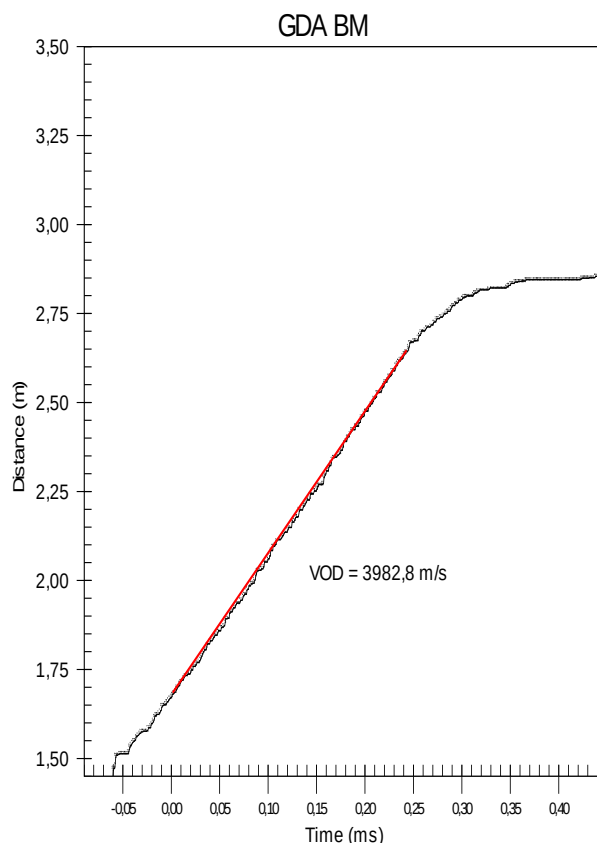
За определяне на един от най-важните параметри на експлозивите за граждански цели – скоростта на детонационния процес са извършени допълнителни изследвания на скоростта на детонация със съвременния комплексен уред МикроТрап.

Таблица 2

Основни параметри на експлозива с марка ГДА - БМ сенсibiliзиран с вторичен бездимен барут

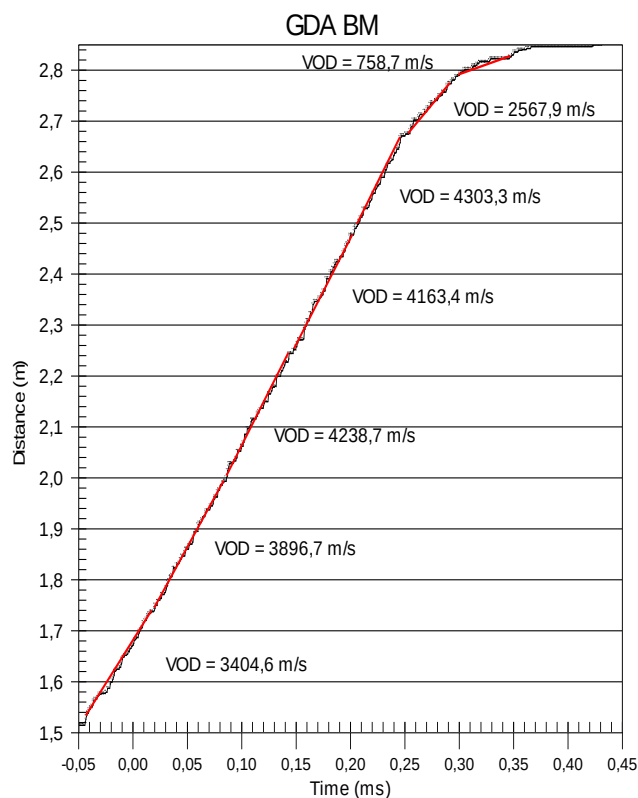
Показатели	Мярка	Стойност
1. Външен вид	-	Хомогенна смес от барут и АС без слепване на частичите
2. Влага и летливи	%	До 1
3. Насипна плътност	kg/m ³	950-1000
4. Химична стабилност	h	Над 48
5. Температурна устойчивост	75±2°C	Липса на реакция
6. Чувствителност към удар	J	10
7. Чувствителност към триене	N	Липса на реакция при 324 N
8. Критичен диаметър в полиетиленов шлаух	mm	80
9. Стабилен диаметър в полиетиленов шлаух	mm	Над 100
10. Оптимален междинен детонатор	g	450g бустер
11. Скорост на детонация	m/s	Над 3600-3700
12. Кислороден баланс	%	Минус 7 -12

На фиг. 6 и фиг. 7 са дадени определените скорости на детонация на експлозива ГДА – БМ сенсibiliзиран само с вторичен бездимен барут на заряди в пластмасов шлаух с диаметър 90 mm, при инициране на зарядите с 450 g лят бустер.



Фиг.6. Средна скорост на детонация на заряд от ГДА-БМ с диаметър 90 mm

Получената средна скорост на открит заряд е 3983 m/s. Детонацията е устойчива без резки колебания и надвишава скоростта на детонация на тротилосъдържащите грубодисперсни амонити.



Фиг.7. Скорост на детонация по дължината на заряд от експлозива ГДА-БМ с диаметър 90 mm в пластмасов шлаух

Използвайки възможностите на уреда Микро Трап са измерени скоростите на детонация на експлозива ГДА-БМ от началото до края на детонационния процес на заряда на отделни негови участъци (фиг.7).

Скоростта на детонация започва от 3405 m/s и се повишава до 4303 m/s в края на заряда. Това показва, че детонацията на експлозива е устойчива и постоянна.

3. Промислени изследвания с новия ГДА-БМ

С новия грубодисперсен амонит сенсibiliзиран с вторичен барут са извършени промислени изпитвания в кариера „Нановица“.

За целта е подготвено взривно поле от 120 броя сондажи със средна дълбочина 8-10 m, сондажна мрежа 3x3 m и диаметър на сондажите 100 mm.

Взривното поле е разделено на две половини, като дясната половина е заредена с новия експлозив ГДА -БМ сенсibiliзиран само с вторичен бездимен барут, а лявата част с грубодисперсия амонит ГДА-ЛМ сенсibiliзиран с тринитротолуол.

От центъра на полето в ляво и дясно са разположени и се взривяват определените закъснителни релета на неелектрическата система.

Експлозивът ГДА-БМ е с минус 9,5 % кислороден баланс в съответствие с новите изследвания за взривната химична реакция, а експлозивът ГДА-ЛМ с минус 1% КБ.

При изпитването се следи за следните ефекти:

- вид на газо-праховия облак на двете части на взривното поле;
- разрушаване и едрина на взривения материал.

На фиг.8 е даден общият вид на взривното поле преди и по време на взривяването, а на фиг. 9 разрушения материал в дясното поле с експлозива ГДА-БМ и в лявата част с експлозива ГДА-ЛМ.

а)



б)



Фиг.8 Вид на взривното поле на кариера „Нановица“:
а – преди взривяването; б – след взривяването, в дясно газопрахов облак от експлозива ГДА-БМ, а в ляво от експлозива ГДА - ЛМ

а)



б)



Фиг.9 Общ вид на разрушения материал:
а- от частта на полето с експлозива ГДА-БМ; б- от частта на полето с експлозива ГДА-ЛМ

От анализа на получените резултати от промислените изследвания се установи следното:

1. Газопраховият облак от дясната част на полето взривено с експлозива ГДА-БМ със сенсibiliзатор вторичен бездимен барут с минус 9,5 % кислороден баланс е очевидно значително по-„чист“ в сравнение с газо-праховия облак получен от стандартния експлозив ГДА-ЛМ с минус 1 % КБ.

2. Отбитият материал от частта на новия експлозив сенсibiliзиран с вторичен бездимен барут е много добре раздробен и фактически е без свръхгабаритни късове (фиг. 9.а). Материалът от лявата част заредена с ГДА-ЛМ е по-едър и с по-голям процент свръхгабаритни късове.

4. Основни изводи и заключения

От извършената работа могат да се направят следните основни изводи:

1. Разработен е и е внедрен в производството и употреба нов съвременен грубодисперсен експлозив сенсibiliзиран изцяло с вторичен бездимен барут вместо вносен тринитротолуол.

2. Новият грубодисперсен експлозив с марка ГДА-БМ е безопасен за производство и употреба и отговаря на изискванията на новите стандарти на Европейския съюз, вече приети и като БДС.

3. Основните взривни параметри на експлозива ГДА-БМ надвишават тези на досега употребяваните грубодисперсни амонити сенсibiliзирани с вносен тринитротолуол.

4. Извършените промишлени експерименти показват, че експлозивът ГДА-БМ има значително по-„чист“ газо-прахов

облак и разрушава отлично и равномерно взривяваната скала.

5. С внедряването на експлозива ГДА-БМ, сенсibiliзиран с вторичен барут получен от делаборацията на ненужни армейски боеприпаси се реализира значителен икономичен, социален и екологичен ефект.

Литература

Митков В., Камбурова Г. Производство на експлозиви от утилизирани боеприпаси, изд. къща МГУ, С. 2007, 225с.
Камбурова Г., Митков В., Лазарова М. Патент „Взривна смес със сенсibiliзатор бездимен барут“ № 109154/11.05.2005, С.

Лазарова М., Камбурова Г., Митков В. Патент за изобретение BG 64822/06.06.2006г. „Взривна смес“ заявено на 04.10.2001г. С.

Камбурова Г., Митков В. „Изследване на чувствителността на удар на вторичните бездимни барути, съгласно новите изисквания на Европейския съюз“, Годишник на МГУ, том 49, С.2006

Камбурова Г., Митков В. „Изследване на топлинната и химична устойчивост на нитроглицериновите и пироксилиновите бездимни барути“, сп. „Експлозив“, бр. С. 2006

Камбурова Г., Митков В. „Изследване на водоустойчивостта на бездимните барути получени от ненужни армейски боеприпаси“, сп. „Експлозив“, бр. 5, С. 2006.

Камбурова Г. Нов характер на формулата за протичане на взривната химична реакция. Годишник на МГУ, т.48, С. 2006.

Препоръчана за публикуване от
Катедра „Открито разработване на полезни изкопаеми и взривни работи“, МТФ

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЗАВИСИМОСТТА МЕЖДУ СКОРОСТТА НА ДЕТОНАЦИЯ И СЪДЪРЖАНИЕТО НА КИСЛОРОД ПРИ ГРУБОДИСПЕРСНИТЕ ЕКСПЛОЗИВИ

Гергана Георгиева Камбурова

Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София

РЕЗЮМЕ. Изследванията на отделящите се газови емисии при взривната химична реакция извършени съгласно новите изисквания на стандартите за граждански цели на ЕС показват, че при балансираните по съдържание на кислород взривни смеси се отделят значителни количества от 20 до 30 l/kg силно токсични оранжеви азотни оксиди, вследствие на частично свързване на въглерода и водорода при взривната реакция. Тези азотни оксиди намаляват до 10-12 l/kg при същите експлозивни с минус 10-12 % кислороден баланс.

За да се изясни влиянието на тези факти върху характера на детонационния процес са извършени серия от изследвания на зависимостта между съдържанието на кислорода (кислороден баланс) и скоростта на детонация. Изследванията в лабораторно-полигонни условия на експлозива АНФО – Л и грубодисперсните амонити показват, че с намаляване на съдържанието на кислород скоростта на детонация расте в сравнение с балансираните състави.

Резултатите от тези изследвания ще се използват при преработването на допуснатите до употреба експлозивни за граждански цели с цел минимизиране отделянето на токсични газове в изпълнение на Директива 93/15 и завишаване на взривните параметри на експлозивите.

RESEARCH OF THE DEPENDENCE BETWEEN THE DETONATION VELOCITY AND THE CONTENT OF OXYGEN AT ROUGHLY DISPERSED EXPLOSIVES

Gergana Georgieva Kamburova

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700; minenergo@yahoo.com

ABSTRACT. The examination of the gas emissions released during a blasting chemical reaction performed according to the new requirements of the EC standards for civil use showed that the explosive mixtures with a balanced content of oxygen release considerable quantities, from 20 to 30 l/kg, highly toxic orange nitrogen oxides as a result of the partial reaction between carbon and hydrogen. These oxides drop to 10-12 l/kg in case of the same explosives with an oxygen balance - minus 10-12%.

In order to clarify the influence of these facts over the character of detonation process, a series of examinations of the dependence between the content of oxygen (oxygen balance) and detonation velocity were performed. The examinations of the explosive ANFO and roughly dispersed ammonites in laboratory conditions, show that the decrease in the oxygen content to the increase in the detonation velocity in comparison with balanced compositions.

The results of this research will be used for the revision of explosives for civil use with the aim of minimizing the release of toxic gases according to the Directive 93/15 and improving the blasting parameters of explosives scanning. The new formula of the blasting reaction will find an application for the creation and the evaluation of new contemporary explosives for civil use.

Въведение

Взривното явление може да се разглежда, като своеобразна машина, в която потенциалната химична реакция на взривната смес се превръща в топлинна енергия, а в последствие в механична работа, която се извършва от отделените се с висока температура до 4500 °C и с голямо налягане до 20MPa газови продукти на взрива в процеса на тяхното разширяване. Тази обща характеристика на взривното явление се отнася за всички експлозивни, като в зависимост от техния вид и тип налягането и температурата на газовите продукти, както и техния състав се променя в определени граници

В средата на 18-ти век руския изследовател Хес е предложил метод за определяне на топлинния ефект на химичните реакции, основавайки се на първия закон на термодинамиката, според който „изменението на вътрешната енергия или топлосъдържанието на една

изолирана система се явява еднозначна функция на параметрите на състоянието на системата". По този закон сумарният топлинен ефект на няколко последователни химични реакции не зависи от пътя на превръщането на изходните вещества в крайните продукти, а се определя само от началното и крайното състояние на системата.

Общият топлинен ефект е равен на алгебричната сума от топлинните ефекти на промеждутъчните реакции.

Прилагайки закона на Хес към реакцията на взривното химично превръщане, може да се счита, че самото взривно вещество се явява някакъв промеждутъчен продукт на реакция между химични елементи влизащи в неговия състав, а крайното състояние на системата се явяват по термодинамично устойчивите газообразни продукти от взрива

Топлината на образуване се явява достатъчно точна константа на веществата. Основният проблем при разчетите, обаче се явява определянето на истинския

състав на продуктите на взрива към момента на завършване на процеса на тяхното разширяване или на всеки друг стадии, при който се определя топлинният ефект на взрива. Крайният състав на продуктите на взрива не е идентичен с началния. Това се отнася както за механичните взривни смеси, така и за чистите взривни химични съединения

От казаното до тук следва, че реалната топлина на взрива, която може да бъде експериментално определена, разчетена или реализирана е непостоянна величина. Тя зависи от това до каква степен на разширяването на газовете ще се изпълняват измерванията или разчетите. Затова при разчета на топлината на взрива е необходимо да се определя някое крайно състояние на продуктите на взрива, отговарящо на момента на завършване получаването на топлинната енергия на продуктите от взрива.

1. Досегашни разбирания за протичането на взривната химична реакция

Обезпечеността на експлозивите с кислород характеризира кислородния баланс на взривното вещество (КБ) или кислородния коефициент α_k , които в относителни величини изразяват излишък или недостиг на кислород за пълното окисление на горящите елементи до тяхните висши оксиди.

Известно е, че в зависимост от съдържанието на кислород експлозивите се делят на (Лазаров, 1988)

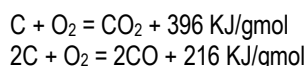
- експлозивни с нулев кислороден баланс, при които кислородът е точно толкова, колкото е необходим за изгарянето на въглерода и водорода до висши оксиди (CO_2 и H_2O);

- експлозивни с отрицателен кислороден баланс са взривните вещества, при които кислородът не достига за пълното окисляване на горящите елементи;

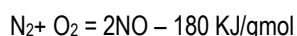
- и експлозивни с положителен кислороден баланс, при които наличният кислород е в повече от необходимото за окисляване на горящите елементи до висши оксиди.

Общозвестно е разбирането, че при взривяване на експлозивни с нулев кислороден баланс, взривната химична реакция протича най-пълно с максимално окисляване на въглерода и водорода, като се отделя възможно най-голямото количество топлина.

При взривяване на експлозивни с недостиг на кислород (отрицателен КБ) въглеродът се окислява до въглероден монооксид (CO) вместо до въглероден диоксид (CO_2), при което се отделя значително по малка топлина



При взривяване на експлозивни с излишък на кислород се получават силно токсичните азотни (нитрозни) оксиди, при което се поглъща топлина - реакцията е ендотермична



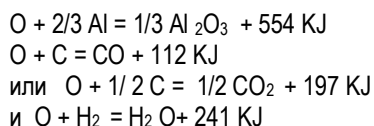
Трябва да се отбележи, че това тълкуване по принцип е общоприето от различни автори с извесни нюанси за протичане на взривната химична реакция.

Въпросът за влиянието на кислородния баланс за отделянето на токсичните газови продукти е разгледан по-нататък.

Според Дубнов, ако кислородният баланс е нулев или положителен то максималната топлина Q_{max} се определя, като се изхожда, от образуването на висшите оксиди на всички горящи елементи съдържащи се в състава на ВВ.

Ако кислородният баланс е отрицателен и кислородът не достига за образуването на висшите оксиди на всички елементи, то за определяне на Q_{max} трябва да се намерят тези реакции, които стават с най-голямо отделяне на топлина в разчет на един атом кислород. (Дубнов и др.)

Ако в състава на експлозива се съдържат горимите елементи въглерод, водород и алуминий, то топлинният ефект от възможните реакции при тяхните окисления към един грам атом кислород са следните:



Приведените значения на топлинните ефекти показват, че при недостиг на кислород в състава на взривното вещество, за получаването на Q_{max} , кислородът трябва последователно да се изразходва за окислението на алуминия до Al_2O_3 , след това водородът до вода и въглеродът до въглероден монооксид. Останалото количество горящи елементи трябва да се отделят в свободен вид, т.е. във вид на молекулярен водород и твърд въглерод.

От извършените проучвания се установи, че преобладаващото становище на специалистите до сега е, че при наличие на достатъчен кислород при взривните вещества (нулев или положителен кислороден баланс) следва да се образуват висшите оксиди – въглероден диоксид и водни пари. От направените експериментални определения на отделящите се токсични газове, както в чужбина, така и у нас се установи следното (Лазаров 1988):

а) При взривяване на всички промишлени взривни вещества се образуват винаги определени количества токсични газове, както при нулевия така и при отрицателния и положителния кислороден баланс на взривните смеси. При достатъчен кислород в състава се получават, както висши оксиди така и въглероден монооксид. В процеса на детонацията част от азота, който би следвало да се отдели в свободно състояние се свързва с кислород от взривната смес независимо от кислородния баланс. Общозвестен е фактът, че колкото кислородният баланс става по положителен, т.е. има наличие на свободен кислород, толкова количеството на азотните оксиди става по голямо. Обратната тенденция се отбелязва при отделянето на въглероден монооксид.

Колкото кислородният баланс става по отрицателен, т.е. кислородът става по недостатъчен за образуване на висши оксиди, толкова количеството на отделящия се въглероден монооксид се увеличава.

б) Измерените и определени количества токсични газове, при всички взривни химични реакции показват, че количеството на въглеродния монооксид е винаги по голямо от количеството на образувалите се азотни оксиди. Това се отнася, както за нулевия, така и за положителния и отрицателния кислородни баланси.

в) Преобладаващото становище на изследователите е, че при работа с балансиран взривни вещества, т.е. кислородният баланс е около нулата, се отделят сумарно най-малко токсични газове. Това се отнася както за аритметичната сума на въглеродния монооксид и азотните оксиди, така и за преизчисления условен въглероден монооксид.

Трябва да се отбележи, че в ПБТВР (1997) действащ в нашата страна се препоръчва промишлените взривни работи да се извършват с балансиран взривни вещества.

2. Нови изследвания за характера на взривната химична реакция

В изпълнение на изискванията на Директива 93/15 ЕЕС на Съвета на Европа през 2002г. е разработен и приет нов стандарт EN 13631-16 за установяване и измерване на газовите емисии при взривната химична реакция. Въз основа на новите изисквания на тези европейски нормативни документи в нашата страна са извършени комплексни нови изследвания на отделящите се газови емисии при взривната химична реакция. За целта е разработена нова методика, нови изпитателни устройства и са определени нови съвременни апаратури за изследване на взривните газови емисии в това число токсичните CO, NO и NO₂.

Използвайки идеята на проф. Лазаров, че при екстремното състояние на средата при взривното химично превръщане, могат да се образуват и значителни количества други продукти и по специално различни въглеводороди и амоняк, се възприе при новите изследвания да се измерват и сумарните въглеводороди C_xH_y. Този подход е различен от Европейския стандарт, но резултатите само биха обогатили представите ни за реалния характер за протичане на взривната химична реакция. (Камбурова, 2004).

В резултат на тези нови изследвания извършени у нас по изискванията на Европейския съюз и новите световни тенденции са установени съвършено нови факти (Камбурова, 2005).

На таблица 1 са дадени обобщените резултати за отделящите се газови емисии от взрива на тротилосъдържащите грубодисперсни амонити с марки ГДА 70/30, ГДА - ЛМ и ГДА 79/21.

Получените средни резултати за отделящите се газови емисии при взрива на различни марки тротилосъдържащи грубодисперсни амонити, показват една явна тенденция за рязко намаляване на отделящите се азотни оксиди при различните марки експлозиви. Така сумарните азотни оксиди - NO_x отделящи се от експлозива с марка ГДА 79/21, с нулев кислороден баланс, са 28,69 l/kg BB.

Таблица 1

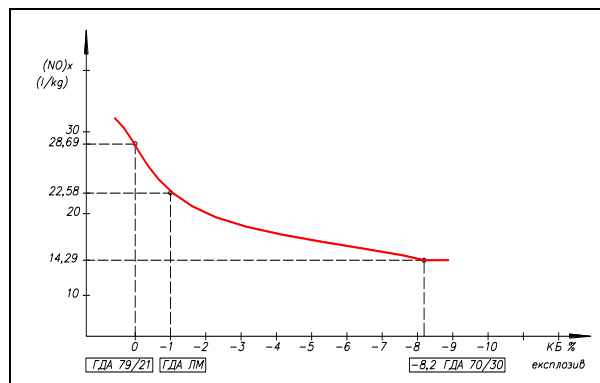
Обобщени резултати за отделящите се газови емисии от тротилосъдържащи грубодисперсни амонити – ГДА 70/30, ГДА-ЛМ и ГДА 79/21

№	Експлозив, марка, крит. диаметър, кислороден баланс	Газови емисии, l/kg BB					
		CO ₂	CO	NO _x	C _x H _y	Σ CO+NO _x	Усл. CO
1.	ГДА 70/30, d _{кр} - 80mm, КБ минус 8,2%	95	11,0	14,3	59	25,3	104
2.	ГДА ЛМ, d _{кр} - 80mm, КБ минус 1%	142	17,3	22,6	42	39,9	164
3.	ГДА 79/21, d _{кр} - 80mm, КБ – нула%	85	13,8	28,7	59	42,5	200

Тези оксиди бързо намаляват с промяна на кислородния баланс към минус, за да достигнат до 14,29 l/kg BB, при ГДА 70/30 с минус 8,2 % КБ.

Тази ясна тенденция е особено важна, като се има предвид значително по голямата токсичност на нитрозните оксиди в сравнение с въглеродния монооксид.

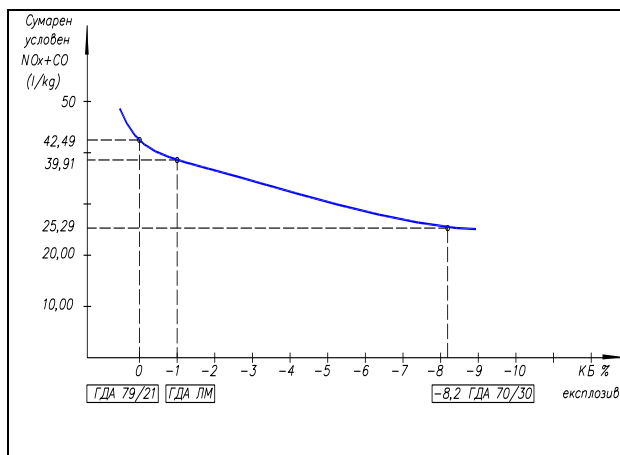
На фиг.1 е дадена зависимостта между отделящите се сумарни азотни оксиди - NO_x и кислородният баланс на изследваните експлозиви с марка ГДА.



Фиг.1. Зависимост между отделящите се сумарни азотни оксиди – NO_x и кислородният баланс на различните видове тротилосъдържащи грубодисперсни амонити

Подобни резултати се наблюдават и при общото количество токсични газови емисии, които се отделят от различните видове грубодисперсни тротилосъдържащи експлозиви, съгласно изискванията на новия Европейски стандарт. Така при ГДА 79/21 се отделят 42,49 l/kg BB токсични газове, които намаляват до 25,29 l/kg BB при ГДА 70/30 с минус 8,2% кислороден баланс.

На фиг 2 е дадена зависимостта между общото количество токсични газове CO+NO_x и кислородният баланс на експлозивите с марка ГДА.



Фиг.2. Зависимост между общото количество отделящи се токсични газове NO_x+CO и кислородният баланс на изследваните експлозиви

Интересни резултати се получават при разглеждане на зависимостта между определения Условен CO в l/kg ВВ на отделните видове тротилосъдържащи грубодисперсни амонити с марка ГДА и кислородният баланс.

Така при Условен CO от 200 l/kg ВВ отделящ се от ГДА 79/21 с нулев кислороден баланс, се достига до почти два пъти по малък Условен CO – 104 l/kg ВВ при минус 8,2 % КБ за ГДА 70/30.

Трябва да се отбележи, че подобни изследвания, съгласно новите изисквания на Европейския съюз и световните тенденции, за поредица от тротилосъдържащи грубодисперсни амонити се извършват за първи път. Установените зависимости са съвършено нови и същите ще имат голямо отражение върху бъдещото проектиране, създаване, производство и употреба на най-използваните у нас експлозиви за работа в откритите рудници и кариери.

Резултатите от новите изследвания на тротилосъдържащите грубодисперсни амонити от вида ГДА показват съществуването на още един много важен факт. И при трите марки изследвани грубодисперсни експлозиви се отделят значителни количества сумарни въглеродороди C_xH_y от 42 до 59 l/kg ВВ, т.е. около количеството на сумата от отделящите се токсични газове NO_x +CO.

Този нов факт явно е свързан с установената зависимост между токсичните газове и кислородния баланс и минимизирането им при около минус 8% КБ. Влиянието на тези нови факти върху характера на взривното химично превръщане ще бъде разгледан по нататък в настоящата работа.

Подобни резултати се получават и при изследването на нафтоселитрените експлозиви. Така при експлозива АНФО с нулев КБ, изработен с порьозна амониева селитра внос от Румъния, се отделя също голямо количество сумарни азотни оксиди от порядъка на 21l/kg, както и значително количество сумарни въглеродороди C_xH_y-80l/kg.

За промишлена проверка на получените нови резултати са разработени видоизменени проби от грубодисперсия

амонит ГДА – ЛМ и АНФО – Л, като същите са разработени с отрицателен до минус 7 – 7,5 % кислороден баланс.

С тези видоизменени по кислороден баланс експлозиви са извършени взривявания в промишлени условия.

С експлозива АНФО – Л взривяванията са извършени в кариера Студена, като в едно взривно поле с 50 ms закъснение са взривени два участъка с по 3 тона АНФО –Л. В първия участък експлозивът е с нулев КБ, а във втория участък е с минус 7 % КБ.

На фиг.3 е даден визуален качествен ефект от взривяването на двата участъка с един и същ експлозив, но с нулев и минус 7% КБ. В лявата страна е праховъздушният облак от ВВ АНФО - Л с нулев КБ, а от дясната страна същият експлозив с минус 7% КБ



Фиг.3. Визуален ефект на газопраховите облаци при взривяване на ВВ АНФО - Л с нулев КБ в лявия участък и с минус 7 % КБ в десния участък в кариера "Студена"

С преработения грубодисперсен експлозив ГДА -ЛМ са извършени промишлени изследвания в кариера "Клокотница" на А и Б АД, Хасково. От промишлените изпитвания се установи, че газо-праховият облак от полето с ГДА - ЛМ с минус 7,5 % КБ е значително по – чист от полето с около нулевия КБ, т.с. резултатите са идентични с резултатите получени в кариера "Студена".

Резултатите от извършените нови изследвания, по нова методика, за образуващите се газови емисии при взривната химична реакция е твърде различна от досегашните класически разбирания. В газовите емисии при взривната химична реакция, при всички видове от изследваните експлозиви, се появява голяма група сумарни въглеродороди C_xH_y. При екстремните условия на взривната химична реакция, голямо налягане до 20МПа и висока температура до 4500°С, вследствие на някои екзотермични процеси част от въглерода и водорода не изгарят до CO₂ и H₂O, а се свързват помежду си.

Ако приемем, че дадена взривна смес е с нулев кислороден баланс, т.е. кислородът е точно толкова колкото е необходим да се окисли целият въглерод до CO₂ и целият водород до H₂O, в случай, че част от въглерода и част от водорода се свържат по между си в сумарни въглеродороди C_xH_y, то остава определено количество свободен кислород O₂, който при високата температура и

налягане се свързва с наличния в сместта азот N_2 , като се образуват в повече сумарни азотни оксиди NO_x .

В този случай, така наречените балансирани ВВ, дефакто стават дебалансиранни, т.е. с определен излишък на кислород, при което фактически те стават с положителен кислороден баланс.

Фактическият положителният КБ на тези взривни смеси е толкова по-голям, колкото е по-голямо количеството на образуващите се сумарни въглеродороди C_xH_y .

Съвсем логичен изводът, че за да се осъществи взривното химично превръщане при балансирано съдържание на кислород, е необходимо първоначалния състав на взривната смес да бъде с определен отрицателен кислороден баланс, примерно от порядъка на минус 7 – 9%. (Камбурова, 2006).

В този случай взривната реакция ще бъде най-пълна, което следва да се отрази положително на взривните параметри на експлозива.

3. Изследване на скоростта на детонация в зависимост от кислородния баланс.

Полученият нов характер на взривната химична реакция дава основание да се очаква взаимовръзка между кислородния баланс и скоростта на детонация.

За установяване на тази зависимост са извършени изследвания с двата от най – употребявани грубодисперсни експлозиви за открити взривни работи ГДА – ЛМ и АНФО- Л разработени с различен кислороден баланс.

Изследването на един от най- важните параметри на експлозивите за граждански цели – скоростта на детонационния процес се извърши съгласно изискванията на новия стандарт на ЕС, който е вече и БДС EN 13631-14 2003.

Използува се известната зависимост

$$s = v \cdot t \text{ или } v = \frac{s}{t},$$

при което при определено разстояние между датчиците s се измерва времето t за преминаване на детонацията и се изчислява скоростта в m/s.

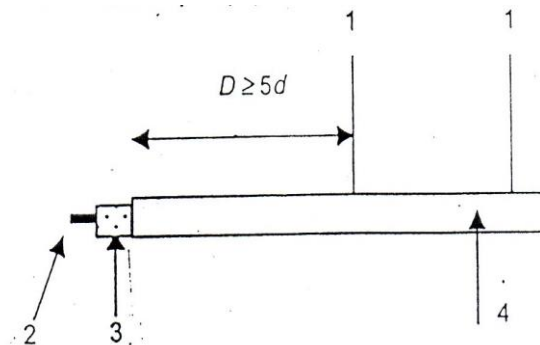
Съгласно стандарта на ЕС, разстоянието s между чувствителни елементи (датчици) трябва да бъде минимум от 10mm.

Използуват се различни чувствителни елементи, като оптични нишки, контактни датчици свързани на късо, йонизационни или пиезоелектрически щифтове и др.

При изследване на грубодисперсни експлозиви за първоначално инициране се използват бустери, които се иницират с детонатор.

На фиг.4 е показана принципна схема за изпитване с междинен детонатор, поставен в единия край и чувствителни елементи (датчици) в другия.

В случай на патрони, които са захванати със скоби, крайната част на патрона трябва да се отреже, за да се оформи плоска повърхност и е поставен бустер (например чрез залепваща се лента).



фиг. 4 Принципна схема за изпитване с инициране чрез бустер:
D – разстояние между края на бустера и първия чувствителен елемент;
d – диаметър на взривното вещество, което се изпитва; 1 – чувствителни елементи (датчици); 2 – детонатор; 3 – бустер; 4 – експлозив, който се изпитва.

В новия европейски стандарт експлозивите се изпитват в собствената си обвивка, както се пускат на пазара от производителя, като при неустойчива детонация зарядите се поставят в стоманени тръби. Размерите на стоманените тръби трябва да бъдат в съответствие с ISO 4200:1991. Препоръчителните размери по EN 1631-14 са дадени в табл. 2..

Таблица 2.
Размери на стоманени тръби

Вътрешен диаметър (mm)	Дебелина на стената (mm)
17,3	2,0
22,9	2,0
29,1	2,3
37,2	2,6
43,1	2,6
54,5	2,9
70,3	2,9
82,5	3,2
107,1	3,6
131,7	4,0
159,3	4,5
206,5	6,3
260,4	6,3
309,7	7,1

Скоростта на детонационния процес е изследвана с апарат Експломет – 2000, Швейцария, като при зададено разстояние между датчиците на дисплея се получава скоростта на детонация в m/s. Пробите от двата типа грубодисперсни експлозиви се изпитват в полиетиленов шлах с диаметър 140 mm.

Изпитването за скоростта на детонация на грубодисперсния нафтоселитрен експлозив с марка АНФО- Л са

извършени с +3,5% КБ, с нулев и с минус 7,0 % КБ. Пробата е изработена от 100% оситнена водоустойчива амониева селитра, тип ЖВК.

Изпитването за скоростта на детонация на грубодисперсния експлозив с марка ГДА - ЛМ са извършени при +4% КБ, при +2% КБ, при "0"% КБ и при минус 7,5% КБ. Използва се оситнена водоустойчива амониева селитра, тип ЖВК.

На табл. 3 и фиг. 5 и 6 са дадени получените резултати за скоростта на детонация в зависимост от кислородния баланс на АНФО- Л и ГДА-ЛМ.

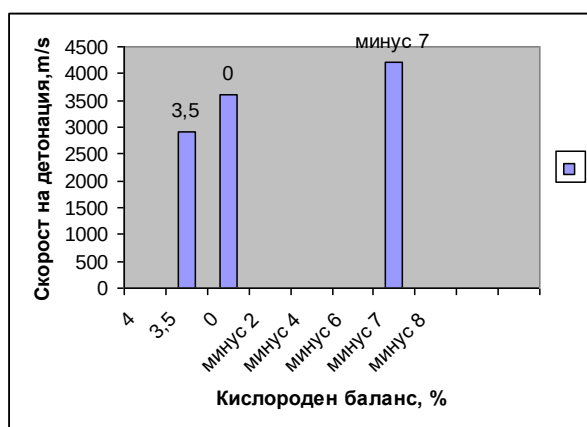
Таблица 3

Скорост на детонация на грубодисперсните експлозиви ГДА- ЛМ и АНФО- Л в зависимост от кислородния им баланс

Кислороден баланс, %	Скорост на детонация, m/s	
	За ГДА ЛМ	За АНФО Л
4,0	3000	-
3,5	-	2900
2,0	3500	-
0	4000	3600
Минус 7,0	-	4200
Минус 7,5	4500	-

Получените резултати потвърждават направените изводи, като скоростта на детонация на експлозива ГДА-ЛМ от 3000m/s при +4% КБ се увеличава на 4500m/s при минус 7,5% КБ. В случая се очертава оптимален кислороден баланс за този тип експлозив от минус 7,5 – 9,5%.

За експлозива АНФО-Л скоростта на детонация от 2900 m/s при +3,5%КБ се увеличава на 4300 m/s при минус 7,0% кислороден баланс.



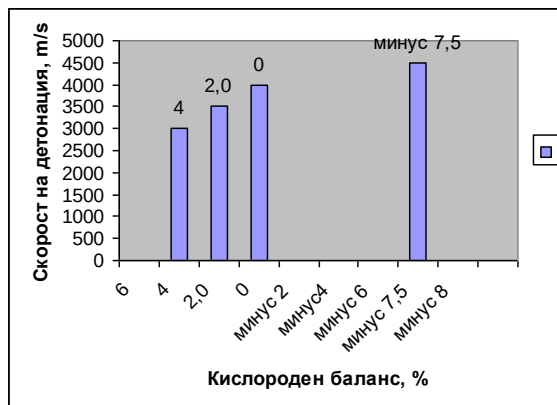
Фиг.5. Зависимост между скоростта на детонация и кислородният баланс на нафтоселитрения експлозив АНФО- Л.

5. Основни изводи

От извършената работа могат да се направят следните основни изводи:

1. Досегашните разбирания за протичане на взривната химична реакция се основават на това, че най – пълна

реакция с отделянето на максимална топлина от взрива, а от там и с най добри взривни параметри се получава при балансирани експлозиви с нулев и около нулевия кислороден баланс.



Фиг.6 Зависимост между скоростта на детонация и кислородният баланс на грубодисперсния тротилосъдържащ експлозив ГДА -ЛМ

2. Новите изследвания за протичане на взривната химична реакция показват, че при екстремалните условия на взрива се получават определено количество въглеводороди вследствие на свързването на част от въглерода и водорода помежду им. Вследствие на това балансирани експлозиви дефакто стават дебалансиранни с определен излишък на кислород, вследствие на което например, при грубодисперсните експлозиви ГДА –ЛМ и АНФО Л се образуват значителни до 21 -29 l/kg силно токсични оксиди.

3. Вследствие на установения различен характер на взривното химично превръщане при експлозиви с нулев кислороден баланс вследствие с отделянето на сумарни въглеводороди и по- голямо количество на азотни оксиди с поглъщане на топлина се намалява енергията на експлозивите.

4.Извършените изследвания за влиянието на кислородния баланс върху скоростта на детонация на експлозивите ГДА-ЛМ и АНФО -Л след тяхната преработка показват, че при работа с кислороден баланс от порядъка на минус 7-7,5% скоростта на детонация се повишава с до 50% в сравнение със скоростта на детонация на същите експлозиви с 3,5-4% положителен КБ.

5.Извършените изследвания потвърждават извода, че вследствие на образуването на определено количество въглеводороди най- малко токсични газове и по-добри енергетични и взривни параметри се получават при експлозиви с определен за всеки конкретен случай отрицателен кислороден баланс.

Литература

Лазаров Сл.Б. Взривни работи – С., Техника, 1988.
Дубнов Л.В.,Бухаревич Н. С., Романов А. И. Промышленные взрывчатых вещества, М., Недра, 1988.

Правилник по безопасността на труда при взривните работи – С., Техника, 1997.

Европейска Директива 93/15 ЕЕС от 15 април 1993 г. за хармонизиране на изискванията за продажба и контрол на експлозивите за граждански цели БДС EN 13631 – 16 „Експлозиви за граждански цели – част 16 Установяване и измерване на токсичните газове.

Kamburova G. New researches on the toxic gases emitted during blasting from chemical reactions according to the new requirements of the European Community European.

Камбурова Г. Нови методи за определяне на токсичните газове отделящи се при взривната химическа реакция, сп.Експлозив- СВИБ, бр. 1, С. 2004.

Камбурова Г. Норми за отделящите се токсични газове при промишлени взривни работи, сп. Експлозив - СВИБ, бр. 4, С. 2006.

БДС EN 13631-14:2003 Метод за определяне на скоростта на детонация.

Federation of Explosives Engineers, Word Conference Explosives and blasting, Brighton U.K., 2005.

Препоръчана за публикуване от
Катедра “Открито разработване на полезни изкопаеми и взривни работи”, МТФ

АМОНИЕВ ДИНИТРОАМИД – ПЕРСПЕКТИВЕН ЕНЕРГИЕН ОКИСЛИТЕЛ ЗА ЕКСПЛОЗИВИ

Ради Ганев

Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София

РЕЗЮМЕ. В доклада се извършва анализ на перспективното взривно вещество амониев динитроамид (АДН), неговото получаване, свойства и взривни характеристики, на този етап успешно използван за военни цели. С помощта на термодинамични изчисления е извършено теоретично изследване и сравнение на матрици с участие на амониев нитрат (АН) и АДН. Показана е по-високата скорост на детонация от 700m/s за матрицата с АДН спрямо АН, при относително равни плътности. Сравнявайки взривните параметри на двете матрици, може да се прогнозира по-добри детонационни показатели при замяна на АН с АДН.

AMMONIUMDINITROAMID - LONG-TERM ENERGY OXIDIZING AGENT FOR EXPLOSIVES

Rady Ganey

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, Bulgaria

ABSTRACT. The analysis to the perspective explosive ammoniumdinitroamid (ADN) is being done in the report, his obtainment, the properties and the blast characteristics in this phase successfully used for military goals. Theoretically study and comparison of the matrices with ammonium nitrate (AN) and ADN content is performed by means of thermodynamic calculations. The higher pace of the detonation from 700 m/s for the matrix with ADN compared to AN, at the relatively like densities is showed. Correlating the blast parameters of the two matrices the better detonative indicators at the return of AN by ADN can be predicted.

Въведение

Получаването на нови окислителни за взривни композиции, както за военни, така и за превъзхождащи по ефективност съществуващи заряди с АН, е основна изследователска задача за решаване. Това се налага от тенденцията за увеличаване на обема на взривните работи. Проектираните експлозиви е необходимо да притежават по-добри комплексни показатели, което поражда сложни проблеми за преодоляване в синтеза на енергийни вещества.

Въпреки постиженията в началото на периода 1960-1970 години в областта на синтеза на полинитропроизводни, не са създадени съединения с необходимите термична и химична стабилности (Geode P., Swedish Military Technology, 2, 2005).

Без да се омаловажават свойствата на композиции с АН, основен тяхен недостатък остава относително ниската им мощност, непозволяваща да се прилагат при разрушаване на земна маса с по-висока твърдост. Избягване на посочения недостатък се постига чрез повишаване на енергоносителите за сметка на въвеждане на перспективни компоненти. За такъв енергиен окислител се предлага АДН, както и обсъждането на неговите свойства (Mathieu, J. H. Stucki, Schweizerische Chemische Gesellschaft, Chimia, 58, 6, 2004).

I. Амониев динитроамид

1.1. Получаване

Формулата на АДН е $\text{NH}_4\text{N}(\text{NO}_2)_2$ и е синтезиран за първи път в периода 1970 - 1980 години, а първите патенти са регистрирани през 1992 година. Известни са шест практически метода за синтез, но от тях само два имат промишлено приложение:

Уретанов синтез: Този метод протича на четири етапа с около 60% добив на АДН. Изпълнението му не е трудно и количеството на отпадните продукти е сравнително малко. Характерно за метода, е че позволява отработения уретан да се пречисти и рециклира (Лукьянов, О.А., Известия Академия наук, серия химическая, 1, 1994).

Нитриране на сулфаминова киселина: Нитрацията се провежда в отсъствие на органични разтворители, но в силно кисела среда. Синтеза завършва с етап на пречистване на АДН чрез прекристализация. За да се използва добива по предназначение е наложително смилане на кристалите до необходимите размери и стабилизирането им (U.S. Patent 5 198 204 /1993).

1.2. Свойства и взривни характеристики

АДН представлява бели хигроскопични кристали, добре разтворими в вода, спиртове, ацетон, ацетонитрил. Неразтворим в бензол и етер. Може да се разлага под действие на светлината.

Чувствителността му към удар е 310mm /2kg за кристален прах и 590mm /2kg за микрогранули с 50% вероятност за взрив. Малко чувствителен към триене. Температура на възпламеняване 92°C. При нагряване до 130-135°C е възможно самоускорителна реакция, която да прерасне във взрив. В качество на стабилизатор при термична деструкция се използва уротропин или производни на пиридин, триазин. При тези условия температурата на възпламеняване е 160°C. Топлина на образуване 135kJ/mol. Плътност 1840kg/m³.

Скоростта на детонация е 5260m/s при заряд в тръба с d = 40mm и 5013m/s при заряд в тръба с d = 25mm. Възможно е да се преработва чрез леене, като се постига плътност 1540kg/m³, а във вакуум 1670kg/m³. Критичен диаметър на пресоване 10-25mm. АДН притежава кислороден баланс 25,8%, спрямо 20% на АН.

II. Теоретични изследвания на взривни матрици от АН и АДН

Теоретичните изследвания на детонацията са извършени с помощта на уравнения за газова фаза на продуктите от взрива, описани в уравненията на Бекер-Кистяковски-Wilson със съответните коефициенти (S.A.Gubin, S.A et all Publisher:Springer New York , 1987, и Odintsov, V.V., V.I.Pepekin, Propellants, Explosives, Pyrotechnics, 2004). АН и АДН матриците са показани в таблица 1.

Таблица 1.

Състав на взривни композиции с АН и АДН

№	Компоненти	Състав, %
1.	NH ₄ NO ₃ (АН) или NH ₄ N(NO ₂) ₂ (АДН)	77
2.	H ₂ O (вода)	16
3.	(CH ₂) _n (наситени въглеводороди)	7

В таблица 2 са представени, както началните данни необходими за термодинамичните пресмятания, така и получените параметри на детонационните процеси за взривните матрици на АН и АДН.

Таблица 2.

Сравнителни данни на взривните характеристики на матрици на АН и АДН

Матрица	ρ kg/m ³	Q kJ/kg	D m/s	p GPa	T° K	D _p m/s
АН	1315	- 6205	6613	13,95	1781	1559
АДН	1389	- 3517	7329	18,47	2530	1817

където:

ρ – начална плътност;

Q – начална енталпия;

D – скорост на детонация;

p – налягане;

T° - температура;

D_p – скорост на продуктите от взрива.

От Таблица 2 се забелязва по-високата скорост на детонация, D = 700 m/s за матрицата за АДН спрямо АН, при относително равни плътности. Налягането 18,47GPa за АДН е значително по-голямо от налягането 13,95GPa

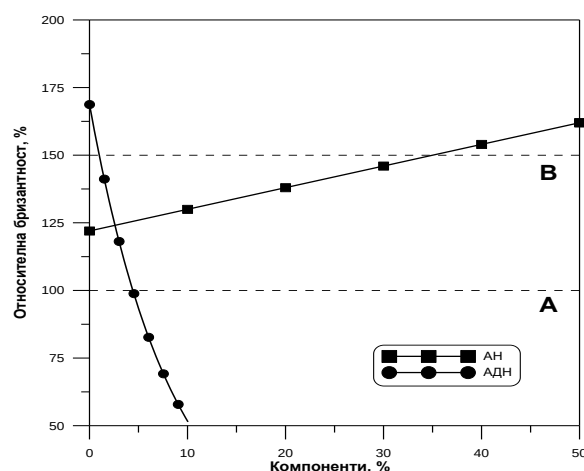
на АН. Това се обяснява с по-високата температура на продуктите от взрива.

Сравнявайки взривните параметри, е възможно да се прогнозира подобрени детонационни характеристики при замяна на АН с АДН в нова взривна композиция.

За оценка на бризантното действие обикновено се приема налягането на ударната вълна, генерирана в околната среда на заряда при нейното взаимодействие с продуктите от взрива. Истинско разрушение протича под действие на натиска на ударната вълна, ако налягането превъзхожда критическото значение на налягането за дадения вид среда. От това следва, че колкото е по-голяма скоростта и налягането на детонация, то ще се образува по-мощна ударна вълна в земната маса.

При нов експлозив, както е матрицата с АДН, по-удобно за сравнение е да се приложи отношението на налягането на ударната вълна генерирана в околната среда от продуктите на взрива към ударната вълна на еталонно взривно вещество. За такива еталонни вещества са избрани композицията с АН и тротил с плътност 1640 kg/m³.

Този подход позволява да се разположат взривните вещества в ред по относително бризантно действие. Стойността за 100% съответства на еталонната композиция с АН, а на 150% за тротил. Редът е показан на фиг.1.



фиг.1. Зависимост на относителната бризантност от компонентите във взривни матрици от АН и АДН
- А - еталонно взривно вещество – композиция от АН
- В - еталонно взривно вещество – тротил с ρ=1640 kg/m³

От фиг. 1 се проследява бризантното действие на композициите с АН и АДН, като получените величини за тях имат строг физичен смисъл.

Анализът показва, че матрица на АН с 35-36% енергиен компонент, превъзхожда тази на тротила. Съставът на АДН и без добавки има по-голяма бризантност от еталонния тротил. Известно, е че недостатък на смеси с АН е недостатъчното бризантно действие. На графиките е показано, че замяна на АН с АДН позволява да се повиши бризантното действие с 50-60% на новия експлозив.

Заклучение

Положителният показател, като повишената мощност на АДН, който се прилага за военни изделия, не може да конкурира експлозивите с АН на този етап, разгледан в контекста на мащабите на производство, суровини, икономика.

Въпреки горната констатация съществуват успешни опити от няколко държави за приложение на АДН при специални взривявания, когато мощността на взрива е от съществено значение. Затова е необходимо да се обърне внимание на бризантното действие на АДН композиции при използването му за взривни работи в минната промишленост и строителството.

Не на последно място АДН може да се прилага и от екологична гледна точка, като заменя бризантните взривни

вещества от групите на ароматните нитросъединения и нитроамини.

Литература

- Geode, P. Swedish Military Technology, 2, 2005, 18-23.
Gubin, S.A., V.V.Odintsov and V.I.Pepekin, Combustion, Explosion and Shock Waves, Publisher:Springer New York, 23, 4, 7, 1987, 446-454.
Лукьянов, О.А. В.П.Горелик, В.А. Тартаковский, Известия Академия наук, серия химическая, 1, 1994, 94-97.
Mathieu, J., H. Stucki, Schweizerische Chemische Gesellschaft, Chimia, 58, 6, 2004, 383-389.
Odintsov, V.V.q and V.I.Pepekin, Propellants, Explosives, Pyrotechnics, 21, 6, 2004, 295-302.
U.S. Patent 5 198 204 /1993

Рецензент доц. д-р Бочко Куцаров

ПРЕДВАРИТЕЛНО ЗАДАДЕНИ НИВА НА РИСКОВА ЗНАЧИМОСТ ЗА СЪЗДАВАНЕ ВЪЗМОЖНОСТ ЗА АНАЛИЗ, ОЦЕНКА И СВОЕВРЕМЕННО ПРОЕКТНО УПРАВЛЕНИЕ НА РИСКА ПРИ ВЗРИВНИ ВЪЗДЕЙСТВИЯ

Христо Стоев

Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски“, 1700 София

РЕЗЮМЕ. В настоящата публикация се изяснява необходимостта от допълване и разширяване на принципно познати теоретични постановки в областта на риска, изразяващи предимно качествената страна на проблема. В предвид специфичната същност на взривното събитие, изискващо включване на информационни единици, конкретизиращи и обобщаващи информационни масиви от реализирани взривни въздействия се цели да се създаде предпоставка за извличане на оценъчни зависимости. Тяхното обвързване в подходящ модел и чрез числени експерименти се постига възможност за управление на резултативните стойности на променливи параметри, обуславящи предварително зададеното рисково ниво.

PREVIOUSLY ASSIGNED LEVELS OF RISK SIGNIFICANCE FOR CREATING POSSIBILITY OF ANALYSIS, EVALUATION AND DULY PROJECT MANAGEMENT OF THE RISK AT EXPLOSIVE IMPACTS

Hristo Stoev

University of Mining and Geology „St. Ivan Rilski“, 1700 Sofia

ABSTRACT. In the following research the need of supplement and expansion of principal familiar theoretical formulations in the field of risk, expressing mostly the quality side of the problem is being illuminating. Having in mind the specific nature of the explosive event, demanding inclusion of information units, specifying and generalizing information massifs of realized explosive impacts, the aim is to create precondition for deducing evaluative subordination. Their binding in an appropriate model through numeral experiments achieves possibility for management of the operative values of variable parameters, determinating previously assigned risk level.

Да се коментира понятието риск в област, която като цяло се разглежда, не само рискова, но и екстремна, в много случаи е опасно от гледна точка на научните подходи и анализи.

Взривният процес като цяло, представляващ основата на тази рискова област, присъстваща в стопанските браншове в които той се прилага – „Минно дело“, „Строителство“, „Рекултивации“, „Ликвидации“ и др. е предмет на регулиране чрез множество правилници, наредби и др. закони и подзаконни актове.

Въпреки това обаче рискът, като комплексна оценка е предмет на задълбочени, в повечето случаи теоретични разработки. Съвсем нормално е теоретичните анализи на този комплексен параметър да се базират на имперична информация, която, като цяло представлява набор от данни за взривното въздействие. В много малко случаи обаче се ползват данни с тежест на информационни единици от типа на „контур на замърсяване“, „контур на сеизмично натоварване“, „контур на ударна въздушна вълна“ и др.

Привличането на тази информация в анализирането на този комплексен параметър е от сериозно значение, доколкото изискванията на европейските директиви в голямата си част поставят императивни условия за

оценката на въздействието при отделните дейности върху живот, здраве, технико-технологични условия, екология, та дори и социален статус на личността.

Досегашните изследвания представени в публикация – [1], анализират и аргументирано обосновават параметрите, които освен че обуславят взривния процес и неговата реализация, дават възможност и за търсене на оценъчни критерии, чрез които, като цяло рисковия параметър също да бъде дефиниран и потърсени възможности за неговата оценка при предварително зададени нива на неговата значимост.

Дефинирането на тези нива е извършено при условията на детайлен анализ на реализирани събития и може да се представи чрез следната градация:

- **незначителен (нисък риск)**, представян като „**ниво 1**“ (най-доброто и приемливо), изключва рисково натоварване по отношение здраве, технико-технологични условия и екология, като обаче включва частично рисково натоварване по отношение социален статус на личността.
- **умерен (приемлив риск)**, представян като „**ниво 2**“ (все още приемливо), изключва рисково натоварване по отношение здраве и живот, но включва частично рисково натоварване относно технико-технологически условия, екология и социален статус на личността.

- **висок (неприемлив риск)**, представян като „**ниво 3**“ (определено неприемливо), включва частично рисковото натоварване по отношение здраве и живот, технико-технологически условия, екология и социален статус на личността.

- **катастрофален (абсолютно недопустим)**, представян като „**ниво 4**“, включва масови злополуки по отношение на здраве и живот, създаващи условия за тежки увреждания и смърт. Това ниво включва над 75% увреждания от технологичен характер, създаване на предпоставки за сериозна екологична катастрофа, а също така включва и предпоставки на създаване на сериозни социални напрежения.

Това подреждане е основа на търсене на подходящ подход, чрез който при наличните информационни масиви да се получат оценъчни зависимости, даващи достатъчна надеждност за оценката на този комплексен параметър.

Общите подходи ползвани досега в масовата практика за оценка на риска като комплексен параметър, основно са базирани на качествено-методологичен анализ.

Тези подходи принципно са групирани в две аналитични схеми:

- предварителна оценка на риска, заключаваща се в изследване на възможни сценарии за възникване на рискови ситуации;
- графични методи, базирани в масовите случаи на анализ на дървото на събитията и дървото на отказите, като цяло даващи описателен статус на този комплексен параметър.

Използваният последователен систематичен анализ и в двата методологични подхода, търси хронологията в последователността от събития, които биха били основа на опасността от възникване на рискова ситуация.

Тези подходи, обаче практически не дават възможност за оценка в количествен аспект на комплексния параметър – риск, пък било то и при условия на балово представяне на отделните фактори обуславящи взривното събитие.

Всичко това е предпоставка за търсене на по-различен подход, чрез който рисковите ситуации дефинирани и градиращи по-горе, биха могли да бъдат оценени въз основа на описващите взривното събитие – носител на рискова ситуация, фактори.

Нещо повече, деленето на тези фактори на устойчиви и променливи, не е случайно. То позволява, след получаване на резултативната стойност на оценката относно нивото на риска при реализацията на взривното събитие, последващото му управление във фазата на проектното ниво, посредством участващите променливи показатели.

Чрез обвързване в подходящ модел, посредством генетичното програмиране, се създават условия факторите обуславящи взривното събитие да се ранжират със съответната си тежест по отношение на комплексния параметър – риск.

Извършен е числен експеримент върху данни от реализирани взривни въздействия, подбрани така, че условията на взривяване да обхващат почти всички работни условия.

Той може въз основа на хронологията на извършените анализи и изчисления да се представи по следния начин:

- като първа стъпка на числения експеримент са дефинирани устойчивите и променливите параметри, които обуславят взривното въздействие. На така дефинираните параметри са присвоени съответните балови оценки по критерии, описани детайлно в [1];

- като крайна оценка в числовия експеримент, е заложен комплексния риск в процеса на взривяването, който също се представя чрез баловите характеристики въз основа на анализа на исторически реализирани взривове.

Резултатът от една симулация с GPKernel съдържащ най-добрите зависимости, които програмата на генетичното моделиране е генерирала повреме на еволюционния процес, заедно със стойностите на числовите оценки за всяка една зависимост, изчислена на базата на 75% от входните данни, е следния:

$$R = ((\sqrt{\sqrt{((\sqrt{a_2} * (\sqrt{a_2} + (((-2.7 + -b_2) * \sqrt{\sqrt{(b_2 * (a_2 * b_2))}} * b_2 + a_1))))) * (-b_2 + -2.7)) * b_2}$$

Представената зависимост, произведена от GPKernel в дадения случай се нарича „сурова“.

В нея:

R - представя комплексния риск;

A¹, A², B² са параметри от отделни взривни процеси – устойчиви и променливи.

Посочените като ползвани 75% от данните за определянето на грешката, са процента информация ползвана обикновено за обучение на алгоритъма.

Известни са множество и различни критерии за оценка на резултатите от моделиране. Тези критерии могат да бъдат групирани в две групи – графични индикатори и числови оценки. В настоящия експеримент са ползвани две числови оценки за грешката от втора група – средно квадратичната грешка (RMS) и коефициента на определяне (CoD).

Изразите чрез които се изчисляват тези оценки са следните:

$$RMS = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (q_i - \hat{Q})^2}{N}}$$

$$CoD = 1 - \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (q_i - \hat{Q})^2}{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (q_i - \bar{Q})^2}$$

където:

Q – е балната оценка на комплексния риск за отделните случаи на реализирани взривни процеси.

$\hat{Q}$ - е изчислената стойност на комплексния риск ;

$\bar{Q}$ - е средната стойност за риска, обработваната редица;

N – е броят на обработваните взривни процеси.

В случая за представената като "сурова" зависимост, CoD – детерминация коефициент и RMS – средно квадратичната грешка, приемат следните стойности:

$$\text{CoD} = 0.809429 \text{ и } \text{RMS} = 0.330964$$

Опростената версия на най-подходящата хипотеза, предлагана от GPKernel, заедно с преизчислените стойности за RMS и CoD е следната:

№	Тест	Изход	Най-добра предложена от GPKernel хипотеза	CoD	RMS
1	2	4	5	6	7
1	Test R	R	$R = b_2^{1/2} [b_2^{1/2} \{a_1(a_2 b_2)^{1/8} (b_2 + 2b_2^{1/2})\}^{1/2} - b_2]$	0.8056	0.3547

Получената зависимост включва основно групата на променливите параметрите, чиято значимост в процеса на оценка на комплексния риск при реализацията на взривното въздействие е с най-висока тежест.

Този факт показва, че изследванията на риска, чрез ползването на обобщените параметри, описващи като цяло взривното събитие са проведени в правилна посока.

Вероятно с увеличаване на размерността на информационния масив, Генетическото програмиране ще генерира зависимости, които от една страна биха били по-опростени и от друга, типизирани за основни групи работни условия.

Заклучение

Изхождайки от посочените съществуващи подходи, адаптирани и обогатени с информационни единици, респективно уплътнени с информационни масиви,

Препоръчана за публикуване от
Катедра "Открито разработване на полезни изкопаеми и взривни работи", МТФ

касаещи взривни въздействия, същите се обвързват в подходящ модел за числени експерименти.

След съответна „вътрешно-моделна обработка“, генетичното моделиране представя опростена версия на подходяща хипотеза, включваща количествено-стойностни величини на променливи параметри, чрез които е възможно проектно управление на целия взривен процес с цел постигане на желано рисково ниво.

Литература

- [1] „Структурни подходи към параметри на взривното въздействие за оценка на риска чрез генерично програмиране” - Годишник МГУ 2006г.
- Blasting Hazard Awareness - Surface coal Mines IG71-1996
- Паспорти на реализирани ПВР в открити, подземни и специални условия в периода 1999 – 2006 г.

ОЦЕНКА НА ПРАХОВИТЕ ОПАСНОСТИ В ГАЛЕРИЯ ПОД ПРИЕМНИ БУНКЕРИ НА ТЕЦ

Александър Крилчев, Захари Динчев, Елена Власева, Михаил Михайлов

Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София

РЕЗЮМЕ. Образуването и отлагането на прах при различни технологични процеси влияе пряко върху безопасните и здравословни условия на труд на различните работни места и помещения, в които се извършва производствена дейност. В зависимост от размера на праховите частици, химическия и дисперсията състав се определят и основните му свойства – биологична вредност, химическа активност, експлозивна и пожарна опасност, склонност към наелектризиране и др.

В публикацията се представят и анализират изследвания за интензивността на прахоотделянето, на отлагането на праха и изменението на съдържанието на витаещ прах в галерията. За да се оцени праховата опасност е необходимо да се изследва интензивността на и отлагането от различните източници в галерията. Извършените изследвания [1] в галерия под приемни бункери на ТЕЦ "Бобов дол" обхващат процесите на доставка, разтоварване и транспорта на въглища. В статията се предлага рационална методическа последователност от измервания и анализи за характеризиране на експлозивната и хигиенна опасност на праха в галерията. Определена е интензивността на прахоотделяне и прахоотлагане от различните източници в обекта на изследване при характерна цикличност на доставка и технологично определена цикличност на транспорт (подаване) на въглищата към котелно отделение. Резултатите показват превишаване на хигиенни норми за запрашеността в обекта и опасност от създаване на експлозивна атмосфера.

Измерванията и изводите в тази публикация, представляват основа за предлагане на рационален комплекс от технически решения за управление на експлозивната и хигиенна праховата опасност, включващ намаляване на интензивността на прахоотделяне, улавяне на праха при източника, намаляване на експозицията на операторите в галерията и за безопасно събиране на отложения прах.

DUST RISK MANAGEMENT IN UNDERGROUND GALLERY UNDER RECEPTION SILO OF THERMAL POWER PLANT

Alexander Krilchev, Zahari Dinchev, Elena Vlasseva, Michael Michaylov

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia

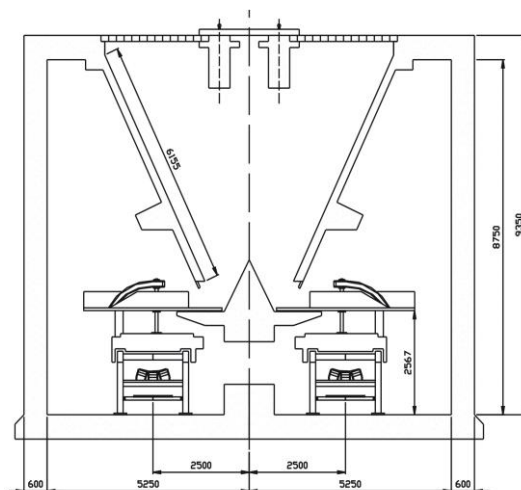
ABSTRACT. Dust formation and settling during different technological processes affects safety and health work conditions at different work places and production premises. In accordance with dust particles size, its chemical and dispersed structure, main characteristics – biological hazard, chemical activity, fire and explosion risks, are evaluated.

In this first part of bigger publication dust intensity liberation, settling and dispersion are studies and analyzed in order to evaluate dust risk in the gallery under reception silo in Thermo Power Plant "Bobov dol". These are examined during all technological processes presented – coal reception, uploading and transport. Paper presents reasonable methodological sequence consisting of measurements and analyses targeted toward dust hygiene and explosion hazard evaluation. Dust liberation and settling intensity reflecting coal delivery and transport to boilers cycles are described. Obtained results clearly show increased risk of explosion atmosphere formation and dust concentration above hygiene limits.

Dust hazard management include complex of technical solutions for dust liberation reduction, dust aspiration at the source, exposure reduction for operating personnel and safety cleaning of settled dust, which are presented in the second part of this publication.

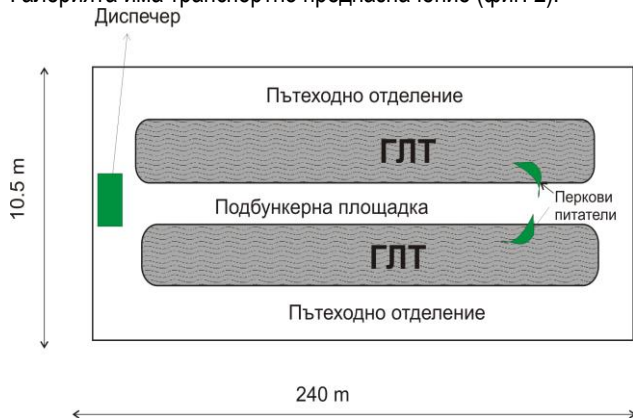
Обща характеристика на обекта

Обектът представлява подземна галерия с правоъгълно сечение и размери, показани на разрезите на фиг.1 и фиг.2. Стоманобетоновата конструкция на тавана на галерията оформя площадка на терена, приета по-нататък в текста за условна к.+0,00. Пода на галерията е на к.-9,30. Приемните бункери с трапецовидна форма са разположени между напречна ос 3 и ос 39, които стесняват горната част на сечението на галерията до к.-6,00. (фиг.1).



Фиг. 1. Вертикален разрез на галерия под приемни бункери

Галерията има транспортно предназначение (фиг. 2).



Фиг. 2. Хоризонтален разрез на галерията

Режим на работа на приемни бункери. В приемните бункери постъпват кафяви и лигнитни въглища от Бобовдолския, Софийския, Пернишкия и Ораново-Симитлийския басейни и от Мина Катрице. Въглищата са с високо съдържание на летливи вещества.

В приемни бункери, по данни от цех "Въглеподаване", се разтоварват (фиг.3) средно 110 вагона за денонощие натоварени с 51 до 57 тона въглища.

Максималното денонощно натоварване на бункерите достига 130 вагона за 24 часа при среден товар от 54 тона/вагон. Денонощно в бункерите постъпват въглища:

- средно 5950 t/day
- максимално 7050 t/day



Фиг. 3. Разтоварване на вагоните с въглища на приемния бункер над галерията

Прахоизточници

Технологично в обекта има два основни източника на прах:

- източник D1 - бункерът в който се разтоварва вагона;



- източник D2 - питателя който натоварва въглищата от площадката на к.-6,80 върху ГЛТ.

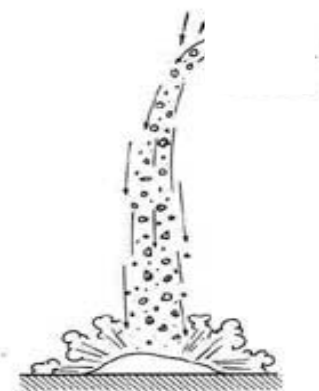


Източник D1 следва избрания за разтоварване бункер, докато източник D2 следва работното положение на перковия питател. Отсъствието на принудителна вентилация в помещението определя пътя на разпространение и отлагане на праха. При D1 праха се издухва като разпределен по дължината на бункера, в който се разтоварват въглищата, източник насочен към близката стена на галерията. След това поради отсъствието на организирано проветряване облакът се разширява успоредно на оста на галерията, едрият прах се отлага, а финият витае под действие на слабите конвективни потоци от вътрешни източници и от движението на транспортната лента.

Източник D2 генерира прах при натоварване на въглищата върху транспортъора. Движението на перковия питател формира под действие на буталния ефект въздушен поток. Под неговото действие и дифузионното разсейване (фиг.4) се наблюдава непрекъснато нарастване на праховия облак пред питателя. Това изпреварващо движение на праха продължава докато запълни дължината на цялата галерия в половината от сечението в което работи питателя, с нарастване на запрашеността. Праха се разпространява и утаява по дължината на галерията. Не бива да се забравя, че най-опасната за здравето на хората фракция на този прах е невидима за невъоръжено око.

Двата източника - при перките на питателя (D2) и при падане на материала върху лентата на транспортъора (D1) предопределят изследване на отложен (утаен) прах –

аерогел и разпръснат дисперсно във въздушната среда на обекта витаещ прах – аерозол. Определяне на запрашеността на работната среда в галерията на утаен и на витаещ прах е извършено в описаната по-долу последователност.



Фиг. 4. Разпространение на прах при падане от височина

Интензивност на отлагане на праха. Измерване на масата на утаен прах се извършва за намиране на интензивността на отлагане и разпределението му в следната последователност:

- ☑ поставят се еднакви по размер планшети (с площ 0.7 m²) 18 на брой, разположени равномерно по пътеходните отделения, между питателите и върху кабината на диспечера ;
- ☑ планшетите (фиг.5) се оставят за определено време (например 48 или 72 часа);
- ☑ измерва се масата на отложения върху планшетите прах [g];
- ☑ определя се концентрацията в точките на вземане на пробите;
- ☑ определя се средна, максимална и минимална маса на отложения върху пода на обекта прах;

☑ с програмен пакет SURFER се изчертават изолинните на концентрациите и се анализират причините за получените зони с превишения

☑ търси се корелационна връзка между броя разтоварени вагони, количеството разтоварени въглища и отложения прах във времето. Така се получават прогнозни резултати при различен режим на работа – натоварване на приемни бункери.

Измерванията за отлагане на праха в обекта бяха извършени през три периода, показани в табл. 2, и в съответствие с описаната последователност. Планшетите (фиг.5) бяха регулярно разположени по площта на пътеходните отделения и между транспортъорите. Резултатите от измерването са представени в предпоследната колона на таблица 3, а изчислените по намерената корелационна зависимост – са означени като “прогноза” в последната колона. Разпределението на отложения прах за целия период е обобщено на фиг.6, а в табл.4 са представени статистическите данни за шест денонощия. Графиките и данните в таблицата за денонощното отлагане на прах демонстрират изключително голяма неравномерност. В зоните с най-голямо прахоотлагане дневната интензивност на отлагане на праха е 4.5 пъти по-голяма от осреднената за цялата площ на галерията. Този факт трябва да бъде отчетен при определяне на периода за отстраняване на отложения прах. От гледна точка на безопасност, при изчисляване на периода между две почиствания на праха, освен общото прахоотлагане в галерията, което характеризира времето за натрупване на достатъчно прах, който може да образува взривоопасно концентрация в целия свободен (въздушен) обем, трябва да се вземат предвид и зоните с максимално прахоотлагане и възможността вдигнатия от тях прах да създаде взривоопасни концентрации в значимо голям обем от галерията.

Таблица 2

Период на измерването			Разтоварени въглища [тона]	Разтоварени вагони [брой]	Работа на питателите		
начало	край	Продължителност [часове]			ПП2А [min]	ПП2Б [min]	ОБЩО [h]
30.07.06	02.08.06	72	8316	154	580	610	19,83
02.08.06	04.08.06	47,6	6804	126	755	500	20,92
04.08.06	06.08.06	47,2	7236	145	465	632	18,25
О б щ о		166,8	22356	425	1800	1742	58,90



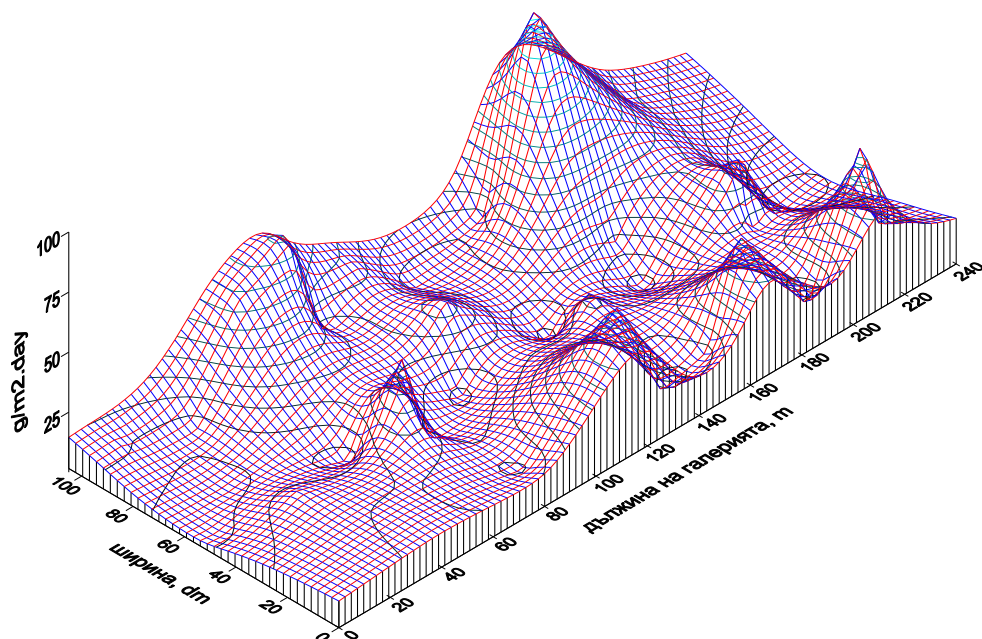
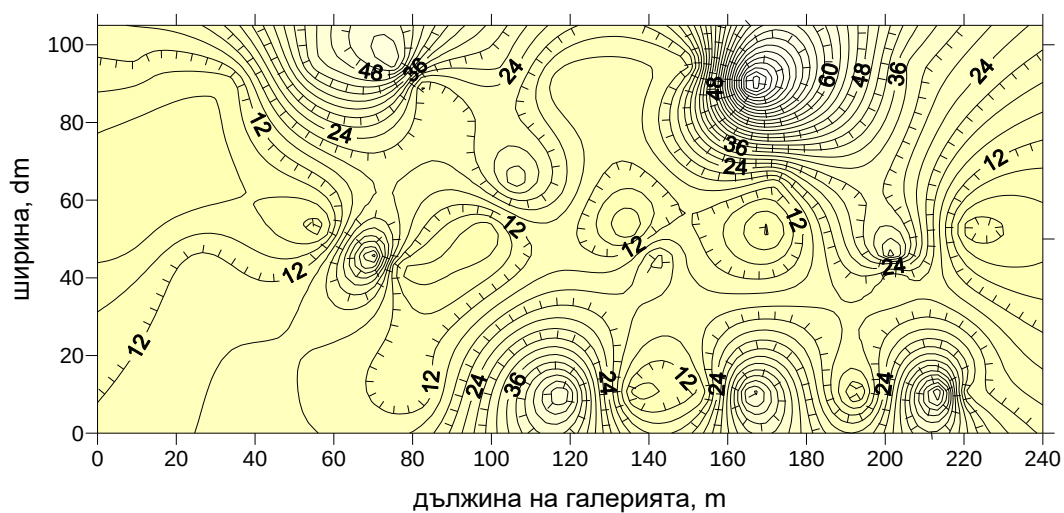
Фиг. 5. Положение на планшетите за вземане на проби за отложен прах

Таблица 3

Разтовар. вагони [броя/ден]	Разтовар.въглища [тона/ден]	Работа на питателите, [часа/ден]	Отложен прах в галерията [кг/денонощие]	
			измерен	прогноза
46	2500	6	-	21,7-21,2
51,5	2772	6,6	33,32	33,4
63	3403	10,042	59,61	59,6
67	3618	9,142	70,33	70,4
83	4500	11,00	-	108,3-109,6
93	5000	13,00	-	127,7-131,0
100	5400	14,50	-	142,5-148,3
111	6000	16,00	-	167,5-174,8
130	7000	18,00	-	211,8-219,4

Таблица 4

Период за измерване	30.07.04 - 06.08.04 (216 часа)	
Обработени вагони за периода (шест денонощия)	броя	425
Разтоварени въглища през периода	тона	22 356
Средно денонощно натоварване на приемни бункери	ваг./24 ч. тона/24 ч.	70.8 3 726
Средноденонощна работа на ляв питател ПП2А	мин./24 ч.	268
Средноденонощна работа на десен питател ПП2Б	мин./24 ч.	256
Отложен прах за 24 часа през периода	kg/day	54.42
⇒ средно за цялата площ	g/m ² .day	22.22
⇒ максимално по площта на пода	g/m ² .day	99.47
⇒ минимално по площта на пода	g/m ² .day	0.56



Фиг.6. Разпределение на прахоотлагането по площта на галерията

На основата на получените резултати за теглото на отложения прах в зависимост от разтоварените въглища и времето на работа на питателите беше разработен модел за прогнозиране на очакваното прахоотлагане при големи натоварвания на приемни бункери. В последната колона на таблица 3 са дадени прогнозираните с модела стойности за денонощното отлагане на прах при разтоварване на 25 до 100 вагона дневно.

Теглото на отложения прах нараства от 22 до 142 kg за денонощие-за 100 вагона и не превишава 220 kg/денонощие при максимално разтоварване на 130 вагона, както се вижда от прогнозата в последната колона на таблица 3.

Характеристики на отложения прах. Резултатите от техническия анализ на отложения, през трите периода описани в табл.2, прах са показани в табл.4. Влажността на отложения прах се изменя от 10% до 13%, пепелното съдържание - от 34% до 49%, а съдържанието на летливи вещества - от 54% до 72%.

Таблица 5

Характеристика	Средна стойност в периода, %	Диапазон на изменение в периода, %	
		min	max
ВЛАГА	11,61 ± 0,91	9,8	12,3
	12,4 ± 0,62	10,2	13,1
	13,5 ± 0,74	11,0	13,9
ПЕПЕЛ	40,9 ± 5,05	33,7	49,3
	45,6 ± 3,42	35,8	48,9
	42,1 ± 4,55	34,9	47,8
ЛЕТЛИВИ ВЕЩЕСТВА	65,6 ± 5,04	53,76	72,28
	62,36 ± 5,52	54,16	72,48
	63,73 ± 4,83	55,22	70,95

Зърнометричния състав на шест проби от отложения прах през трите периода (табл.2) е представен в табл.5.

Таблица 6

Ф Р А К Ц И Я [μm]				Разсейване
-50	+50-63	+63-71	+71	
22,68%	25,30%	14,80%	36,28%	0,96
22,28%	25,54%	14,94%	38,63	0,01
11,70%	15,60%	6,22%	32,19%	3,10
12,18%	16,24%	6,48%	64,94	0,16
7,28%	18,32%	15,50%	57,32	1,58
7,40%	18,61%	15,74%	58,23%	0,02

Участието на фракцията под 50 μm се колебае между 7.28% и 22.68%, а под 71 μm достига 63%. Зърнометричния състав на отложения прах показва, че освен взривна опасност при вдигането и турбулизирането му той представлява и значима хигиенна опасност. Повече от половината от отложения прах попада по зърнометричен състав в т.н. инхалабилна фракция.

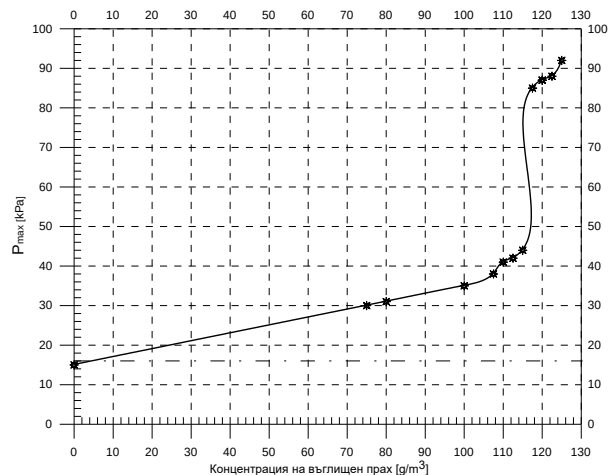
Експлозивна опасност. За характеризиране на взривоопасните свойства на праха при шихтоване на въглищата със значимо различна степен на метаморфизъм са необходими продължителни и обемни изследвания по ISO стандарти[2,3], приети и за европейски (EN) норми[4]. Към времето на това изследване апаратура за такива изследвания в страната нямаше, поради което бяха взети две проби - от въглищата в 6 бункера и от отложен прах. Резултатите от изследването в 20 литров цилиндър са показани в таблица 7. Изпитванията са проведени с въглищен прах – фракция под 63 μm.

Зависимостите на влиянието на концентрацията на прах върху двете характеристики на процесите във взривната камера са показани на фиг.9 и фиг.10.

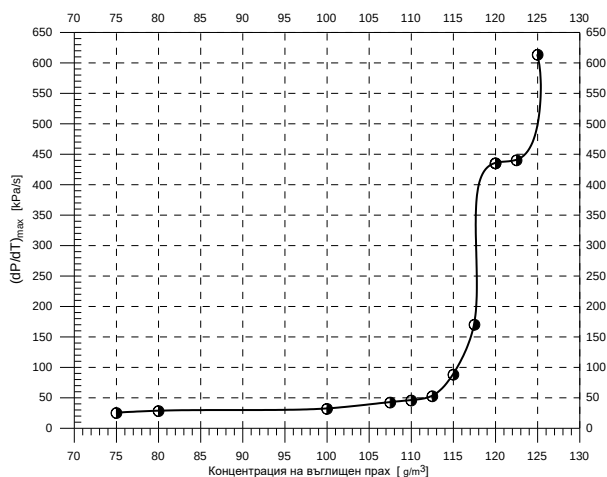
Според протокола от изследванията [5] ДГВ на праха е определена на 120 g/m³. За нуждите на проектирането, на основание данните на фиг.фиг.9-10 обаче, считаме че трябва да се работи с долна експлозивна граница на праха от 115 g/m³.

Таблица 7

Номер на опита	Концентрация C [g/m ³]	Налягане P _{max} [kPa]	Време T [s]	dP/dT [kPa/s]	Ефект
1	0	15	4	3.8	празен ход
2	75	30	1.2	25.0	без пламък
3	80	31	1.1	28.2	без пламък
4	100	35	1.1	31.8	пламък
5	107.5	38	0.9	42.2	пламък
6	110	41	0.9	45.6	пламък
7	112.5	42	0.8	52.5	пламък
12	115	44	0.5	88.0	силен пламък
11	117.5	85	0.5	170.0	силен пламък
10	120	87	0.2	435.0	ЕКСПЛОЗИЯ
13	120	87	0.2	435.0	ЕКСПЛОЗИЯ
9	122.5	88	0.2	440.0	ЕКСПЛОЗИЯ
8	125	92	0.15	613.3	ЕКСПЛОЗИЯ



Фиг. 9.



Фиг. 10.

При максимално натоварване в продължение на от една седмица може да се отложи прах, който при вдигането си да създаде взривоопасна концентрация в целия свободен обем на галерията.

При обработка на 70 вагона за един ден отложения през денонощието прах е достатъчен за да създаде взривоопасна концентрация в 5%-тния свободен обем на галерията.

Хигиенна опасност

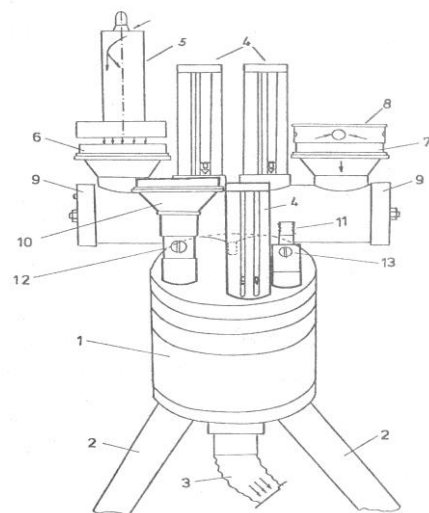
Определяне запрашеността на въздуха. Измерване на запрашеността на въздушната среда (общ и фин прах) се извършва в следната последователност:

- ☑ монтира се уред АП-1 [6], показан на фиг. 7а и фиг. 7б. Дебита на преминаващия през прибора въздух е 35-45 l/min. Уреда се монтира на 1.7 m от пода – в зоната на дишане на работниците и в зоната на перковия питател;
- ☑ система от два филтъра и циклон задържа финия и общ прах в прибора;
- ☑ премерва се масата на филтрите преди и след измерването [g];
- ☑ изчислява се концентрацията [g/m³];
- ☑ същите измервания се повтарят на друго място, където преминават или работят хора;

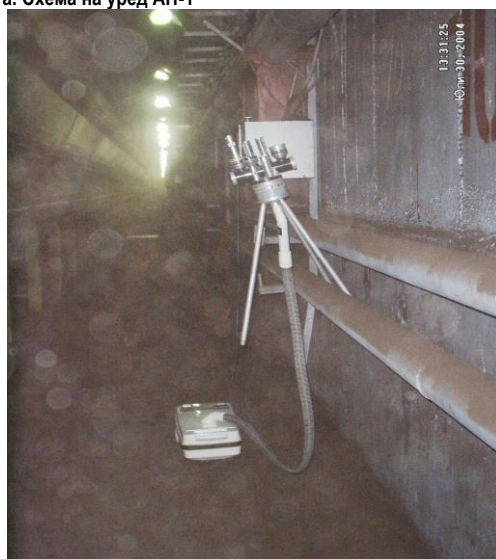
Витаещият прах, за нуждите на това изследване и произтичащите от него технически решения, е оценен в две положения:

- в зоната на дишане на човека – оператор;
- в зоната на перковите питатели.

Витаещ прах в зоната на дишане на човека. Измерванията на общ и фин прах са проведени от 2 до 6 август 2006г. Пробите са взети в района на 10 бункера, на 1,65 m от пода и 0,45 m от стената на галерията. Пробите са вземани в средата на галерията (фиг. 5б), а получените резултати са представени в табл. 7. От получените резултати се вижда, че превишената на ПДК за 8 часова работна смяна са три пъти по-чести и до 2 пъти по-големи за фин прах, отколкото за общ прах.



Фиг. 7а. Схема на уред АП-1



Фиг. 7б. Вземане на проби за общ и фин прах с АП-1 в галерията

Този резултат е много важен за избора на технически решения за намаляване на експозицията на прах. Например една мощна аспирационна система може да намали чувствително общата запрашеност в галерията, без да повлияе значително върху концентрацията на фин прах. Големите скорости на засмукване могат да увеличат постъпването на фин прах във въздуха и да компрометират хигиенната ефективност на аспирационната уредба.

Граничната концентрация (ГС) на праха [7] е коригирана за 12 часова работна смяна от гледна точка на денонощната експозиция [8] по зависимостта:

$$GC_{12} = \frac{8}{12} \times GC_8 \left[mg / m^3 \right]$$

където: $GC_8 = 10 \text{ mg/m}^3$ - на общ прах;
 $GC_{12} = 4 \text{ mg/m}^3$ - на фин прах.

Това пренормиране на допустимата прахова концентрация има значение за определяне на проектната ефективност на предлаганите технически решения. Те трябва да

намалят поне 3 пъти общата запрашеност и концентрацията на фин прах във вдишвания от оператора въздух.

Концентрацията на общ прах във въздуха непосредствено до транспортъра и в зоната над питателя превишават дадените в таблица 4 от 2 до 8 - 10 пъти. Това характеризира условията при които ще работи всяка прахосмучеща уредба в зоната на питателите и течките. След изчерпване на възможностите за намаляване на прахообразуването при натоварване върху лентата усилията за намиране на ефективно техническо решение трябва да се насочат към улавяне на праха при източника.

Таблица 8

ПРОБА				ОБЩ ПРАХ			ФИН ПРАХ		
дата	обем Vo [m³]	време t [min]	дебит Qo [dm³/min]	маса dG [mg]	Концен- трация Cg [mg/m³]	Превишение Cg/ГC ₁₂	маса dG _f [mg]	Концен- трация C _f [mg/m³]	Превишение C _f /ГC ₁₂
02.8.2006	3.162	90	35.14	47.6	15.05	2.26	13.7	4.33	1.62
03.8.2006	4.216	120	35.14	38.6	9.16	1.37	24.6	5.83	2.19
04.8.2006	11.921	340	35.06	93.2	7.82	1.17	19	1.59	0.60
06.8.2006	15.571	445	34.99	133.7	8.59	1.29	79.7	5.12	1.92

Заклучение

В галериите под приемните бункери на ТЕЦ се идентифицират и двете опасности на въглищния прах:

☒ за безопасността на хората и съоръженията – експлозивна опасност;

☒ за здравето на персонала – хигиенна опасност.

Управлението на тези две опасности с инженерни и административни решения изисква статистически точно характеризирани на разпределението на източниците на прах, на витаещия и отложения прах, във времето и пространството на галерията. Колкото повече са доставчиците на въглища от различни басейни, толкова по продължителни трябва да бъдат наблюденията за получаване на статистически представителна информация.

Познаването на количественото разпределение на отложения и витаещия прах в галерията е необходимо както за избора на вида на техническите и административни решения, така и за тяхното оразмеряване.

Техническата и икономическа логика изискват най-напред да се проектират решения, които намаляват прахоотделянето от източника и след това да се пристъпи към конструиране и оразмеряване на аспирационни системи. Самото прахоотделяне и улавяне на праха зависят от характеристики на праха, които в общия случай правят невъзможно пренасяне на готови решения. За оразмеряване на аспирационните системи в галериите принципът “колкото повече-толкова по-ефективно” не е приложим, защото преоразмерените системи увеличават интензивността на прахоотделяне, чрез вдигане на допълнително количество прах.

Тогава аспирационната уредба може да засмуква запрашен въздух с концентрации до 150 mg/m³.

Концентрацията на фин прах в зоната на дишане на операторите превишава нормираната от 1.6 до 2.2 пъти. Въпреки, че това не е средносменна стойност наречените пикове изискват да се провери съдържанието на свободен силициев диоксид във финния прах. Наличието на високопепелни въглища, доставяни от различни рудници с открит добив поставят въпроса и за източника на набогатяване на праха със свободен силициев диоксид. Това не са непременно най-високопепелните въглища, които постъпват в централата.

В теорията и изследователската практика няма установени зависимости за влиянието на техническите характеристики на въглища с различен състав и степен на метаморфизъм върху характеристиките на пожарната и експлозивна опасност на шихтата от тях. Това означава, че характеристиките на експлозивната опасност на прахове, получени от смеси на въглища с различна степен на метаморфизъм, трябва да бъдат изследвани в диапазона на практическото им съотношение на смесване в централата.

Другата възможност, от гледна точка на експлозивната опасност, е за всяка от изследваните характеристики на въглищата да се приеме най-тежката получена стойност, например:

- най-ниска долна експлозивна граница на праховъздушната смес;
- най-ниска температура на взривяване на прахов облак;
- най-ниска температура на тлеене на прахов слой;
- най-ниска температура на samozапалване на праха,

за въглищните прахове от всички доставчици на въглища в централата.

Използваните в галерия под приемни бункери електрически съоръжения и апарати трябва да бъдат съобразени със зоните на прахова експлозивна опасност [9]. Това налага да се извърши зонироване на галериите по прахова експлозивна опасност, за да се оцени съответствието на електрическите съоръжения и апарати.

Необходимостта от изследвания за определяне на съдържанието на свободен силициев диоксид във финния прах е безусловна, за да се оцени нормативно здравния прахов риск.

Литература

- [1] Доклад по договор 1900-Технически решения за дегазиране на КРУ-1 и КРУ-2 и за намаляване на праховата опасност в приемни бункери на въглеподаването; *Етап 2*: Изследвания за предлагане на технически решения за намаляване на експозицията на прах в приемни бункери на покритото разтоварище, Архив на НИС, Минно-геоложки университет"Св.Иван Рилски"-София.
- [2] ASTM E 1491. Standard Test Method for Minimum Ignition Temperature of Dust Clouds
- [3] ASTM E 2021 Standard Test Method for Hot-Surface Ignition Temperature of Dust Layers
- [4] ASTM E 1226 Standard Test Method for Pressure and Rate of Pressure Rise for Combustible Dusts
- [5] Протокол № 123/09.08.04г. на Акредитирания изпитателен център "Минпроект"-Драгичево.
- [6] Хигитест Инструкция за работа с АП-1.
- [7] НАРЕДБА № 13от 31.12.03. за Защита на работещите от рискове, свързани с експозицията на химични агенти при работа.
- [8] M. Michaylov, **E. Vlasseva**, Adjustment of unusual exposure limits for contaminants in mine, Proc. International scientific session "Management of natural and technogenic risks", 4-8 June 2001, University of Mining&Geology "St. Ivan Rilski", Sofia, Bulgaria, p. 37-44
- [9] EN 61241. Electrical apparatus for use in the presence of combustible dust. Part 10 Classification of areas where combustible dust are or may be present.

Препоръчана за публикуване от
Катедра "Руднична вентилация и техническа безопасност", МТФ

THE USE OF SILICA IN THE GLASS INDUSTRY

Căpățină Camelia, Șchiopu Emil Cătălin

„Constantin Brâncuși” University, Tg – Jiu, ing@utgjiu.ro

ABSTRACT. In the technological processes of the silica industries (glass, ceramics and cement), mixtures of raw silica materials are treated at high temperatures. The quartz is relatively spread, but very little used in the glass industry due to its high price and its hardness. The most used raw material is the siliceous sand, in the form of large beddings, containing as well variable quantities of other materials. The raw materials presented are dosed and homogenized in an Eirich type mixer. The melting is done in glass tank furnaces at 1450 – 1500 °C, and the molding is realized by pipe blowing or by pouring into casting boxes. The annealing of household glassware and of the overlaid one is done in annealing furnaces at temperatures in the range of 500 - 550 °C. The products are then decorated and polished. After polishing, the products are sorted and stored, packed for delivery. In Romania, there are various procedures for the decoration of glass products: the use of colorants and the overlaying of intensely colored glasses over the white household glass.

ПРИЛОЖЕНИЕТО НА КВАРЦА В СЪКЛАРСКАТА ПРОМИШЛЕНОСТ

Камелия Капятина, Шайпу Емил Каталин

Университет „Константин Бранкуши”, Търгу Жил, Румъния, ing@utgjiu.ro

РЕЗИОМЕ: В технологичния процес на силикатното производство (стъкло, керамика, цимент), комбинациите от кварцови суровини се третира при високи температури. Кварцът е сравнително широко разпространен, но в чистият му вид е много малко използван в стъкларската индустрия, поради по-високата му цена и твърдост. Най-използваната изходна суровина е кварцовия пясък, който съдържа и други, не по-малко важни за силикатното производство, суровини. Основните изходни суровини са дозирани и добре размесени чрез хомогенизатор от типа „Eirich”. Топенето е извършено в пещ при температури 1450-1500 °C, а формоването е осъществено чрез издухване или отливане във форми. Закаляването на домакинската стъклария и нейното покритие се извършва в закаляващи пещи при температури между 500 – 550 °C. След този процес продуктите се полират и декорират. Така готовите продукти се сортират, опаковат и складираат. Начините за декориране на продукти от стъкло в Румъния са различни: използват се пигменти и покрития от интензивно оцветени стъкла над бяло домакинско стъкло.

Introduction

In the peripheral crust of the Earth, the silica is predominant and reaches 95% of the lithosphere matter. In the lithosphere, SiO_2 is a „lithophilous” acid which combines various basic oxides such as: Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , CaO , Na_2O , K_2O etc.

In the technological processes of the silica industries (glass, ceramics and cement), mixtures of raw silica materials are treated at high temperatures and, following the reactions that take place, some technical silica products are obtained. In Figures 1, 2 and 3 are presented silica structures (Mackenzie J. D. 2003).

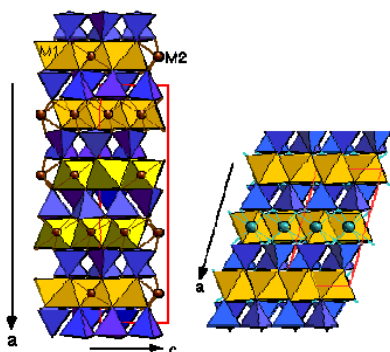


Fig. 1 – Silica with chain and ribbon structure

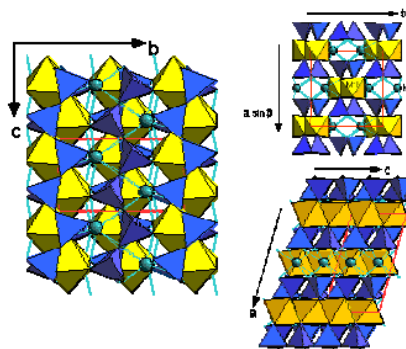


Fig. 2 – Clinopyroxenes

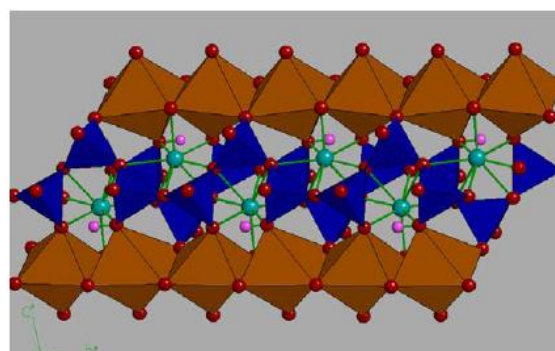


Fig. 3. Pyroxenes chain structure

It is observed an analogy with the formation of rocks in nature, presented in Figure 4 (Șerban, S. 1968) where the reactions took place at high temperatures, but within the Earth magma. From this point of view, the technical silica may be considered true synthetic rocks.

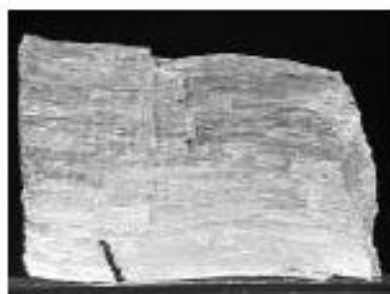
The physical and chemical properties of technical silica depends on the nature of the mineral constituents and on their proportion (Baltă P. 1984).



ANDALUSITE



KYANITE



SILLIMANITE

Fig. 4. Alumino-silica

In pure state, SiO_2 is found under the form of quartz, namely crystal, quartz and siliceous sand. The same order is kept for the decrease of the purity level and for the increase of the bedding size. The crystal is a very expensive raw material used for special kinds of glass, the transparent quartz glass.

The quartz is relatively spread, but very little used in the glass industry due to its high price and its hardness. The most used raw material is the siliceous sand, in the form of large beddings, containing as well variable quantities of other materials. From the point of view of the specific weight, the component minerals are grouped into two classes: the light class and the heavy class.

The main component of the light class is the quartz, reaching 99%. The light class also includes feldspar, the rock which, by its degradation, formed many of the sand beddings such as kaolin, one of the feldspar decomposition products.

The heavy class is reduced quantitatively, but it contains numerous minerals with oxides coloring the glass in un-wanted nuances, among which an important place is detained by iron minerals: hematite – Fe_2O_3 ; limonite Fe_2O_3 and H_2O ; magnetite – Fe_3O_4 , ilmenite – FeTiO_3 and others. In this class, the iron oxides represent approx. 15% and Cr_2O_3 approx. 2%. These oxides, as well as others such as TiO_2 , V_2O_5 etc. are not wanted due to their dyeing action, and the zirconium oxide due to its refractoriness which makes it stay under the form of crystalline inclusions in all products, glass included. In some beddings, the quartz granules are covered with a fine film of iron hydroxide which may contain other materials such as: Mn, Ni, Cu, Zn. In the sand there may be some variable quantities of organic substances such as: vegetal wastes, humic acids which, when melting the glass, may create a needed reductive environment.

The paper presents the use of silica in obtaining the household glassware and overlaid glasses at the glass factory STAR GLASS Târgu – Jiu.

Experimental part

Table 1 presents the oxidic composition of the white and blue glasses which is obtained at the glass factory STAR GLASS Târgu – Jiu.

Table 1

The oxidic composition of the glasses

Number	Component	White glass (% grams)	Blue glass (% grams)
1	SiO_2	73.37	60.96
2	B_2O_3	0.26	2.83
3	Al_2O_3	0.29	0.23
4	Na_2O	13.95	13.20
5	K_2O	3.04	4.41
6	CaO	8.36	3.84
7	MgO	0.7	0.1
8	PbO	-	14.41
9	Fe_2O_3	0.03	0.02

The raw materials presented in Table 2 are dosed and homogenized in an Eirich type mixer. The melting is done in glass tank furnaces at $1450 - 1500^\circ\text{C}$, and the molding is realized by pipe blowing or by pouring into casting boxes. The annealing of household glassware and of the overlaid one is done in annealing furnaces at temperatures in the range of $500 - 550^\circ\text{C}$.

The products are then decorated and polished. After polishing, the products are sorted and stored, packed for delivery. Table 2 presents the oxidic composition of the raw materials.

Table 2

The oxidic composition of the raw materials chosen based on the documentation of the Glass Factory Tg – Jiu

Raw material	Oxides components % in weight						
	SiO ₂	CaO	Na ₂ O	B ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Other compounds
Sand	98,9	0,51	-	-	0,3	0,13	-
Limestone	1,47	53,9	-	-	-	0,10	0,63
Soda	-	-	57,2	-	-	-	0,3
Borax	-	-	16,2	83,7	-	-	-
Alumina	0,4	0,35	-	-	97,9	0,05	-

Results and discussions

The glass factory STAR GLASS from Târgu – Jiu produces household glassware and the private factory TOPI GLASS produces overlaid glass articles, of different colors, presented in Figures 5, 6, 7 and 8.



Fig. 5.

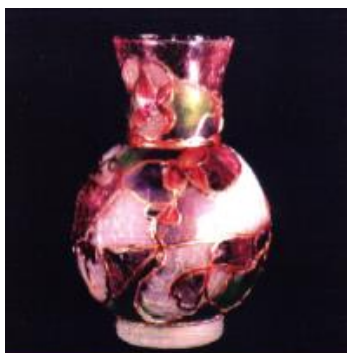


Fig. 6.

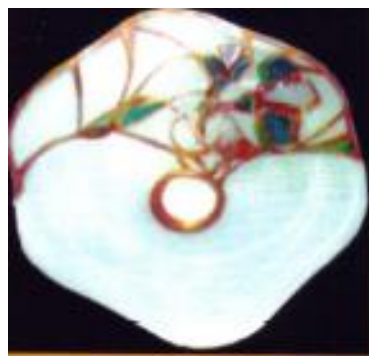


Fig. 7.

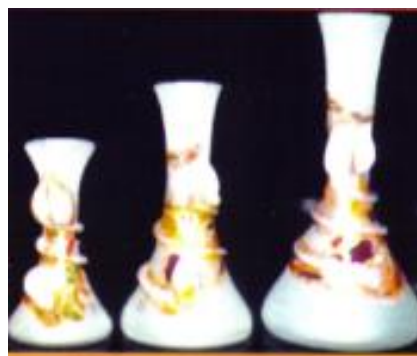


Fig. 8.

The overlaid glass articles are decorative products and among the decorative techniques might be reminded the glass spiral decoration colored at heat.

In Romania, there are various procedures for the decoration of glass products: the use of colorants and the overlaying of intensely colored glasses over the white household glass.

Conclusions

The glass industry is mainly based on SiO₂ which constitutes the main raw material.

The obtained household glass assortments and overlaid products are exported abroad, this proving the development of the two glass factories from the Gorj County.

References

- Baltă P. 1984. Glass Technology, Pedagogical and Didactic Publishing House, Bucharest, 200 p.
- Mackenzie J. D. 2003. Modern Aspects of the Vitreous State, Butterworths, Vol. 2, London 250 p.
- Șerban, S. 1968. The Physical Chemistry of the Technical Silica, Technical Publishing House, Bucharest, 300 p.

Recommended for publication by the Editorial board

ВИБРАЦИОННО СМИЛАНЕ НА АЛУМИНИЕВ СКРАП

Любомир Кузев, Стайко Сексенов, Ирена Григорова

Минно-геоложки университет "Св.Ив.Рилски", 1700 София, lkuzev@mgu.bg

РЕЗЮМЕ. За получаването на прахообразен алуминий са известни няколко метода. Широкото му приложение в практиката дава основание за търсене на нови по-ефективни и по-евтини начини за получаването му. Изследването е свързано с проверка влиянието на ПАВ при смилането на алуминий, както и предварителната термична обработка на предназначения за смилане алуминиев скрап. Разработени са технологични схеми за получаване на алуминиев прах с желана зърнометрия, както и на алуминиев прах с определена (люспеста или заоблена) форма на частиците.

VIBROGRINDING OF ALUMINIUM SCRAP

Lubomir Kuzev, Stayko Seksenov, Irena Grigorova

University of Mining and Geology "St.Ivan Rilski", Sofia 1700, lkuzev@mgu.bg

ABSTRACT. For receiving on powdered aluminium have some methods. The wide application in practice give reason for searching of new, more effective and cheaper methods for receiving. The investigation is connected with control influence of PAV by grinding of aluminium and beforehand therm treatment on designed for digestion aluminium scrap.

There are developed technological plans for receiving on aluminium powder with wished granulometric, as well aluminium powder with determinate (flake or sphere) shape of particle.

Въведение

Алуминият не се среща в природата като чист метал.

В кислородна атмосфера той е силно реактивоспособен. Въпреки това му качество намира много широко приложение под формата на различни сплави в самолетостроенето, машиностроенето, праховата металургия, строителството, корабостроенето, битовото машиностроене и т.н.

Излезлите от употреба изделия от алуминиеви сплави се събират и рециклират чрез пирометалургична преработка и така метала алуминий отново се включва в цикъла на потреблението.

Тази схема е стандартна, но процесът на рециклиране е скъп и енергоемък. Пирометалургията на алуминий създава и екологични проблеми главно с получаваните шлаки. Има редица производства, в които се използват прахообразни алуминиеви продукти, като получаване на пенобетон, производство на взривни смеси, производство на електроди за заваряване, бои и други.

За получаването на прахообразните алуминиеви продукти има различни методи, но по-голямата част са технически трудно изпълними и икономически обременени. Най-икономичният начин за получаване на прахообразни алуминиеви продукти е директното

превръщане на алуминиев скрап чрез механическо наситняване.

Механични методи за получаване на прахообразен алуминий

Прилагането на механическото наситняване на металите е ограничено, поради редица причини. Случаите в които се прилага са:

- Наситняване на гъбести метални структури получени при електролиза или редукция;
- Наситняване на крехки метали и сплави;
- Получаване на прахове с люспеста форма на частиците;
- Невъзможност за получаване на метален прах по друг начин;

Механичното наситняване има сериозни недостатъци. Смилането на много твърди или пластични метали е съпроводено от много затруднения и като правило е икономически неизгодно. Много често полученият при смилането метален прах не отговаря на изискванията, поради неблагоприятна форма на частиците или поради получаване на налеп.

При механичното наситняване се прилагат различни процеси като нахъсване, насичане, нарязване, абразивни методи (изпилване, фрезозане и др.), удар и други. Общата им характеристика е ниска производителност.

Теоретични предпоставки

Особено трудно механично се наситняват металите Ag, Al, Cu, Zn, Pb и други тъй като те притежават свойството пластичност и ковкост. Ковкостта е свойството на металите да се деформират и превръщат в тънки листове без нарушаване на целостта под въздействие на натиск. Прилагането на натиск при ковките метали води до явлението смачкване. Ако този процес се извършва при температура по-ниска от температурата на рекристализация на съответния метал, то при определени условия, различни за всеки от металите, той става крехък, появяват се пукнатини и настъпва разрушаване. (Ромона О, 1990)

За получаване на фини прахове в големи количества е необходимо прилагането на машини, при които едновременно се въздействува върху голям брой частици. Такива машини са мелниците. Познавайки условията на работа на топковите и прътовите мелници може да се изтъкне, че всяка частица има три степени на свобода и ротация. Оказваните въздействия могат да бъдат натиск, изтриване, удар или комбинация от тях. При оказваните въздействия в процеса на работа на мелницата се променят повърхностните свойства на частиците, променя се температурата и налягането, което е предпоставка за физически промени в материалите. Няма точни определения за скоростта на свиване при ударни въздействия, както и прага, след който се наблюдават изменения на физическите свойства. В частиците при удар възникват както еластични така и пластични вълни, които довеждат до появяване на кратковременни напрежения. При ударни въздействия с много висока енергия може да се наблюдават значителни промени във физическите свойства на метала без да се наблюдават особено големи деформации.

Процесът на смилане в топковите мелници може да се интензифицира, чрез увеличаване на масата на смилещите тела или с увеличаване на скоростта на въртене на барабана приближавайки го до критичната скорост. Възможностите на топковото и прътовото смилане са ограничени, тъй като и двата параметъра посочени по-горе могат да се променят в относително малки интервали. Много по-големи възможности имат вибрационните мелници. При тях честотата на въздействие от страна на смилещата среда е многократно по-висока, интензивността на ударите е до 20 пъти по-голяма, характера на въздействието е комбиниран и няма постоянен характер по сила и посока.

Експериментална част

Целта на изследването е отчитане на влиянието на налягането върху режима на смилане на алуминиев скрап със съдържание на алуминий над 93% при получаване на прахообразни алуминиеви продукти във вибрационна мелница.

Материали и методика на изследването

За провеждане на експерименталната работа са използвани стружки от марка „АЕ” със следния химически състав:
Al>99,5%; Fe-0,35-0,18%; Si-0,12%; Cu-0,02%; Zn-0,05%; Ti+V+Mn+Cr – 0,01% .

Алуминиевите стружки са начупени с дължина на късовете между 15 и 20 mm и дебелина < 0,5 mm.

Методиката на изследване е провеждане на пасивен експеримент с установяване на оптимална стойност за наблюдавания интервал. Изследваните параметри са:

- Продължителност на вибровъздействието – до 20 минути
- Вид на смилещата среда – прът от WC с тегло 1450 g ; прът от алуминиева сплав с тегло 250 g
- Накаляване на материала за смилане до 600 °C с двучасова задръжка и интензивно охлаждане
- Накаляване на материала за смилане до 600 °C с естествено охлаждане до стайна температура

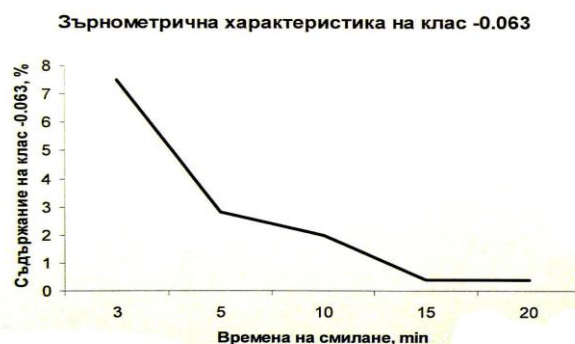
Влияние на олеопалмитостеарина при вибрационното смилане – олеопалмитостеарина е естер на глицерина с олеинова, палмитинова и стеаринова киселини.

Отчитането на изследваните параметри се осъществява по новополучен клас – 0,063 mm.

Лабораторните експерименти се провеждат във вибрираща камера с обем 330 ml при честота 24 Hz и амплитуда от 6 mm.

Експериментални резултати

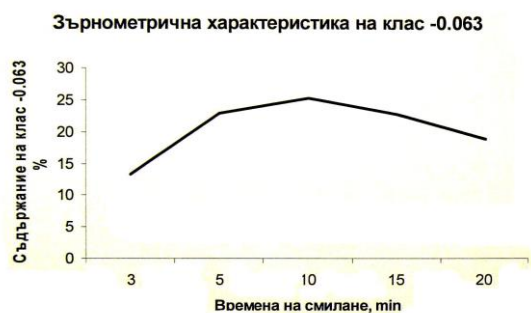
За сравнение на получаваните резултати при изследваните параметри е проведен нулев опит. На фигура 1 е даден получения резултат.



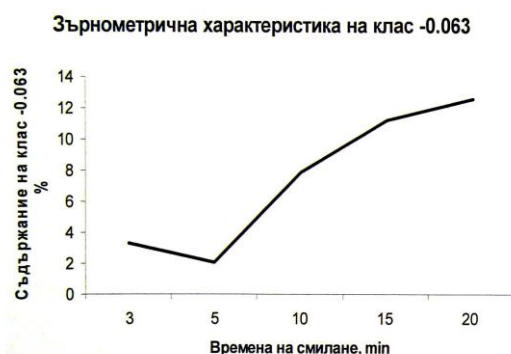
Фигура 1. Нетретирани температурно с алуминиеви стружки по смилане

Алуминиевият продукт след триминутно смилане е с 7,5% клас -0,063, който при 15 и 20 минутно смилане спада под 0,5%.

При изследване на накалени до 600 °C алуминиеви стружки и плавно охлаждане са проверени възможностите на двете работни среди – прът от WC и прът от алуминиева сплав.



Фигура 2. Вибрационно смилане с прът от WC



Фигура 3. Смилане с прът от алуминиева сплав

На фигура 2 са илюстрирани получените резултати при вибрационно смилане с прът от WC, а на фигура 3 са аналогични получените резултати от смилане с прът от алуминиева сплав.

Таблица 1

Зърнометрична характеристика на алуминиев продукт след 10 минутно вибрационно смилане

Класи, mm	Добив на класите	
	Частен %	Сумарен %
+0,63	3,151	100,00
-0,630+0,400	3,151	96,849
-0,400+0,160	28,362	93,698
-0,160+0,125	15,336	65,336
-0,125+0,063	24,790	50,00
-0,063	25,210	25,210
Всичко	100,00	

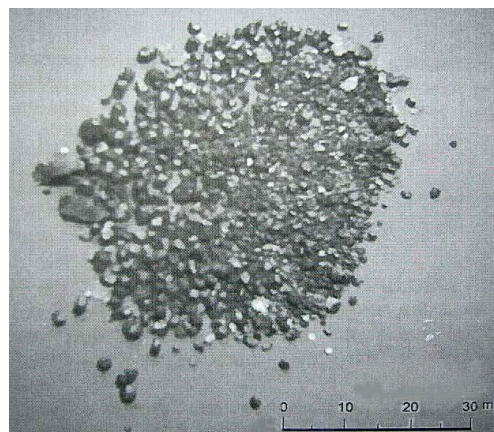
Таблица 2

Зърнометрична характеристика на алуминиев продукт след 20 минутно вибрационно смилане

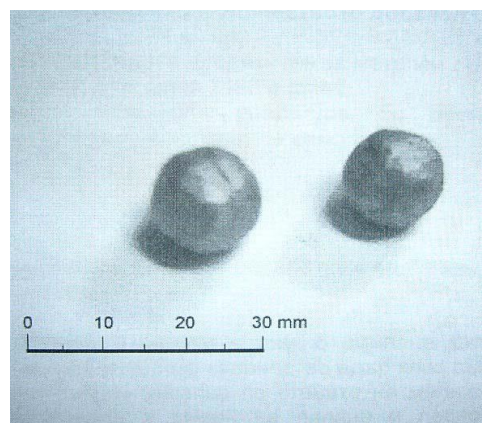
Класи, mm	Добив на класите	
	Частен %	Сумарен %
+0,63	11,555	100,00
-0,630+0,400	9,034	88,445
-0,400+0,160	33,613	79,411
-0,160+0,125	14,706	45,798
-0,125+0,063	18,487	31,092
-0,063	12,605	12,605
Всичко	100,00	

На таблица 1 е демонстрирана зърнометричната характеристика на алуминиев продукт след 10 минутно вибрационно смилане, а на таблица 2 е зърнометричната характеристика на алуминиев продукт след 20 минутно вибрационно смилане с прът от алуминиева сплав.

Вибрационното смилане на наляваните 2 часа при 600 °C с алуминиеви стружки и подложени на рязко охлаждане при условията на експеримента не дадоха фин по зърнометрия алуминиев продукт.



Фигура 4. Алуминиев продукт получен при 5 минутно вибрационно смилане



Фигура 5. Алуминиев продукт след 20 минутно вибрационно смилане с прът от WC

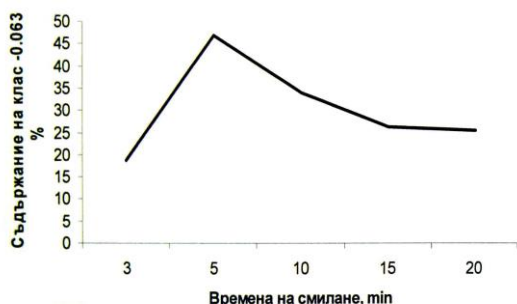
На фигура 4 е показан алуминиев продукт получен при 5 минутно вибрационно смилане, а на фигура 5 същият алуминиев продукт след 20 минутно вибрационно смилане с прът от WC.

Влиянието на олеопалмитостеарина е изследвано при алуминиеви стружки нагледени 2 часа при 600 °C с плавно охлаждане.

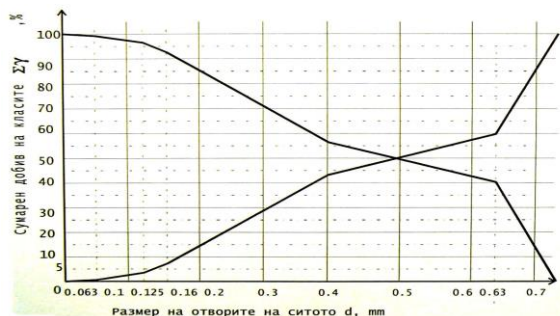
На фигура 6 е дадена графиката за получавания разчетен клас минус 0,063 mm алуминиев продукт при вибрационно смилане с WC прът с количество на 0,5 g на подавания в началото на смилането олеопалмитостеарин.

При този експеримент са наблюдавани интересни трансформации на алуминиеви стружки.

Зърнометрична характеристика на клас -0.063



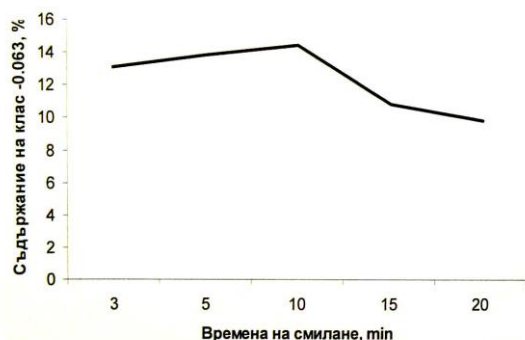
Фигура 6. Разчетен клас - 0,063 mm алуминиев продукт при вибрационно смилане с WC



Фигура 7. Алуминиеви стружки в пластинчата форма

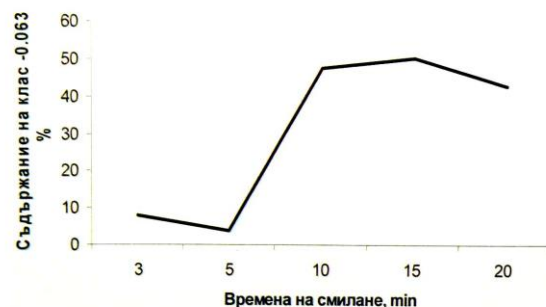
След 3 минутно вибрационно смилане алуминиеви стружки преминават в пластинчата форма, като част от частиците са фини. Регистрира се полепване по стените на мелницата, като налепите леко се отделят. Материала е мазен на пипане и има светлосив цвят. Вида на полученият алуминиев продукт е показан на фигура 7.

Зърнометрична характеристика на клас -0.063



Фигура 8. Процента на фините класи на алуминиевия продукт

Зърнометрична характеристика на клас -0.063



Фигура 9. Влиянието на масата на смилания прът при вибрационно смилане на алуминиеви стружки

След 5 минутно вибрационно смилане се получава голям процент фини класи и има набухване на алуминиев продукт. Полученият резултат е илюстриран на фигура 8.

След 10 минутно вибрационно смилане люспестата форма на частиците се променя в овална. Температурата на работната камера достига 60 °C.

След 15 минутно вибрационно смилане има намаляване на процента на фините фракции. Алуминиевите частици не са мазни на пипане.

След 20 минути смиланият материал визуално не променя своя характер.

Зърнометричната характеристика при най-добрия опит по отношение на клас -0,063 mm при продължителност на смилането от 5 min е дадена на таблица 4.

Таблица 3

Зърнометрична характеристика при най-добрия опит по отношение на клас -0,063 mm при смилането от 5 минути

Класи, mm	Добив на класите	
	Частен %	Сумарен %
+0,63	5,556	100,00
-0,630+0,400	3,703	94,444
-0,400+0,160	19,342	90,741
-0,160+0,125	9,259	71,399
-0,125+0,063	15,432	62,140
-0,063	46,708	46,708
Всичко	100,00	

Влиянието на масата на смилания прът при вибрационно смилане на алуминиеви стружки нагледни до 600 °C и плавно охладени, в присъствие на 0,5 g олеопалмитостеарин е показано чрез графичната зависимост на фигура 9.

Накратко охарактеризираме вида на смилания алуминиев продукт.

След 3 минути вибрационно смилане алуминиевите стружки са с предимно зърнеста форма, като процента на едрите класи е малък. Регистрира се залеждане по стените на работната камера. Продукта е мазен на пипане. Има светло сив цвят.

След 5 минути вибрационно смилане визуално не се отчита промяна в сравнение с 3 минутното вибрационно смилане.

След 10 минути се наблюдава наличие на голям процент фини фракции. Няма залеждане по работната камера. Има тъмно сив цвят.

След 15 минути материала не е мазен на пипане. Голям процент фини фракции. Леко набухване. Температурата се повишава до 60 °C.

След 20 минути смилане визуално не се намира разлика с продукта получаван при 15 минутно вибрационно смилане.

Зърнометричната характеристика на опита (15 минути) показал най-висок процент фини фракции е представен на таблица 4.

Таблица 4

Зърнометрична характеристика на опита (15 минути) показал най-висок процент фини фракции

Класи, mm	Добив на класите	
	Часте н	Сумарен
	%	%
+0,63	3,205	100,00
-0,630+0,400	3,205	96,795
-0,400+0,160	13,462	93,590
-0,160+0,125	7,479	80,128
-0,125+0,063	22,436	72,649
-0,063	50,213	50,213
Всичко	100,00	

Дискусия

Получаването на прахообразни алуминиеви продукти без преминаване през пирометалургична преработка е една интересна възможност за преработката на алуминиев скрап. С помощта на вибрационното смилане реализирането на алуминиевия скрап директно в алуминиеви прахообразни продукти е напълно осъществимо. В предишни изследвания (Kuzev, Hristov, 2000) е установено положителното влияние на олеопалмитостеарина върху смилането на алуминиеви сплави.

След термична преработка може да се очаква нарушаване на структурата на метала чрез създаване на дефекти изразяващи се във формиране на микропукнатини и дислокации. Проведеното наляване до 600 °C с плавно и бързо охлаждане на алуминиев скрап би следвало да даде отражение върху кинетиката на смилането на алуминиевия скрап. Плавното охлаждане е изстиване до стайна температура заедно с охлаждането на пещта, а бързото охлаждане е изваждане от пещта във въздушна атмосфера на нагрятия алуминиев скрап.

Интересно в изследването е и прилагането на смилателна среда с различна маса от тази на нормално използваните стоманени пръти. Масата на WC прът е близо около два пъти по-голяма от тази на железен прът, а пръта от алуминиева сплав е с около два пъти по-малка маса от тази на железен прът.

При директното вибрационно смилане без използване на ПАВ се получават няколко процента клас -0,063 mm в първите минути на процеса, които след това намаляват

(фигура 1). При вибрационно смилане на накален алуминиев скрап и плавно охлаждане се наблюдава увеличаване на получавания клас -0,063 mm, съгласно фигура 2 от 2 до 4 пъти. Интервалът, в който се получават фини фракции е от 5 до 15 минути.

Поведението на накален до 600 °C алуминиев скрап подложен на рязко охлаждане придобива свойството ковкост. При проведеното вибрационно смилане се получават едри пластинки, които след това се спояват и превръщат в сфери с диаметър около 20 mm с висока плътност, което се вижда от фигура 5.

Влиянието на олеопалмитостеарина върху вибрационното смилане е изследвано при различни дозировки (от 0,5 до 1,5 g). Проверено е влиянието на масата на смилателната среда. За експериментите е използван термично обработен до 600 °C алуминиев скрап след бавно охлаждане. Експерименталните резултати са отразени на графична зависимост (фигура 6) отнасящи се за смилане с WC прът и разход на ПАВ 0,5 g, и фигура 9 с графична зависимост отразяваща вибросмилане с прът от алуминиева сплав при същият разход на ПАВ. Максимално достигнатите резултати на разчетен клас -0,063 mm са близки по абсолютна стойност 46,7 % при WC прът и 50,2 % при прът от алуминиева сплав. Достигането на тези стойности става съответно за 5 минути и за 15 минути. Тези резултати потвърждават още веднъж зависимостта между интензивността на удара резултат от масата на смилателното тяло и времето на смилането.

Получените резултати от изследването са в затворен цикъл на смилане. При реализиране на работа на вибрационната мелница в отворен цикъл с отделяне на готовите класи и връщане в процеса на по-едри фракции ще се реализира технологичен процес с висока производителност.

Заклучение

От направеното изследване могат да се направят следните изводи:

1. Вибрационното смилане на алуминиев скрап е икономически оправдан и конкурентен начин за получаване на алуминиеви прахове.

2. Големият ефект от използването на олеопалмитостеарина върху смилането на накален при 600 °C и плавно охладен алуминиев скрап се потвърждава.

3. Вибрационното смилане на накален алуминиев скрап при 600 °C и плавно охлаждане е 3-4 пъти по-ефективно от вибрационното смилане на нетретирен алуминиев скрап.

Литература

Джонс В. 1964. Производство металлических порошков. М., Мир
Kuzev L., Hristov N. 2000. Vibration grinding – an approach for secondary use of refuse metallic aluminum.

Препоръчана за публикуване от
Катедра "Минерални технологии", МТФ

International symposium on Processing of Fines (PROF-2000), 2-3 November, Jamshedpur, India
Ромона О. 1990 Актуальные проблемы порошковой металлургии. М.,
Стоев С. 1985. Материалознание и ремонтно дело. С.,

DESIGN OF CENTRIFUGAL HYDRAULIC CLASSIFIERS BASED ON HYDRODYNAMIC SIMILITUDE

Romulas Sârбу*

University of Petrosani, Romania

ABSTRACT. Today, the hydrocyclon design starts from some technological parameters and empirical calculus relations. The present paper offers a few mathematical models by hydrodynamic similitude, based on experimental research (at laboratory scale) of quartziferous sands. Based on laboratory results, on the correlations between the hydrodynamic and construction parameters, it was carried out a hydrocyclon to the industrial scale. This new type of hydrocyclon was tested to the quartziferous ores from the Faget-Timisoara processing plant. Hydrocyclon design, mathematical models by hydrodynamic similitude.

ПРОЕКТИРАНЕ НА ЦЕНТРОБЕЖНИ ХИДРАВЛИЧНИ КЛАСИФИКАТОРИ НА БАЗАТА НА ХИДРОДИНАМИЧНА СИМУЛАЦИЯ

Ромулус Сърбу

Петрошански университет, Румъния

РЕЗЮМЕ. В съвременни условия проектирането на хидроциклони се осъществява при наличието на няколко технологични параметри и емпирично изчислени зависимости. Представения доклад предлага няколко математически модели на хидродинамична симулация, базирайки се на експериментални изследвания (за лабораторен модел), на кварцови пясъци, съдържащи желязо. На базата на лабораторните резултати и установени корелации между хидродинамичните и конструктивни параметри, бе създаден хидроциклон до индустриални размери. Този нов тип хидроциклон беше тестван в обогатителната фабрика на Тимишоара при обогатяването на кварц-желязо съдържащи руди.

1. MANUFACTURE AND HYDRODYNAMICS OF ADDITIONAL WATER FLOW HYDROCYCLON

The special role the hydrocyclon plays in the field of useful mineral substances processing and within the related industries arises from its multilateral usage. This equipment can be used either for classification, thickening, slime pulp desliming and finally as concentration equipment.

The additional water flow hydrocyclon (see fig. no 1) consists of one relatively high cylindrical part (1) where the raw slime pulp is fed in by means of a feeding pipe (2) placed tangent to the cylindrical part.

At the bottom of cylindrical part certain concentric cones (3) are placed, which are tangentially fed with an additional water flow by means of the inlet pipe connections (4) placed at the same level with the free spaces between the above mentioned cones.

At the moment when the rotary downward slime pulp flow gets into the concentric cones area, named **washing area**, the rotary additional water flow interferes with this one involving the following:

- an increase of particles' tangential motion velocity; this fact brings about an increase of the centrifugal force;

- an increase of dilution which involves a better washing of the fines in the centrifuged material layer and a better aerated re-stratification depending on the sizes;
- driving of slime pulp containing small size particles - onto the hydrocyclon axis, this phenomenon being also favoured by the conic shape of the elements within the washing area.

The slime pulp containing mainly large size particles continues its downward motion, arriving into the lower cylindrical part (5) having larger diameter but lower height which is followed by a conical part (6); these elements can be easily assimilated both in manufacture and operation process with a classical hydrocyclon.

The *radius fracture* involved by the lower cylindrical part leads to a new re - stratification and re-arrangement of the material on size basis, having as final effect a reduction of under-size grains quantity, and implicitly an increase of classification efficiency.

Close to the cone point, a part of downward slime pulp flow changes its motion direction and it is forming an upward helical flow current which is overlapping over the existing upward flow current within the washing area.

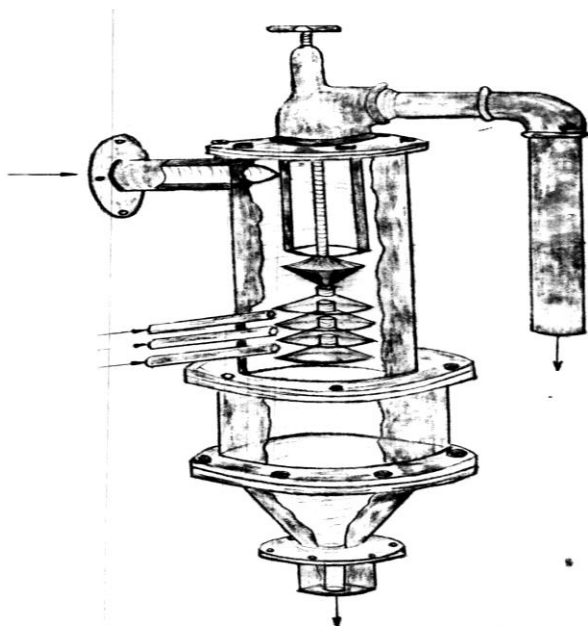


Figure no.1. - Additional water flow hydrocyclon

The slime pulp flow, containing mainly fines, in its upward motion meets a deflecting cone (7), which can be adjusted upon its vertical axis by means of the threaded rod (9) in the view of adjusting the overflowing and, implicitly, the separation size.

The upward pulp slime flow is forced to wrap up onto the lateral face of this cone, and interferes with the central part of the main pulp slime flow, where a relative stratification has already occurred, and takes over a large part of the fines and drives them to the siphon tube (9).

More over, in comparison with the conventional hydrocyclon, the new additional water flow hydrocyclon allows utilisation of certain simple and flexible methods for controlling the sizing process, it can be easily automatized and makes the sizing process be more accurate in accordance with the requirements of modern engineering concerning the processing of mineral resources.

The disadvantages consisting of more complicated construction and additional water consumption are compensated by the special results obtained with this equipment.

With the aim of improving the sizing efficiencies, and, especially, the uniformity rate of the products obtained at Faget – Timis siliceous sand processing plant on one hand and with the aim of establishing the interdependences between the sizing results and the hydrocyclon constructive and hydrodynamic characteristics – on the other hand - a set of 14 sizing tests on raw sand (grit) have been performed with an additional water flow hydrocyclon having the following characteristics:

- diameter of upper cylindrical part $d_2 = 90 \text{ mm}$
- diameter of feeding inlet pipe $d_a = 25.4 \text{ mm}$
- diameter of overflowing outlet pipe $d_s = 25.4 \text{ mm}$,

whose values depend on the deflecting cone position. For this reason the equivalent diameter (d_s) is considered for calculations.

- diameter of coarse product discharging outlet pipe, $d_e = 5 - 10 \text{ mm}$

With the aim of transposition the laboratory research results onto industrial scale, the first step consisted in appraising the influence of the constructive characteristics (d_e and d_s) and of the technological characteristics (dilution "n", and additional water flow rate "q_a" expressed in percentages of feeding flow rate) upon the sizing result expressed by the separation size.

For this purpose the correlation and regression method was used, which, as it is very well known, not only allows determining the linear dependence (with good approximation) but also provides information regarding the intensity with which a variable influences the response. /1/

For a better evaluation of all these dependences, and due to the fact that the dependent variable is the same for all correlations, we proceed to the overlapping of all dependences onto the same diagram, (see figure no. 2).

Analyzing the figure no.2, it can be noticed the variation law of separation size depending on the constructive and technological parameters, as well as their antagonism.

While the separation size increases at the same time with the increase of overflow outlet pipe's equivalent diameter, of feeding dilution and of additional water flow rate, it was registered the decreasing of the under granulation into the thickened product, which leads to the improvement of sizing efficiency. At the same time, an increasing of fines content in overflow is obtained; all these together lead to the increase of the sizing accuracy.

2. TRANSPOSITION OF LABORATORY RESEARCH RESULTS ONTO INDUSTRIAL SCALE

For the design of the hydrocyclon main industrial subassemblies based on hydrodynamic similitude, it was used the mathematical model called "Criterion M" within the specialized reference material, which establishes the relationship between hydrocyclon constructive parameters and processing flow rate.

It will be considered that two models of different dimensions will behave identically from hydrodynamic point of view only if the criterion M has the same value. /2/

$$M = (d_2' - d_1') \times \left[(d_2'^2 - d_1'^2) / Q' \right]^3 \quad (1)$$

Where:

d_2' – diameter of laboratory hydrocyclon's cylindrical part

d_1' – diameter of laboratory hydrocyclon's siphon pipe

Q' – feeding flow rate in laboratory conditions

At the same time it was taken into account the specialized reference material recommendation regarding the ratio between the feeding pipe diameter "d_a", the siphon pipe diameter "d_s", the discharging pipe diameter "d_e", as well as the cylindrical part diameter at the level of feeding pipe "d₂", namely:

$$d_e = (0.4 - 1) d_s; \quad d_s = (0.2 - 0.4) d_2 \quad (2)$$

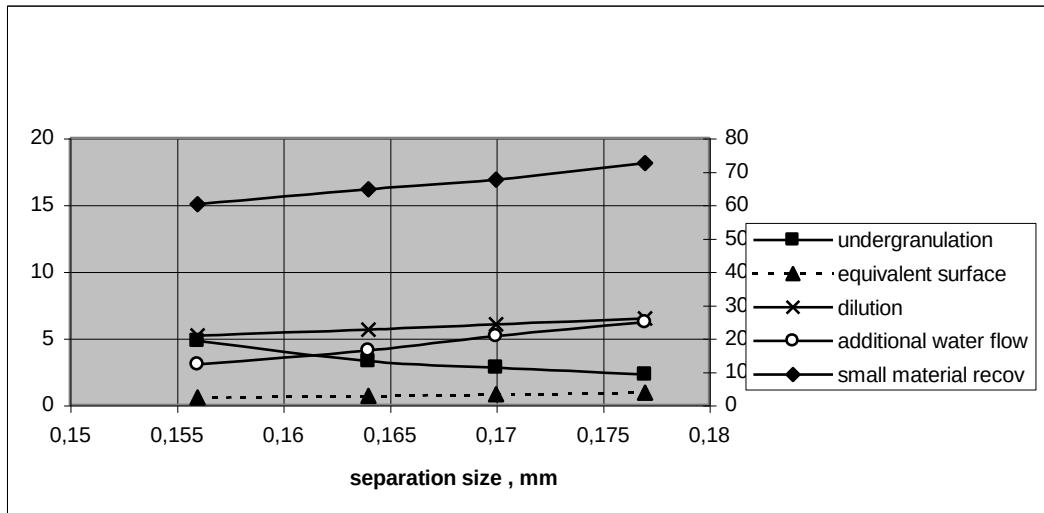


Fig. no. 2 – Variation of separation size with technological parameters

Under the conditions of HCCAD (additional water flow hydrocyclon) - laboratory model the value $M = 26.763$ was obtained.

For example: under the condition of a flow rate established by the beneficiary of $Q=100 \text{ m}^3/\text{h}$, for the same M value, the following constructive dimensions have resulted : $d_2 = 0.400 \text{ m}$, $d_s = 0.160 \text{ m}$, and $d_a = 0.128 \text{ m}$.

The slime pulp ingoing velocity at the level of the feeding inlet pipe results from the law of continuity:

$$Q = u_{t2} \cdot S_a, \quad (3)$$

from where:
 $u_{t2} = 2.16 \text{ m/sec}$.

In order to calculate the tangential velocity at the level of siphon pipe, it was used the relationship of Kellsal /2/:

$$u_{ti} = \frac{u_{t2} r_2}{r_i} \frac{1 + \ln\left(\frac{r_i}{r_1}\right)}{1 + \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)} \quad (4)$$

This way it was found: $u_{t1} = 2.81 \text{ m/sec}$, and $u_{t2}/u_{t1} = 1.30$.

Dynamic pressure at the siphon pipe level is:

$$P_{di} = \frac{u_{ti}^2 \Delta_T}{2} \quad (5)$$

Where:
 Δ_T – slime pulp density

Dynamic pressure considered for 250 gr/l concentration of solid phase in feed is of 4540 N/m^2 .

The separation size achieved by the industrial hydrocyclon results from the condition of equilibrium of centrifugal forces

and of forces of resistance to motion into the separation area, resulting from following relationship:/2/

$$d_p = \frac{3}{u_{ti}} \sqrt{\frac{Q \eta_{st}}{\pi h_i (\delta - \Delta_t)}} \quad (6)$$

Where:

η_{st} = dynamic viscosity of slime pulp,

$$\eta_{st} = \eta \frac{1}{(1 - c_v)^{25}} \quad (7)$$

where:

η = water viscosity, $10^{-3} [\text{Ns/m}^2]$

c_v = volumetric concentration in parts of unit

h_i = height of rotating fluid coaxial area at the siphon pipe area's level

δ = solid phase density

In order to calculate the siphon pipe immersion depth, it is imposed the sizing dimension obtained for laboratory conditions, $0.2 \times 10^{-3} \text{ m}$.

Under these conditions, from relationship (8), the siphon pipe immersion depth against the upper level of feeding pipe will be of 0.22 m . Once this height value is known and using its calculus relation /2/, the apical angle of hydrocyclon conical part will be obtained:

$$h_i = \frac{r_2 - r_1}{\tan \frac{\alpha}{2}} + d_a \quad (8)$$

The resulted apical angle is $\alpha = 105^\circ$, which represent another characteristic of this type of hydrocyclon; this type of angles are met only at the thickening equipment.

Calculation of additional water inlet pipes' diameter and of water penetration tangent speed into the washing area cones'

free spaces results from the condition that the additional water rotary flow rate dynamic pressure of should be greater than the main slime pulp flow rate. Following the above-presented algorithm it results a diameter of 30 mm for the inlet pipes and an additional water flow velocity of minimum 2,79 m/sec, to which corresponds a dynamic pressure of 3917 N/m².

Based on the above-presented theoretical principles, as well as on the similitude mathematical models and on specialized reference material recommendations was designed the additional water flow hydrocyclon HCCAD 400 presented in figure no.3.

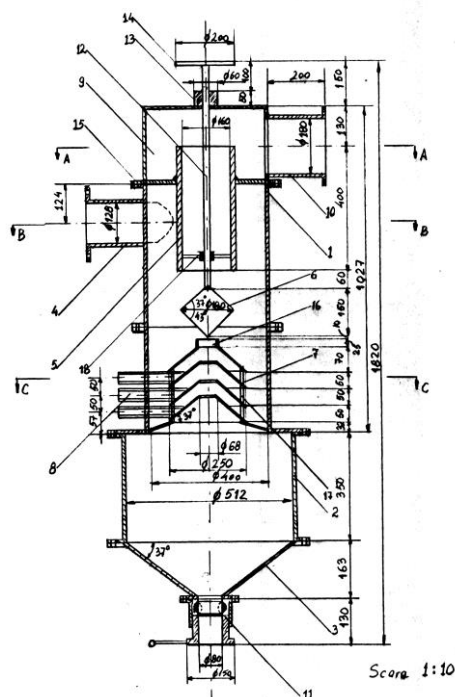


Figure no.3 Additional water flow hydrocyclon – HCCAD 400

1. Upper cylindrical body
2. Lower cylindrical body
3. Conical body
4. Feeding pipe
5. Siphon pipe

6. Deflecting cone
7. Overlapped cones (hoppers)
8. Injection inlets
9. Collecting room
10. Overflow discharging pipe
11. Adjustable discharging device
12. Throated rod

Conclusion

Nowadays, for the design of sizing equipment, in general, and of hydrocyclons, especially, it is proceeded from a few technological pre – established parameters and by means of calculus relationships – which generally are of empiric type – the equipment main constructive elements are dimensioned.

In the present paper, based on a correlation and regression study it is established the influence of constructive and process parameters onto the sizing results, and further on, based on the results obtained and using for this purpose the hydrodynamic similitude mathematical models it is designed an industrial hydrocyclon type HCCAD 400 with nominal processing flow rate of 100 m³/h.

The truthfulness of this dimensioning calculation method was verified in practice at Faget – EXTRACERAM – TIMIS Quartziferous Sand Processing Plant.

Bibliography

1. **Simionescu A., Nagy B.** – *Preparation processes' optimisation*, Technical Publishing House, Bucharest 1979.
2. **Sarbu R.** – *Gravitational Preparation, Vol. I, Petrosani University Lithography*, 1993.
3. **Sarbu R.** – *Additional Water Flow Hydrocyclon, Application for invention patent, Brevet OSIM, no.119930 / 30. 08. 2006.*

Recommended for publication by the Editorial board

WASTEWATER TREATMENT BY FLOTATION

Romulus Sarbu, Toth Lorand

University of Petrosani, Romania

ABSTRACT. The flotation is successfully applied as cleaning method of the wastewaters refineries, textile fabrics (tissues), food industry, paper plants, oils plants, etc. In the flotation process with air released, first of all the water is saturated with air compressed at pressures between 0,3 – 3 bar, followed by the relaxed phenomenon of the air-water solution, in a flotation cell with slowly flowing. The super saturation condition could be applied on the wastewaters treatment. In this case the wastewaters which is in atmospheric equilibrium is introduced in a closed space where the depression is 0,3 – 0,5 bar. Our paper presents the hypo baric flotation cell and the technological flow of the cleaning the domestic wastewaters.

ФЛОТАЦИОННО ПРЕЧИСТВАНЕ НА ОТПАДНИ ВОДИ

Ромулс Сърбу, Тот Лоранд

Петрошански университет, Петрошани, Румъния

РЕЗЮМЕ. Един от най-успешно използваните методи за почистване на отпадни води от нефтопреработвателата, текстилната, хартиена и хранително-вкусова промишленост, е флотацията. При въздушната флотация първоначално водата се насища със съгъстен въздух под налягане 0,3 – 3 бара, последвано от релаксиращия природен феномен на въздушно-водния разтвор във флотационната клетка с бавно протичане на процеса. При пречистването на отпадни води може да бъде приложена схемата на пълно въздушно насищане. В този случай отпадните води са поставени в условия на атмосферно равновесие в затворено пространство и налягането е намалено до 0,3 – 0,5 бара. Нашият доклад представя модел на хипобарна флотационна клетка и технологичния поток на пречистване на битови отпадни води.

Introduction

In practice, the normal (natural) flotation process is different by the flotation with air. In the first case, the material particles lighter than the water (oils, greases) eventually associated with gas bubbles have the tendency to raise to the liquid stationary surface. In the flotation process with air, the material particles heavier than the water are transported to the liquid surface by attaching them with air bubbles.

In this case, the air could be introduced in water likes a very fine bubbles by porous surfaces or by mechanical agitation (flotation with dispersed air); a second modality to obtain the gaseous phase is by the releasing of the solved air in water, as a consequence of abrupt decreasing of the gas pressure lied in equilibrium with the water, case when the became supersaturated with gaseous phase [1].

The main advantages of the aerating system with air released from pulp are:

- the gas micro bubbles are formed directly on the solid hydrophobic particles surfaces; this aspect excludes the necessity of the collision between the particles and bubbles without negative effect on the selectivity of the process;
- the micro bubbles are in a high number offering a liquid-gas surface greatest than the normal bubbles dimension, in correlation with the specific surface of very fine particles from pulp [2].

We can appreciate that the bubbles from the floater device after a pressurization of the wastewater at 2-5 atm is between 30 – 120 microns.

The ascension velocity follows the Stokes law and the elevating velocity of the complex bubble-particle is between $(0.4 - 2)10^{-3}$ m/s, but this velocity increases with air/suspensions report. [4].

The air releasing takes place in reverse condition those which determines the air solving in liquid phase; if a pressure increasing of the pressure from p_1 to p_2 , the air quantity solved in the water will be in accordance with the Henry law:

$$q = k_h(p_2 - p_1)$$

to a decreasing of the pressure under the p_2 value, will takes place a releasing of an adequate quantity of air.

Rays pointed out that the saturation degree is in correlation with the type (shape) of the pressurization container. So, the static containers conduct to a saturation rate about 50 %, but the using of agitation system increases the air solubility to the 90 % comparatively with the conventional retention time.

The air quantity released theoretically from pulp when the pressure will be reduced from p_2 to p_1 , can be calculated with the relation:

$$q' = q_a [fp_2 / p_1 - 1]$$

where: q_a –the water saturation with air to the atmospheric pressure, cm^3/dm^3

f –the saturation fraction in the pressurization container [4].

The influence parameters of the process are: the pressure difference, the expansion duration and the solid concentration.

The suspension concentration is in correlation with the air/suspensions report (A/S). When it is used recycling water for pressurization, A/S report is calculated with the formula:

$$A/S = 1.3R(p_2 - p_1) / p_1 \cdot Q \cdot c$$

where: R is the volume of recycling water pressurized, dm^3

Q is wastewater flow, dm^3

c is the suspensions concentration from feeding, mg/dm^3

To increase the separation efficiency often is necessary to add flocculation agents in feeding, before their mixing with the recycling water.

The design and the functioning of the hypobaric flotation cell

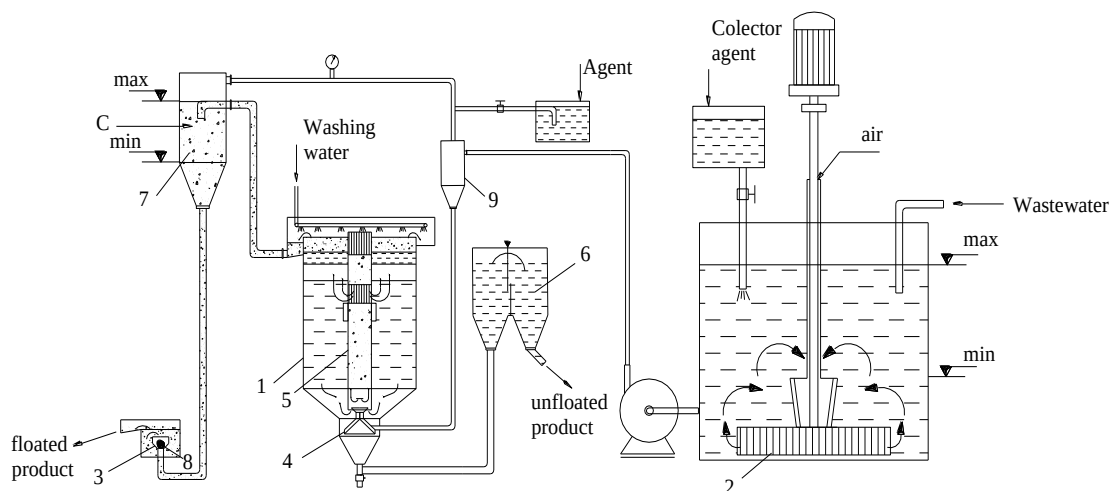
The hypo baric cell flotation cell is an installation with depression, with two novelty elements e.g. a hypo baric static cell and a hydroairator (a special device) which realize the necessary depression above the water mirror and on the other hand, enriching with air of the recycling water.

In the technical references there are some types of vacuum flotation cells whose functioning principle consists of the saturation of pulp with air followed by their introducing in a closed space with lower air pressure. To a decreasing of air pressure a part of solved air releases under micro bubbles form and in their elevating will rally in the froth layer the hydrophobic particles. In order to assure the resistance of bubbles, in the pulp is added frothing agents.

The main disadvantages of these installations are in connection with the products evacuation, because the flotation cells are disposed in vacuum spaces, great energy consumptions and moving parts of installation.

The hypo baric flotation installation presented in figure 1 eliminates these disadvantages, having in component part a flotation cell (1) with hydroairator (9), hermetically closed and with any part in moving. The feeding saturated with air by agitating in the agitator (2), assures the depression necessary to the air releasing and to the froth elevating in the separation basin (7). In this basin, the pulp weight containing the floated product is greater than the ball weight with role of valve of the evacuation hydraulic device (8).

The unfloated product is evacuated to the bottom of cell by the device (6). A part of this product is the recycling water, which feed the hydroairator (9). The emulsion water-air fed tangentially in the accelerating device (4) is interfered with the pulp feeding in floatator device (5), which has oblique slits trough to go out the mineralized bubbles. The floated product is evacuated by the cell overflow in the basin (7). This product that is rich in organic matter can be used in future agricultural activities, like fertilizer agent. The rest of unfloated product can be used in another domains or can be treated in a secondary cleaning phase. [3]



HYPOBARIC FLOTATION CELL

- | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------|
| 1 - flotation cell | 4 - Accelerating device | 7 - Separation device |
| 2 - Agitator | 5 - Flotator device | 8 - Hydraulic device |
| 3 - Floated product basin | 6 - Unfloated product device | 9 - Hydroairtor |

Experiments and results

The research to the laboratory scale was carried out on domestic wastewaters from Danutoni station and the aim of these researches was to eliminate the organic matter (CCO) and the suspensions from waters. The technological parameters were: the agitation time; the recycling report; the temperature and the separation time.

The simple flotation (without flocculant reagents adding), at recycling reports between 10 – 30 % pointed out the experience of a linear correlation between the process efficiency (the organic matter removal) and the recycling report. To a conditioning time about 3 minutes, the efficiency process of the suspensions removal was in the domain 60 – 80 % and for the organic matter removal, between 45 – 75 %. An increasing of the conditioning time by agitating had a low influence on the flotation efficiency.

Conclusions

This new hypo baric flotation installation presents some advantages such as:

- A higher efficiency of collision between the solid suspensions and the released bubbles gas;
- The flotation machine has no moving part and the novelty character is absolutely by the fact that whole process (aerating, adhesion, internal circulation, the products evacuation) is a consequence of a synergism between the gravimetric and centrifugal field;
- The obtained results justify the continuation of the research on other wastewaters types.

References

1. Haneş N., Sârbu R., Bădulescu C. – Protecția mediului și a muncii în procesarea resurselor minerale, Ed. Infomin, Deva, 1999.
2. Sârbu R. – Instalație de flotație hipobarică, Brevet OSIM, 199992 / 30. 08. 2006
 - a. Medaille d'or, Brussels 2003
3. Krausz S. – Teoria și tehnologia flotației, Ed. Matrix, București, 2001.

Recommended for publication by the Editorial board

ТЕХНОЛОГИЧНО ДЕЙСТВИЕ НА НАНО-ЧАСТИЦИТЕ В ОБОРОТНИТЕ ВОДИ – ЕЛЕКТРОКИНЕТИЧНИ АСПЕКТИ

Лина Петкова¹, Антоанета Ботева²

¹Минно-геоложки университет "Св.Иван Рилски", 1700 София; lina.petkova@abv.bg

²Минно-геоложки университет "Св.Иван Рилски", 1700 София; tony@mgu.bg

РЕЗЮМЕ. Понастоящем почти навсякъде флотационните обогатителни фабрики в света са преминали на пълно оборотно водоснабдяване. Причините за това са две – строгите изисквания към опазването на околната среда и недостига на вода. Технологичните оборотни води се отличават от естествените сладки води по две свои характеристики – разнообразен йонен състав и присъствие на фино диспергирани минерални частици. Последните взаимодействуват електрокинетично във флотационния пулп от една страна с минералните дисперсни системи и от друга страна с газовата дисперсна система. Настоящата статия е посветена именно върху електрокинетичните аспекти на тези взаимодействия. Измерени са електрокинетични параметри на твърдата фаза в оборотните води на фабрика Асарел, преработваща медна сулфидна руда. Направена е теоретическа интерпретация на получените резултати.

A TECHNOLOGICAL ACTOIN OF NANO – PARTICALS IN RECYCLING WATERS – ELECTROCINETICAL ASPECTS

Lina Petkova¹, Antoaneta Boteva²

¹University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia; lina.petkova@abv.bg

²University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia; tony@mgu.bg

ABSTRACT. Now the flotational factories almost everywhere in the world use the process of full recycling waters. The main reasons are the strict requirements refer to preservation of the environmental and the lack of water. The technological floating water is different from the natural fresh water in two characterizations: a varied ionic structure and a presence of fine disperse mineral parts. The last ones interact electrokinetically in the flotational pulp as well as with mineral and gas disperse systems. The present article treats of the electrokinetical aspects of these interactions. Here were measured the electrokinetical parameters of the hard phase in recycling water of "Asarel" factory, that process copper sulfide ore. It was made a theoretic interpretation of the results.

Въведение

Времето, когато обогатителните фабрики използваха в качеството на технологична вода свежа речна, езерна или изворна вода отдавна отмина. Необходимостта от ограничаване замърсяването на водните ресурси на земята предизвика повсеместно затваряне на технологичните цикли и понастоящем почти навсякъде и при преработката на почти всички типове суровини се работи на пълен водооборот. Този режим обаче поставя въпросът за ролята на частиците с размери под 10 μm , които неизбежно присъстват в оборотните води, върху цялостния технологичен процес. Фините частици от оборотните води влияят върху технологичния процес основно като адхезионно закрепени налепи върху минералните частици след смилането на суровините. При диспергирана газова фаза те могат да се акумулират в хидратните слоеве на въздушните мехури. И двете технологични прояви на фините частици от оборотните води са свързани с електрокинетичния им потенциал. (Петкова и Ботева, 2006; Addai – Mensah and Ralston, 2006; Bozkurt et al., 2006; El Salmawy et al., 2006; Özbayoğlu, 2006; Vidyadhar et. al., 2006; Boteva and Petkova, 2007). Настоящата статия е посветена именно на този проблем, като се проследят флуктуациите в електрокинетичния

потенциал на твърдата фаза в оборотните води. Тези флуктуации неизбежно са свързани с флуктуации в технологичното поведение на фините частици, съдържащи се в оборотните води.

Методика на изследването

Изследвани са единични проби от оборотните води на ОФ "Асарел", взети в продължение на 5 дни през интервали от 2 часа в количество от 2 литра. Съгласувано с времето на вземане на пробите от оборотната вода са отчетени технологичните съдържания на Cu в рудата, концентрата и отпадъка (взети от автоматичният анализатор). Всяка една от единичните проби е разделена на 2 части. На едната част е направен химичен анализ чрез ICP анализатор на съдържанието на Cu, S и Fe, определено е и pH на средата, концентрацията на SO_4 и CO_3 аниони. Втората част от пробата е подкиселена до pH 5 и транспортирана за извършване на изследване по определяне ζ -потенциала на частиците с размери по-малки от 10 μm . Изследванията на ζ -потенциала са реализирани с помощта на Zetasizer Nano метър (фиг.1), производство на Malvern (Лондон).



Фиг. 1. ZetaSizer Nano Meter

Всяка от пробите преди провеждане на изследването е добре хомогенизирана като рН е алкализирано до първоначалното му състояние. На анализ е подложена проба от 100 ml.

Таблица 1

Зависимост на технологичните показатели от ζ -потенциала и механичните примеси в оборотните води

№	Дата	Час	Мех. пр. g/l	ζ mV	Зах. α , %	Конц. β , %	Отп. θ , %	Доб. γ , %	Изв. ε , %
1	23.04.2007	9.00	0.21	-12.4	0.3905	18.44	0.064	1.78	84.05
2	23.04.2007	11.00	0.288	-4.35	0.393	14.96	0.052	2.29	87.17
3	23.04.2007	13.00	0.207	-7.01	0.3835	24.61	0.063	1.31	84.07
4	23.04.2007	15.00	0.2	-9.22	0.379	23.82	0.0625	1.33	83.59
5	24.04.2007	9.00	0.164	-13.9	0.3695	24.11	0.059	1.29	84.17
6	24.04.2007	11.00	0.21	-2.48	0.3695	24.03	0.0605	1.29	83.89
7	24.04.2007	13.00	0.198	0.284	0.370	23.92	0.0635	1.28	82.75
8	24.04.2007	15.00	0.232	-0.613	0.3845	24.23	0.066	1.32	83.25
9	25.04.2007	9.00	0.199	-11.3	0.3465	23.90	0.0595	1.20	82.77
10	25.04.2007	11.00	0.221	-4.85	0.3335	12.85	0.0605	2.13	82.07
11	25.04.2007	13.00	0.23	-3.70	0.3475	20.73	0.0605	1.39	82.92
12	25.04.2007	15.00	0.256	-5.10	0.364	22.64	0.066	1.31	81.48
13	26.04.2007	9.00	0.21	-6.34	0.421	18.04	0.056	2.03	86.99
14	26.04.2007	11.00	0.256	-12.1	0.423	20.14	0.0585	1.82	86.65
15	26.04.2007	13.00	0.296	-9.24	0.4215	21.74	0.0575	1.68	86.65
16	26.04.2007	15.00	0.286	-13.2	0.4055	23.18	0.0565	1.51	86.32
17	27.04.2007	9.00	0.221	-8.15	0.2945	21.40	0.0525	1.13	82.11
18	27.04.2007	11.00	0.242	-8.17	0.323	26.72	0.0605	0.98	81.07
19	27.04.2007	13.00	0.248	-5.62	0.334	20.65	0.0595	1.33	82.23
20	27.04.2007	15.00	0.252	-3.16	0.3405	25.13	0.0605	1.12	82.66

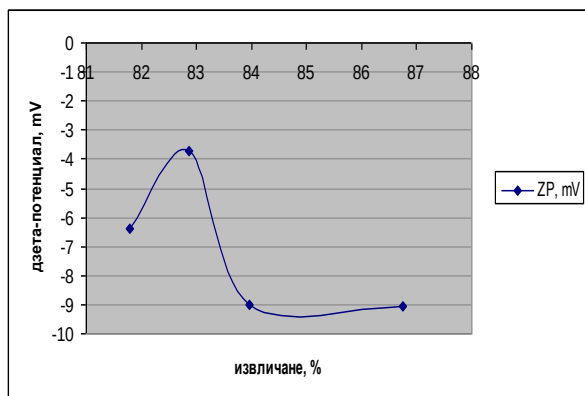
Получени резултати и дискусия

Получените при проведените експерименти резултати, са дадени в таблици 1-2 и фигура 2-3. В таблица 3 е представен коефициента на корелация между дзета-потенциала и извличането на мед, а в таблица 4 коефициента на корелация между дзета-потенциала и съдържанието на мед в концентрата. В таблица 5 са дадени стойностите на изчисления коефициент на корелация между ζ -потенциала и технологичните показатели на течната фаза на оборотните води. Получените при проведените изследвания резултати, по наше мнение, могат да се интерпретират:

1. Всички резултати еднозначно показват прогнозирания факт, че ζ -потенциала на частиците на твърдата фаза, намиращи се в оборотните води, зависи от йонния състав на течната фаза. Най-силна е корелацията между интегралния ζ -потенциал на твърдите частици и рН на

водата, следвана съвсем непосредствено от съдържанието на SO_4^{2-} . Повишаването на рН води до повишаване на отрицателните стойности на ζ -потенциала, а повишаването на концентрациите на SO_4^{2-} , води до намаляването им. При това, и в двата случая е близка до 0,5. Повишаването на концентрацията на медни катиони в течната среда води естествено до намаляване на отрицателния ζ -потенциал. Високата стойност на корелационната зависимост обаче показва, че твърдата фаза не е еднородна, тъй като нейното отношение към медните катиони е различно.

2. В изследваните частични проби от оборотни води, ζ -потенциала се променя в широки граници. Той достига до точката на нулевия заряд, но остава електроотрицателен. Това показва, че тези фини частици ще полепват основно върху положително заредените участъци от минералната повърхност или т.нар. анодни участъци, а те са там, където има излишък на катиони.



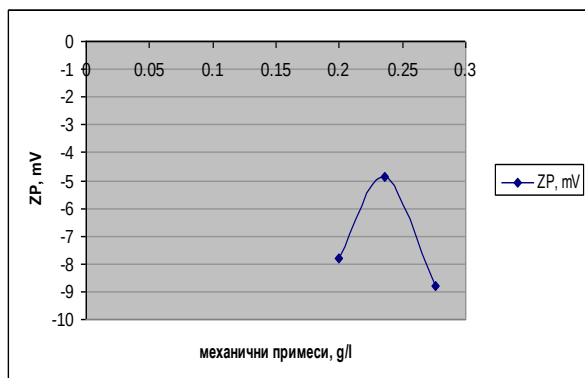
Фиг. 2. Зависимост между извличането на Cu и ζ-потенциала

Таблица 2

Анализ на състава на частичните проби от оборотните води

Да та	Час	pH	Cu	SO ₄	CO ₃	Мех. пр.
			g/l	g/l	g/l	g/l
23.	9	9.60	Отс.	223	3,613	0.21
23.	11	11.53	Отс.	197,6	4,024	0.288
23.	13	11.60	Отс.	136,8	2,926	0.207
23.	15	11.68	3,11	177,3	2,111	0.2
24.	9	9.48	0,001	211,3	3,62	0.164
24.	11	11.38	0,021	157,3	3,648	0.21
24.	13	11.41	0,138	151,6	4,222	0.198
24.	15	11.56	0,110	169,3	2,311	0.232
25.	9	11.48	Отс.	198,5	3,911	0.199
25.	11	11.28	Отс.	211,3	4,06	0.221
25.	13	11.25	Отс.	159,6	3,221	0.23
25.	15	11.45	Отс.	161,3	2,426	0.256
26.	9	9.52	0,027	199,8	4,012	0.21
26.	11	11.59	Отс.	221,9	3,121	0.256
26.	13	11.35	Отс.	243,6	4,022	0.296
26.	15	10.38	Отс.	216,8	2,911	0.286
27.	9	10.22	0,004	221,9	4,996	0.221
27.	11	11.38	0,002	219,8	3,356	0.242
27.	13	11.60	0,046	238,8	3,421	0.248
27.	15	11.53	0,028	245,6	3,641	0.252

3. Очевидно е влиянието на Cu²⁺ върху ζ-потенциала. При нарастване на тяхната концентрация, отрицателния ζ-потенциал намалява.



Фиг. 3. Зависимост между механичните примеси и ζ-потенциала

Таблица 3

Коефициент на корелация (-0.3076) между дзета-потенциала и извличането на мед

№	ZP(X)	ε _{Cu} (Y)	X ²	Y ²	XY
1	-12.4	84.05	153.76	7064.40	-1042.22
2	-4.35	87.17	18.92	7598.61	-379.19
3	-7.01	84.07	49.14	7067.77	-589.331
4	-9.22	83.59	85.01	6987.29	-770.7
5	-13.9	84.17	193.21	7084.59	-1169.96
6	-2.48	83.89	6.15	7037.53	-208.047
7	0.284	82.75	0.081	6847.56	23.501
8	-0.613	83.25	0.376	6930.56	-51.0323
9	-11.3	82.77	127.69	6850.87	-935.301
10	-4.85	82.07	23.52	6735.49	-398.04
11	-3.7	82.92	13.69	6875.73	-306.804
12	-5.1	81.48	26.01	6638.99	-415.548
13	-6.34	86.99	40.196	7567.26	-551.517
14	-12.1	86.65	146.41	7508.22	-1048.47
15	-9.24	86.65	85.378	7508.22	-800.646
16	-13.2	86.32	174.24	7451.14	-1139.42
17	-8.15	82.11	66.42	6742.05	-669.197
18	-8.17	81.07	66.75	6572.35	-662.342
19	-5.62	82.23	31.58	6761.77	-462.133
20	-3.16	82.66	9.986	6832.68	-261.206
Σ	-140.6	1676.9	1318.5	140663.1	-11837.6

4. На фигура 2 е показана зависимостта между извличането на мед в концентрата и ζ-потенциала. ζ-потенциала се променя от -4 до -9, при което най-високото извличане от 84 % до 87 % се наблюдава при високият електроотрицателен потенциал на фините частици в оборотните води. Очевидно разликата в извличането от 84 % до 87 % се дължи на други не свързани с полепването на фините частици върху флотиремите минерални зърна причини. Но разликата между извличането от 83 % и 84 % очевидно е свързана с наледи от фините частици, т.к. енергийната бариера е паднала. Тези изводи обаче се нуждаят от допълнителни флотационни опити с реална руда.

Таблица 4

Коефициент на корелация (-0.02223) между дзета-потенциала и съдържанието на мед в концентрата

№	ZP(X)	β(Y)	X ²	Y ²	XY
1	-12.4	18.44	153.76	340.03	-228.67
2	-4.35	14.96	18.92	223.80	-65.08
3	-7.01	24.61	49.14	605.65	-172.52
4	-9.22	23.82	85.01	567.39	-219.62
5	-13.9	24.11	193.21	581.29	-335.13
6	-2.48	24.03	6.15	577.44	-59.59
7	0.284	23.92	0.081	572.17	6.793
8	-0.613	24.23	0.376	587.09	-14.85
9	-11.3	23.9	127.69	571.21	-270.07
10	-4.85	12.85	23.52	165.12	-62.32
11	-3.7	20.73	13.69	429.73	-76.70
12	-5.1	22.64	26.01	512.57	-115.46
13	-6.34	18.04	40.196	325.44	-114.37

14	-12.1	20.14	146.41	405.61	-243.69
15	-9.24	21.74	85.378	472.62	-200.88
16	-13.2	23.18	174.24	537.31	-305.98
17	-8.15	21.4	66.42	457.96	-174.41
18	-8.17	26.72	66.75	713.96	-218.30
19	-5.62	20.65	31.58	426.42	-116.05
20	-3.16	25.13	9.986	631.52	-79.41
Σ	-140.6	435.2	1318.5	9704.4	-3066.3

Таблица 5

Стойности на изчисления коефициент на корелация

Изчислени величини	Стойност на коефициента на корелация	Средна грешка на коефициента на корелация
	r_{xy}	Δr
ZP спрямо pH	0,4807	0,172
ZP спрямо Cu^{2+}	-0,2454	0,297
ZP спрямо SO_4	-0,4642	0,175
ZP спрямо CO_3	0,0262	0,223
ZP спрямо ϵ_{Cu}	-0,3076	0,202
ZP спрямо β_{Cu}	-0,0222	0,213

5. Количеството на механичните примеси в оборотните води е относително постоянно, но те са с разнороден състав. Затова говори промяната в ζ -потенциала от -5 mV до -9 mV, която промяна е възможно да се дължи и на променен йонен състав на течната фаза, но вероятно се дължи и на променен веществен състав.

6. В реални условия точното интерпретиране на ζ -потенциала на фините твърди частици в оборотните води е силно затруднено от множество неконтролируеми фактори, но безспорен е факта, че вредната роля на

фините минерални частици, участващи в оборотните води върху извличането нараства с намаляване на електроотрицателния ζ -потенциал.

Литература

- Петкова, Л., А. Ботева. 2006. Изследване влиянието на йонния състав на флотационния пулп върху ζ -потенциала на колоидните разтвори от органичните депресори. – Год. на МГУ “Св. Ив. Рилски”, том 49, св. II, Добив и преработка на минерални суровини, 171-173
- Addai – Mensah, J., J. Ralston, 2006. Improving the consolidation of mineral dispersions via electroosmotic dewatering. *XXIII IMPC, vol. 2, Istanbul, 1649-1654.*
- Boteva, A., L. Petkova. 2007. A new method for improvement of selective flotation using organic depressors. *XII BMPC, National Technical University of Athens, Athens, 201-204p.*
- Bozkurt, V., Y. Ucbas, E. Sommez, H. Ipek, S. Kosa. 2006. Separation of feldspar minerals from quartz using magnetic carrier technology. *XXIII IMPC, vol. 2, Istanbul, 963-968p.*
- El Salmawy, M. S., E. Kusaka, T. Wakamatsu, 2006. Tilton X-100 and its oligomer, Tyloxapol (Triton WR-1339): Their collecting and electrokinetic behavior in the flotation of quartz and microcline. *XXIII IMPC, vol. 2, Istanbul, 1017-1025p.*
- Özbayoğlu, G. 2006. Beneficiation of boron minerals. *XXIII IMPC, vol. 2, Istanbul, 1053-1062p.*
- Vidyadhar, A., K. H. Rao, K.S.E. Forssberg. 2006. mixed cationic/anionic collectors in the flotation separation of albite from Greek stefania feldspar ore. *XXIII IMPC, vol. 2, Istanbul, 955-962p.*

Препоръчана за публикуване от
Катедра “Минерални технологии”, МТФ

ВЪЗМОЖНОСТИ И ПРОБЛЕМИ ПРИ ОПОЛЗОТВОРЯВАНЕ НА БИОМАСАТА КАТО ЕНЕРГИЙЕН РЕСУРС

Ирена Григорова, Иван Нишков, Валентин Велев

Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София, irena_mt@abv.bg

РЕЗЮМЕ. Разгледани са възможностите за използване на биомасата като енергиен ресурс в страните от Европейския съюз и са очертани проблемите и екологичните аспекти при производството ѝ за енергийни цели. Анализирани са условията, потенциала и значението на биомасата в България. Проучени са икономическите предпоставки за сегашната ѝ употреба и бъдещото приложение в страната ни. Предложени са мерки за разширяване потреблението и повишаване на енергийната ефективност при използване на биомасата, насочени към увеличаване на добива и преработка на малоформатна дървесина, и въвеждане на инсталации за нейното изгаряне.

В резултат на проучването е установено, че повишеното използване на биомаса за енергийни цели е перспективно направление за заместване на традиционните източници, увеличава възможностите за износ на електроенергия, и намалява енергийната зависимост на страната ни.

POTENTIALITY AND PROBLEMS BY UTILIZATION OF BIOMASA LIKE ENERGETIC RESOURCES

Irena Grigороva, Ivan Nishkov, Valentin Veleв

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", Sofia 1700, irena_mt@abv.bg

ABSTRACT. There are examined the potentialities of biomass like energetic resources in the countries of European alliance and there are delineated the problems and the ecology aspects by production for energetic aims. There are analyzed the opportunities, the potential and the meaning of the biomass in Bulgaria. There are investigated the economy premises for its present use and future appliance in our country. There are suggested measures for expanding the consumption and increasing of the energy efficient in using of the biomass, composed of increasing the production, remaking of small sized wood, introducing of installations for its burning.

It was determined in fact of the investigation that the increased using of biomass for energetic aims would conduct to economy of electric energy and fuels, from there to increasing their possibilities for export, which is traditional for Bulgaria and so to decreasing of the energetic dependence of our country.

Биомасата като енергиен източник

Биомасата е естествен, напълно самовъзобновяващ се и важен алтернативен източник на енергия. Тя има най-голям енергиен потенциал, в сравнение с всички други енергийни източници. В началото на XXI век биомасата е четвъртия по значение енергиен източник след въглищата, нефта и природния газ.

При енергийното оползотворяване на биомасата особено от дървен материал, се реализира екологичен ефект чрез понижаване емисиите от серен и въглероден диоксид. Поради тази причина биомасата се оценява като гориво, което позволява възтановяване на енергийния източник. Не случайно възобновимите енергийни източници се назовават "енергия на бъдещето". От енергийна гледна точка 5 kg. дървесни отпадъци с влажност до 50,0% заместват 1 kg. мазут. (Правната рамка за използването на биомасата в страните от Европейския съюз и Република България, 2005).

Съществува голямо разнообразие от биомаса, но основните видове, които представляват интерес от енергийна гледна точка са дървесина, енергийни култури,

селскостопански, индустриални и градски отпадъци, утайки от пречиствателни станции и други.

Биомасата може да се оползотворява по един от следните методи:

Чрез пряко изгаряне:

- Без преработка – дърва за огрев.
- След надробяване – дървесни трески и кори за отопление и комбинирано производство.
- След механично пресоване – дървесни брикети, пелети.

Чрез индиректно изгаряне:

- След преработка в газообразни биогорива – биогаз, сметищен газ и др.
- След преработка в течни биогорива – биоетанол, биометанол, биодизел
- След термохимично разлагане (пиролиза) (Euroobserver, 2003).

Предимствата при използването на биомаса са много и се изразяват в оползотворяване на отпадъци от дърводобива и дървопреработката, чрез преработката им във вид на брикети, в намаляване на количествата вредни емисии отделени във въздуха, в създаване на предпоставки за развитие на екологосъобразни

производства. Производството и употребата на биодизелови горива допринася за намаляване на общото замърсяване на атмосферния въздух и свързаното с това вредно влияние върху здравето на хората.

Биомасата като енергиен ресурс в Европейския съюз

Биомасата съставлява около 54,0% от дела на използваните възобновяемите енергийни източници. Основен дял от биомасата заема дървесината. Европа разполага с повече от 100 милиона хактара гори, Франция, Швеция, Холандия са лидери в производството на енергия от дървесина. Дания е лидер в производството на пелети от слама – 300 000 тона годишно.

Финландия и Швеция са водещи в оползотворяването на дървесината за нуждите на енергетиката, Франция е лидер в областта на биогоривата, а Англия в производството на биогаз. В САЩ през последното десетилетие над 4 % от консумираната енергия е произвеждана от биомаса, с тенденции за увеличаване на този дял.



Фиг. 1. Разпределение на различните видове възобновими енергийни източници в рамките на Европейския съюз [EurObserv'ER2003]

На фигура 1 са представени различните видове възобновяеми енергийни източници в Европейския съюз. От фигурата е видно, че биомасата като източник на енергия е с най-голям количествен дял (51,0%) спрямо останалите възобновяеми енергийни ресурси.

Според Международната енергийна агенция IEA през 1999 година в страните от Европейския съюз са произведени 17,3 терават часа, електроенергия на база изгаряне на дървесина. (Euroobserver, 2004) Възможностите на биомасата като гориво са големи и е напълно постижимо към 2010 година в страните от Европейския съюз производството на електроенергия от дървесина да достигне около 70 терават часа.

За да се постигне набелязаната цел е необходимо да бъдат решени важни технически и финансови проблеми във връзка с въвеждането на енергийни централи с когенерация. Изследванията показват, че темповете на въвеждане на биомасата в енергетиката на ЕС са незадоволителни.

В момента са налице два основни фактора, които стимулират разширяване използването на биогорива в областта на транспорта, а именно намаляващите запаси от петрол и негативното влияние на транспортните средства върху околната среда. През последните 10 години участието на транспорта в глобалното затопляне е нараснало от по-малко от 20,0% на повече от 25,0%.

Екологичните аспекти при производството и използването на биомасата акцентират главно върху значителното намаляване на вредни газове, отделяни при изгарянето на биомаса в атмосферата в сравнение със същите, изхвърляни при добива и преработката на ископаеми горива. Таблица 1 отразява сравнителни данни за вредни емисии след изгаряне на черни въглища и дървесни брикети.

Таблица 1.
Съотношение на вредните емисии след изгаряне на черни въглища и дървесни брикети

Емисии	Черни въглища, 1t.	Дървесни брикети, 1t.	Отношение дървесни брикети/черни въглища
Пепел	26,5 kg.	1,0 kg.	26,5 пъти по-ниско
SO ₂	30,0 kg.	0,0 kg.	30,0 пъти по-ниско
N ₂ O ₂	5,0 kg.	1,8 kg.	5,0 пъти по-ниско

Известно е, че горивните процеси са основен източник на диоксини и фурани. Таблица 1 показва, че при изгаряне на 1 тон дървесни брикети се отделя 26,5 пъти по-малко пепел, 30 пъти по-малко серен диоксид и 5 пъти по-малко N₂O₂ в сравнение с изгаряне на черни въглища.

Въвеждането на възобновяеми енергийни източници като ресурси би довело до намаляване енергийната зависимост на Европа от Русия, която се увеличава и към 2020 година ще достигне около 70,0%.

Биомасата в България

Биомасата е възобновяем енергиен източник и нейното използване в бъдеще ще се ползва с приоритет в целия свят. В България дървесината е с най-голям дял в първичното и крайно енергийно потребление от всички останали възобновяем източници.

България разполага със значителен неусвоен потенциал от възобновяеми енергийни източници особено от биомаса/дървесина – 3,4 милиона хектара горски площи. (Правната рамка за използването на биомасата в страните от Европейския съюз и Република България, 2005).

Приблизителна оценка на потенциала на биомасата в България е представен в таблица 2.

Таблица 2.

Теоретичен потенциал на биомасата в България, ktоe

Енергийни култури	840
Селскостопански отпадъци	1880
Градски твърди отпадъци	310
Дърва за огрев	550
Други	35
Общо	3615

Таблица 2 показва, че енергийния потенциал на дървата за огрев (550 ktоe) съставлява 15,0% от общия потенциал на биомасата.

Относителните дялове на различните горива от биомаса са представени на фигура 2.

*ktоe- хиляда тона нефтен еквивалент



Фиг. 2. Относителни дялове на биогорива в България

От фигура 2 се вижда, че селскостопанските твърди отпадъци заемат най-голям относителен дял (52,0%) от различните горива от биомаса, след тях се нареждат енергийните култури с относителен дял 23,0%, дървата за огрев – 15,0% и градските твърди отпадъци – 9,0%.

Въпреки множеството изследвания и разработки с цел оползотворяване на селскостопанските и градски твърди битови отпадъци, както и за отглеждане и оползотворяване на енергийни култури, все още не са реализирани мащабни проекти. Основната причина за това е, че при действащите до сега цени на горива и енергии те са нерентабилни.

На практика ресурсът от селскостопански твърди и течни отпадъци е разпределен на малки части в голям брой стопанства и макар за някои по-големи стопанства да е възможно разработването на проекти за собствени нужди, транспортните разходи и трудната организация са причини да не се предприема изграждането на централизирани инсталации.

Усилията трябва да се насочат към:

1. По-точна оценка на възможностите за увеличаване на добива на дървесина.
2. Стабилизиране на цената на дървесината, чрез намаляване на разходите за добива.
3. Повишаване енергийната ефективност на използваните за изгарянето на дървесина съоръжения.

Икономически предпоставки за сегашната употреба и бъдещото приложение на биомасата

Предпоставките за нарастващия интерес и използване на биомасата като енергоизточник се формират на глобално и национални равнища. Сред научните среди съществува консенсус, че използването на биомасата е практически инструмент за ориентиране на икономиката към принципите на устойчивото развитие. Намаляване на относителния дял на фосилните горива и прекъсване на абсолютната зависимост на съвременното общество от тях е условие за тяхното съхраняване, чрез разумни темпове на потребление, и същевременно естествен регулатор на цените на твърдите и на течните горива.

При адекватна политика тези глобални проявления ще намерят конкретни проявление и положителни ефекти на национално равнище, изразяващи се в ограничаване в известна степен на националната зависимост от внос на суров петрол и в развитието на селскостопанските райони, чрез инициране на бизнес инициативи и реализирането на програми за оползотворяване на биомасата за енергийни цели.

Нарастващата употреба на дървесина в страната ни се дължи основно на ниската ѝ цена и незначителните инвестиции за съоръжения, необходими за трансформирането ѝ в топлинна енергия.

Непрекъснатото покачване на цените на течните горива, природния газ и въглищата се оказва стимул за потребителя в полза на преориентирането му към дърва за огрев.

Извършените проучвания показват, че използването на биомаса/дървесина и нейните производни ще продължи да бъде икономически изгодно, тъй като разликата в цените на биомасата/дървесина и течните горива не само ще се запази, но и ще се увеличи, главно поради факта, че биомасата е местен, възобновяем ресурс за разлика от останалите горива.

В страните от Европейския съюз, в Китай, САЩ и другите развити страни има редица примери за изграждането и функционирането на съвременни енергийни стопанства на база биомаса. Те осигуряват висока енергийна независимост на отделни производствени единици и на цели населени места. Основните проблеми са свързани с осигуряването на източници за финансиране, но при ниските производствени разходи - под 2 евро цента за киловат час енергия, при подходящи условия бизнесът ще ги преодолее.

Основните изводи са, че съществуват икономически условия за увеличено прилагане на дървесината в енергетиката и бита за сметка на течните горива. Главна насока, представляваща интерес е намирането на подходящи екологични схеми на изгарянето ѝ. Икономически изгодни ще бъдат схемите, целящи заместване на течните горива и електроенергия с дървесина.

Насоките за разширяване потреблението на биомаса могат да се обобщят както следва:

- Повишаване на добива.

Процесът на увеличаване употребата на дървесина не трябва да се разглежда изолиран от процеса на възстановяване на горите. Проучванията сочат, че добива на дървесина за енергийни цели може да се повиши без да се наруши екологичното равновесие.

- Преработване на отпадъчна /малоформатна/ дървесина.

При въвеждането на подходящи технологии могат да бъдат усвоени не само неизползваните отпадъци от дърводобива, дървопреработването (след натрошаване и/или преработване в брикети или пелети), но и на една част от растителните отпадъци чрез съвместно пресоване.

Въвеждането на дървесината като по-евтино гориво би довело до икономия на средства, които могат да бъдат използвани за изплащане на направените инвестиции за необходимите съоръжения.

- Използването на дървесина за комбинирано производство на топлинна и електрическа енергия, чрез изграждане на когенерационни инсталации.

Анализът показва, че реализирането на подобни инсталации изисква по-високи първоначални инвестиционни разходи.

Делът на дървесината продължава да се увеличава и от тук възниква въпроса как да се оползотворява най-ефективно. Необходимо е постепенно заместване на съществуващите съоръжения използващи течни и твърди горива с по-ефикасни и подходящи съоръжения за изгаряне на дървесина.

Анализирайки гореописаните мерки се стига до извода, че биомасата разполага с голям неизползван енергиен потенциал, не само от гледна точка на възможно увеличаване на добива, но и повишаване на ефективността при използването ѝ.

Препоръчана за публикуване от
Катедра "Минерални технологии", МТФ

Заклучение

Биомасата е енергиен ресурс с голям потенциал, но относително ниска калоричност и ниска количествена концентрация. Поради тази причина изграждането на големи енергийни инсталации изисква много усилия и разходи. Това е една от основните причини за сравнително ниската употреба на биомасата.

Резултатно би било да се подкрепя изграждането на малки инсталации (отоплителни, за когенерация, за биогорива). Приложението на икономически изгодни инсталации за механично събиране, раздробяване и пресоване на място на дървесина, ще осигури усвояването на значителни количества отпадна биомаса (разпръснатата).

Страната ни не използва напълно годишния прираст от биомаса в това число на дървесината. Увеличаването на добива и подобряване ефективността на използването на биомаса би довело до видими икономически, социален и екологичен ефекти.

Нарастване използването на биомаса за енергийни цели ще генерира икономия на електроенергия и течни горива, а също и намаляване на енергийната зависимост на страната ни.

Целесъобразно е в бъдеще усилията да се насочат към изграждане и инсталиране на регионални топлофикационни системи на биомаса, инсталации за биогаз и производство на течни биогорива.

Литература

- 1.Euroobserver. 2003. Wood Energy Barometer. http://www.observer.org/observer/stat_baro/eufores/baro158.pdf
- 2.Euroobserver. 2004. Wood Energy Barometer. http://www.energiesrenouvelables.org/observer/stat_baro/eufores/baro164.pdf
- 3.Правната рамка за използването на биомасата в страните от Европейския съюз и Република България. 2005. стр.9-15

ВИБРОСМИЛАНЕ И КЛАСИРАНЕ НА ПЕПЕЛИНА ОТ ТЕЦ

Любомир Кузев, Стайко Сексенов, П. Цветанов

Минно-геоложки университет "Св.Ив.Рилски", 1700 София, lkuzev@mgu.bg

РЕЗЮМЕ. При изгарянето на въглища в ТЕЦ се получава пепелина, която съдържа висок процент окиси на алкалните и алкалоземните метали. Голяма част от тях са в свързано състояние и при омекване проявяват свързващи свойства, поради което пепелината се ползва при производството на различни марки цимент. Свързващите свойства на пепелината се повишават при намаляване на едрината на частиците. Разработена е непрекъсната действаща инсталация за вибрационно смилане и класиране.

Проведено е изследване по вибрационно смилане комбинирано с класиране във вибромелница. Определено е влиянието на вибрационните и някои технологични параметри.

Без допълнителни класиращи устройства от вибромелницата може да се получи пепелина съдържаща 88% клас минус 63 μm .

VIBROGRINDING AND CLASSIFICATION ON FLY ASH OF THERMAL POWER STATION

L.Kuzev, S.Seksenov, P.Tsvetanov

University of Mining and Geology "St.Ivan Rilski", Sofia 1700, lkuzev@mgu.bg

ABSTRACT. By burning on coal in heating plant is receiving fly ash, it contain high percent oxide on alkaline and alkaline-ground metals. A big part of them are in joined condition and in wetting showing binding properties, in fact of that the fly ash is using into the producing of different kinds of cement. The binding properties of the fly ash are increasing with decreasing of the particular size.

It is made continuously working instalation for vibrogrinding and clasification. It is taked an investigation on vibrogrinding combined with classifying into vibromill. It is definite the influence of the vibration and some of the technological parameters.

It can be produced fly ash contained 88% class " - 63 μm without any additional clasified devices from the vibromill.

Въведение

Развитието на енергетиката на база твърди горива е съпроводено с проблемите по съхраняване и утилизация на твърдите отпадъци получавани при изгарянето им в ТЕЦ. Съхраняването на отпадъците от ТЕЦ е свързано със създаване на големи по площ сгуруотвали, най-често върху плодородни земи. Тези съоръжения, както в процеса на експлоатация, така и след запълването им представляват заплаха за околната среда изразяваща се в замърсяване с прахови и газови емисии на въздушния басейн и на течащите и подпочвени води. (Алехин, Люсов, 1988)

Утилизирането на отпадъците от изгарянето на твърдите горива в ТЕЦ може да се реализира в не по-малко от 15 вида строителни материали – от тухли и цимент до минерална вата и ситал.

Оползотворяването на отпадъците дава 1,5 до 2,0 пъти по-ниска себестойност в сравнение с нормално използваните за целта суровини.

Теоретични предпоставки

Пепелността на твърдите горива зависи от количествата съдържащи се в тях минерални примеси. В процеса на изгаряне се получава летяща пепел и шлаки. Най-често в

ТЕЦ те се обединяват в един продукт. Съотношението между двата компонента се определя от технологията на изгарянето. Пепелта от различните горива се различава по минералогичен и химически състав и по физикомеханични свойства. Химическия състав на пепелта включва окиси на Si, Al, Fe, Ca, Mg, K и Na, Mn, Ti и други съединения. Срещат се и вредни примеси като неизгоряла органична материя, неизпечени глинести минерали и други. Летящата пепел в най-големи количества се получава при прахово изгаряне на горивото в ТЕЦ. Тя съдържа по-малко неизгорели частици и е с по-еднороден химически състав. Пневматичното отделяне на пепелта осигурява по-фино дисперсна пепел в сух вид, което значително разширява възможностите за използването ѝ.

Летящата пепел притежава хидравлична активност, която е по-ниска от природните активни добавки. При депониране в сгуруотвалите активността на калциевосъдържащата пепел бързо намалява.

Много важна характеристика на летящата пепел е нейната дисперсност (зърнометричен състав), а той е в зависимост от вида на горивото, вида на смиланите агрегати, режима на изгаряне и други. От него зависи плътността на пепелта и относителната повърхност.

Химическия и минералогичен състав на пепелта се определя от сложния състав на минералната част на

горивото. В него се съдържат кварц, глинести минерали най-често представени от каолинит и хидроглиди, сулфати- най-често гипс и сулфати на алкалните метали. Желязото присъства като пирит и марказит. Основният компонент определящ възможността за практическото приложение на пепели от твърди горива е наличието на карбонатна компонента, при разлагането на която при горенето в пеща се образува свободен CaO.

Нормално карбонатния компонент в негоримата част на горивото не надвишава 20%. Останалата част е представена от глинести минерали от 50 до 80% и кварц. При някои въглища Ca и Mg са включени в органичната им част под формата на калциеви и магнезиеви хумати. (Галибина, 1986)

Наличието и преобладаването в минералната част на горивото на едни или други химични компоненти и отделни елементи при изгарянето в пещите на ТЕЦ определят различието в химичните свойства на твърдия остатък не само на горива от различни басейни, но и на гориво от различните части на един басейн.

Основни показатели характеризиращи условията на нагряване на неорганичната част на горивото е , както режима на горене, така и състава на газовата атмосфера, времето на престояване на частиците в пеща, едрината им, възможностите за съприкосновение с различен еквимолекуларен състав в процеса на горене и т.н.

Химичния и минералогичен състав на пепелта оказват съществено влияние върху хидравлическата ѝ активност.

Експериментална част

Целта на изследването е да се намери подходящ технологичен режим на вибрационно смилане и съпътстваща смилането класификация при постоянни вибрационни параметри на мелницата, при което без допълнителна класификация или пресяване да се получава пепелина с едрина над 80% клас – 0,08 mm, който съответства на БДС за смлян циментов клинкер. С намаляването на размера на разчетния клас 0,08 на 0,063 mm се осигурява много по-висока повърхностна активност на смиланата пепелина, с което се създават условия за влагане на по-голям процент от нея от различни крайни потребители.

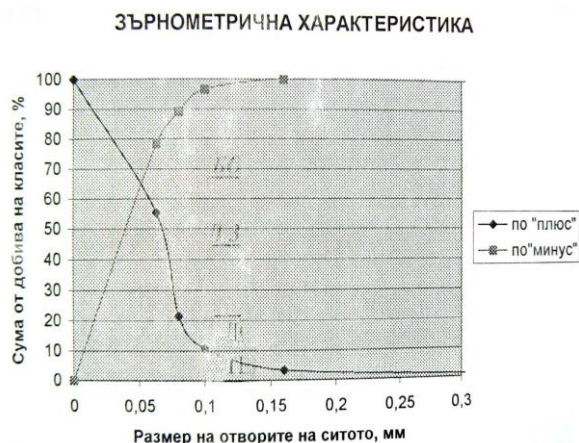
Методика на изследването

Методиката на изследването по едновременно смилане и класиране на пепелина от ТЕЦ „Бобовдол“ е следната. Пепелината се осреднява и се дозираща за смилане в непрекъснато действаща вибромелница с различни производителности 50 kg, 60 kg и 80 kg, при две нива на запълване на работните камери с пръткова смилателна среда - 70% и 90%.

Изследва се влиянието на положението на разтоварващия отвор върху класирането, който се измества по отношение нормално разположеното в най-ниската част на камерата разтоварване. Изместването е на 90° и 180°. Контролът върху смилането и класификацията се осъществява чрез цялостни зърнометрични анализи и чрез разчетен клас минус 0,063 mm.

Материали и лабораторна инсталация

За провеждане на експерименталната работа по вибросмилане и едновременно класиране е използвана пепелина от ТЕЦ „Бобовдол“, котел „3“, зърнометричната характеристика е дадена на фигура 1. Визуално пепелината е грубозърнеста със сив до сивокафяв цвят. Преобладават праховите фракции, но се наблюдават и дребни бучки, които при натиск се разпращават. Минералният състав е много разнообразен. Срещат се неизгорели и частично изгорели въглищни частици, кварц, железни минерали и други. Химичния състав на пепелината даден в таблица 1 включва:

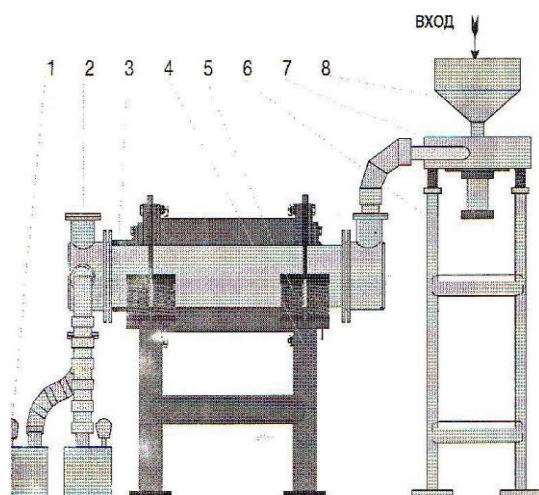


Фиг. 1. Зърнометрична характеристика на пепелина от ТЕЦ „Бобовдол“

Таблица 1.
Химичен състав на пепелината

Показатели	Съдържание, %
Влага (105°)	0,29
ЗН (1000°)	1,00
SiO ₂	58,76
Al ₂ O ₃	23,89
TiO ₂	0,94
Fe ₂ O ₃	6,23
FeO	2,57
CaO	2,14
MgO	1,98
K ₂ O	2,34
Na ₂ O	0,62
S	0,13
S сулфатна	0,70

Общият вид на лабораторната инсталация е илюстриран на фигура 2.



Фиг. 2. Общ вид на лабораторна инсталация

- 1-ръкавни филтри;
- 2-гофрирани маркучи;
- 3-вибрационна мелница;
- 4-носеща рама на мелницата;
- 5-пружини;
- 6-носеща рама на дозиращо устройство;
- 7-вибрационен дозатор;
- 8-бункер;

Техническите параметри на вибромелницата са:

- честота на вибрациите – 24 Hz;
- амплитуда – 6 mm;
- брой на камерите – 2 броя;
- вибрираща маса на мелницата – 120 kg;
- мощност на задвижващия електродвигател – 3 kW;
- обем на работна камера – 17,7 l;
- смилеща среда – стоманени пръти с ф20 mm;

Дозаторът е хоризонтален тип с тангенциално извеждане на продукта. Задвижва се от инерционен вибратор с мощност 120 W. Напрежението е 12 V.

Опитни резултати

Получените при експерименталната работа резултати за запълване с работна среда 70% са дадени на таблица 2.

В таблица 3 са отчетени резултатите при запълване на работната камера 90% при непрекъснатия режим на работа на мелницата при дозирано подаване на пепелината за едно и също време различни количества – 50 kg, 60 kg и 80 kg. Резултатите от смилането са получени чрез сух ситов анализ.

Дискусия

Проведеното изследване по вибросмилане и едновременно класификация на пепелина от ТЕЦ "Бобовдол" цели да даде отговор за възможностите на вибросмилането по:

А. Получаване на класирана пепелина по разчетен клас 0,08 mm и 0,063 mm без използване на специална въздушна класификация.

Б. Наситняване на едрите класи включени в състава на пепелината и разкриване на капсулованите от повърхностни ципи частици намаляващи повърхностната активност на пепелината.

Особено ценна е получената информация, тъй като тя се получава в непрекъснато действаща вибросмилаща и класираща система. От таблици 2 и 3 могат да се направят изводи за влиянието на изследваните параметри – производителност, запълване с работна среда и местоположение на разтоварващия отвор.

За изследваната инсталация производителността от 50 kg е най-подходяща. Повишаването ѝ до 60 kg намалява разчетния клас – 0,063 mm с няколко процента, но завишаване до 80 kg намалява този клас с 25-30%. Влиянието на обема на работната среда върху смилането се установява по данните за разчетния клас – 0,063 mm и в двете таблици.

При 50 kg производителност и 70% запълване той е 85%, а при същата производителност и 90% запълване разчетния клас достига 87,66%.

Таблица 2

Експериментални резултати за запълване на работната камера с работна среда 70%

Класи, mm	Производителност, Q, kg	Местоположение на разтоварващия отвор – 90°		Местоположение на разтоварващия отвор – 180°	
		Добив, %	Сумарен по „+“, %	Добив, %	Сумарен по „+“, %
+ 0,16	50	0,00	0,0	0,00	0,00
-0,16+0,1		0,29	0,29	0,17	0,17
-0,1+0,08		10,29	10,58	6,25	6,42
-0,08+0,063		22,39	32,97	8,58	15
-0,063		67,03	100,00	85,00	100
Всичко	-	100,00	-	100,00	-
+ 0,16	60	0,00	0,00	0,00	0,00
-0,16+0,1		0,33	0,33	0,12	0,12
-0,1+0,08		7,26	7,59	4,78	4,90
-0,08+0,063		27,26	34,85	12,6	17,5
-0,063		65,15	100,00	82,5	100
Всичко	-	100,00	-	100,00	-
+ 0,16	80	0,00	0,00	0,00	0,00
-0,16+0,1		3,17	3,17	0,70	0,70
-0,1+0,08		11,00	14,17	12,3	13
-0,08+0,063		33,83	48,00	33,3	46,3
-0,063		52,00	100,00	53,7	100
Всичко	-	100,00	-	100,00	-

Таблица 3. Експериментални резултати при запълване на работната камера с работна среда 90%

Класи, mm	Производителност, Q, kg	Местоположение на разтоварващия отвор – 90°		Местоположение на разтоварващия отвор – 180°	
		Добив, %	Сумарен по „+“, %	Добив, %	Сумарен по „+“, %
+ 0,16	50	0,00	0,00	0,00	0,00
- 0,16+0,1		0,11	0,11	0,04	0,04
- 0,1+0,08		7,84	7,95	4,61	4,65
- 0,08+0,063		23,9	31,85	7,69	12,34
-0,063		68,15	100,00	87,66	100,00
Всичко	-	100,00	-	100,00	-
+ 0,16	60	0,00	0,00	0,00	0,00
- 0,16+0,1		0,15	0,15	0,02	0,02
- 0,1+0,08		6,9	7,05	5,9	5,92
- 0,08+0,063		26,57	33,62	8,08	14,00
-0,063		66,38	100,00	86,00	100,00
Всичко	-	100,00	-	100,00	-
+ 0,16	80	0,00	0,00	0,00	0,00
- 0,16+0,1		1,2	1,2	0,5	0,5
- 0,1+0,08		9,8	11,00	11,00	11,5
- 0,08+0,063		38,7	49,7	33,5	45,00
-0,063		50,3	100,00	55,00	100,00
Всичко	-	100,00	-	100,00	-

Влиянието на месторазположението на разтоварващия отвор е отчетено при двете крайни точки на интервала, а именно 90° и 180°. Между тях отделения разчетен клас ще има междинни стойности. За таблица 2 тези стойности са между 67,03% и 85% разчетен клас -0,063mm при 50 kg производителност, а за таблица 3 те са между 68,15% и 87,66%.

Включването на пепелината като добавъчен материал при производството на изделия, за които се използва цимент е ефективно при едрини съответстващи на зърнометрията на цимента, а именно разчетен клас 80% - 0,08mm. Добавянето на пепелина с по-нисък разчетен клас 80% - 0,063mm повиши значително нейното процентно участие без това да се отразява върху якостните показатели на изделието.

Заклучение

Проведеното изследване показва, че с използване на вибрационна мелница при избрана конструкция може да обедини двата процеса смилане и класификация. Извлечения класиран продукт 87,66% клас - 0,063 mm пепелина отговаря на изискванията на консуматорите.

Получаването на други класи може да се реализира с регулиране на технологичните параметри на инсталацията при постоянни вибрационни параметри.

Литература

- Алехин, Ю.А., Люсов А.И. 1988. „Экономическая эффективность использования вторичных ресурсов в производстве строительных материалов“. М., Стройиздат.
- Галибина Е.А. 1986 „Автоклавных строительных материалы из отходов ТЭЦ“, Стройиздат, Ленинград

ОБОГАТЯВАНЕ НА ШЛАКИ ОТ КУПЕЛАЦИОННОТО ТОПЕНЕ НА РУДА СЪДЪРЖАЩА БЛАГОРОДНИ МЕТАЛИ

Фратьо Генчев, Валерия Ковачева-Нинова, Кристина Грозева-Мърхова

Минно-геоложки университет "Св.Иван Рилски", София 1700

РЕЗЮМЕ. Купелационното топене на богати по отношение на Au и Ag руди е практика при по-маломасштабни производства. От процеса се получават шлаки, в които Au е в границите от 15 до 150 g/t, а Ag от 30 до 1500 g/t. Дори след вторично купелуване, шлаките остават в категорията богати промишлени продукти. В практиката за доизвличане на Au и Ag от шлаките широко се прилага методът на селективното хидрометалургично извличане, а при възможност същите се преработват и по пирометалургичен метод.

В настоящата работа е изследвана възможността за извличане на благородни метали (Au и Ag) с промишлено съдържание от шлаки получени от купелационното преработване на полиметални сулфидни руди. Съдържанията на полезни компоненти в шлаката са: Au-19,37 g/t, Ag- 138,5 g/t, Cu- 0,72 % и Pb-2,46 %.

Предложена е комбинирана технологична схема на преработка, включваща гравитационно извличане на богат полиметален концентрат и следващо флотационно обогатяване на леката фракция. Получава се обединен концентрат със съдържание на злато 82,19 g/t и 511,38 g/t сребро. Постига се извличане на златото- 83,98 % и на среброто- 73,07 %.

BENEFICATION OF SLAG FROM CUPPELLATIVE MELTING OF ORES WITH NOBEL METALS CONTENT

Fratyo Genchev, Valeria Kovacheva-Ninova, Kristina Grozeva-Marhova

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", Sofia 1700

ABSTRACT. The cupellation melting of the ores rich in Au and Ag is a common practice at small scale productions. In the slag from the process the gold is within the frames 15-150 g/t and the silver 30-1500 g/t. Even after secondary cupellation the slag remains in the category "rich industrial products". To achieve additional recovery of Au and Ag from the slag in practice is wide spread the method of selective hydrometallurgical cyanidation and if possible the same product is treated by pyrometallurgy.

At the present paper the possibility for extraction of noble metals (Au and Ag) from slag, obtained at pyrometallurgical treatment of sulfide ores, has been researched. Their content in slag is respectively Au-19,37 g/t, Ag- 138,5 g/t, Cu- 0,72 % and Pb-2,46 %.

It has been proposed flowsheet, including separation by gravity of rich in heavy polymetals concentrate and subsequent flotation of the light fraction. As a result is obtained combined concentrate with content of Au 82,19 g/t and Ag 511,38 g/t at recovery respectively for Au 83,98 % and Ag 73,07 %.

Въведение

Големите запаси от шлаки в съчетание с високото съдържание на цветни и благородни метали в тях позволява, те да се разглеждат като основни суровинни източници. Ето защо, изучаването на техните свойства и възможности за използване са предмет на различни изследвания [1,2]. В световната практика е натрупан опит за добиване на благородни метали от полиметални концентрати и междинни продукти, чрез топенето им в различни пещи [3] или от преработката на шлаки, съдържащи значително количество благородни метали (Ag-48000 g/t, Au-680 g/t), получаващи от топенето на богати суровини в "доре-пещи" [4].

Известно е, че шлаките, които се получават в процеса на купелационното топене на различни суровини, съдържат значителни количества ценни компоненти. В Р.Турция и др. страни в резултат на купелационното топене на богати сулфидни руди се получават шлаки с високо съдържание на цветни (Cu, Pb) и благородни метали (Au, Ag). В тези шлаки съдържанието на злато

варира от 15 до 180 g/t, а на сребро от 120 до 1500 g/t. За това, те се преработват допълнително, чрез второ купелационно топене или хидрометалургично. Получените след вторичното топене продукти съдържат от 12 до 15 g/t злато и от 30 до 50 g/t сребро. Извличането на тези ценни компоненти се осъществява в основна среда, чрез хидрометалургични процеси - цианиден и тиосулфатен. Посочените методи са известни с определени екологични проблеми и някои технологични ограничения. Тъй като, изследваните шлаки от вторичното купелационно топене се отнасят към нетрадиционните минерални суровини, за тяхната утилизация се изискват нови технологични подходи. Един от възможните варианти за обогатяването им са гравитационно-флотационните процеси, които са обект на представените изследвания.

Материали и методи

Характеристика на суровината

Експерименталните изследвания са извършени с промишлена проба, доставена от Р.Турция. Пробата представлява шлака, получена от пирометалургичната

преработка на полиметални сулфидни руди. Химическият състав на шлаката е:

Cu- 0,72%; Pb- 2,5%; Au- 19,4 g/t; Ag- 139,0 g/t.

Шлакът представлява сиво-черен продукт, като основната ѝ част са остъквени късове с висока механична якост и абразивност. Наблюдава се и втора неостъклена, наситнена, шуплеста фаза с тъмен цвят, с понижена якост и повишено съдържание на Pb, Cu, Au и Ag. Възможно е механично смесване на различни типове продукти в суровината, което предполага неравномерното разпределение на компонентите. Оловото в изследваната шлака варира от 2,5 до 3% и представлява техногенна добавка към купелационно топената шихта. В металното олово в максимална степен се разтварят медта, среброто, златото и др. компоненти съдържащи се в преработваната суровина. Основната маса в шлаката е представена от високоалкална стъклофаза. Макроскопските и микроскопските наблюдения показват присъствие на едри люспи от метално Pb и Cu с размери от 1 до 5 mm. Съдържанието на SiO₂ и Al₂O₃ варира в широки граници. Не се наблюдават медни и железни сулфиди, тъй като при купелационното топене на богатите полиметални руди, вероятно те са претърпели дълбока деструкция.

Методи

Пробата се троши до едрина 3-0 mm и смилва в топкова мелница до 85% съдържание на клас -0,08 mm. За изследване на обогатимостта на шлаката се използва комбинирана гравитационно-флотационна технологична

схема. Гравитационното обогатяване се извършва в сепаратор тип Knelson, а флотационното в механични лабораторни машини.

Химическите анализи са извършени по ICP OES метод, след киселинно извличане и AAS метод и след киселинно извличане и екстракция с i-BMK.

Флотационните изследвания са извършени при следните условия: 30% съдържание на твърда фаза в пулпа; pH-9÷9,5; общ разход на събирател- 350 g/t изобутилов ксантогенат и допълнителен събирател-100 g/t трансформаторно масло; пенообразувател- 10 g/t Ore Pre X-133. За установяване на технологичния режим на флотация са използвани и сярна киселина, натриев сулфид и водно стъкло, с модул 2,9.

Експериментални резултати

Гравитационно обогатяване

От микроскопските анализи на смляната шлаката се установи наличие на носители на благородни метали (Pb, Cu, Au, Ag) с едрина над 0,635 mm. Това изисква тези тежки компоненти да се извличат, чрез прилагането на гравитационни методи, преди флотационното им обогатяване.

Резултатите от гравитационното обогатяване са дадени в табл.1.

Таблица 1.

Технологични показатели от гравитационното обогатяване на пробата.

Продукт	Добив, %	Съдържание				Извличане, %			
		Cu, %	Pb, %	Au, g/t	Ag, g/t	Cu	Pb	Au	Ag
Тежка фракция	2,76	8,07	9,44	413,00	1600,00	31,00	10,60	58,85	31,88
Лека фракция	97,24	0,51	2,26	8,20	97,00	69,00	89,40	41,15	68,12
Всичко	100,00	0,72	2,46	19,37	138,50	100,00	100,00	100,00	100,00

Данните от табл.1 показват, че гравитационният концентрат е с добив 2,76%. Съдържанието на Au е 413 g/t, на Ag 1600 g/t при съответно извличане 58,85 и 31,88 %.

Както се вижда, полученият отпадък (лека фракция) съдържа 8,20 g/t Au и 97,00 g/t Ag и представлява интерес за допълнително флотационно обогатяване за доизвличане на благородните метали.

Флотационно обогатяване

При тези изследвания се използва натрупаният опит за флотационното обогатяване на медни шлаки (конверторни и пещни) от пирометалургичното преработване на медни концентрати. Особеност на изследваните шлаки представлява присъствието на благородни метали. Флотируемостта на златото и среброто силно зависи от pH на средата и вида на основата. В неутрална среда златото и среброто флотира по-добре [5], тъй като силно депресиращо действие оказва варовата среда при pH до 9,5, содовата при pH до 10,8 и NaOH при pH до 11,8. Натриевият сулфид депресираща флотацията на златото и

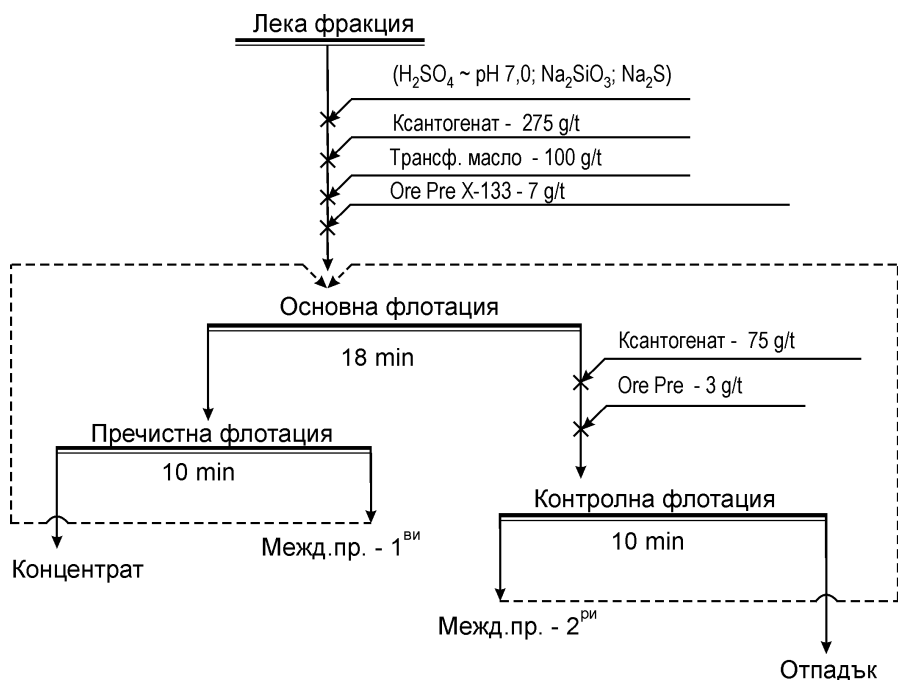
среброто, тъй като се понижава адсорбцията на ксантогената и се образува хидрофилна повърхностна ципа от Au₂S и Ag₂S. В редица изследвания се установява [6], че при pH 9-9,5 и добавяне на малки количества Na₂S, почти цялото злато се отделя в пенния продукт.

Обект на флотационните изследвания е леката фракция получена от гравитационната сепарация на шлаката. На фиг.1 е дадена технологичната схема (отворен и затворен цикъл) за флотация на лека фракция. Използваната схема е класическа, включваща основна флотация, като отпадъкът от нея постъпва на контролна флотация, а пенният продукт постъпва на пречистна флотация.

Първоначално са извършени опити в отворен цикъл за установяване на влиянието на различни фактори върху флотационния процес, като: pH на средата; вид и разходи на реагенти; време на флотация; различни варианти на схемата, включващи повече от една пречистна и контролни операции. От предварителните изследвания се прие продължителност на флотационните операции,

представени на фиг.1. Сравнението на получените технологичните показатели при различните реагентни режими показва, че те са най-добри при използване на сярна киселина, водно стъкло и натриев сулфид,

въвеждани в основната флотация. Резултатите от изследванията са дадени в табл.2.



Фиг.1. Флотационна схема за обогатяване на леката фракция

Таблица 2.

Технологични показатели от флотационното обогатяване в отворен цикъл на леката фракция.

Реагент	Продукт	Добив, %	Съдържание				Извличане, %			
			Cu, %	Pb, %	Au, g/t	Ag, g/t	Cu	Pb	Au	Ag
H ₂ SO ₄ (pH~7)	концентрат	15,54	1,68	2,35	27,25	244,00	51,23	16,47	51,90	38,85
	1-ви м.пр.	6,34	0,75	3,06	7,98	102,30	9,33	8,74	6,20	6,64
	2-ри м. пр.	2,49	0,78	2,56	10,06	128,90	3,82	2,87	3,07	3,29
	отпадък	75,63	0,24	2,11	4,19	66,10	35,62	71,92	38,83	51,22
	Всичко	100,00	0,51	2,21	8,16	97,60	100,00	100,0	100,00	100,00
Na ₂ SiO ₃ (300 g/t)	концентрат	12,72	1,86	2,49	30,67	298,30	46,37	14,26	47,69	39,08
	1-ви м.пр.	6,32	0,72	3,22	7,20	89,40	8,92	9,15	5,56	5,82
	2-ри м. пр.	1,95	0,76	2,52	13,35	121,70	2,90	2,21	3,18	2,44
	отпадък	79,01	0,27	2,09	4,51	64,72	41,81	74,38	43,57	52,66
	Всичко	100,00	0,51	2,22	8,18	97,10	100,00	100,00	100,00	100,00
Na ₂ S (200 g/t)	концентрат	16,49	1,48	2,48	31,38	268,90	48,82	18,59	63,11	45,34
	1-ви м.пр.	5,78	0,67	3,18	7,36	99,20	7,75	8,36	5,19	5,86
	2-ри м. пр.	2,42	0,88	2,83	9,40	97,50	4,26	3,12	2,77	2,41
	отпадък	75,31	0,26	2,04	3,15	60,24	39,17	69,83	28,93	46,39
	Всичко	100,00	0,50	2,20	8,20	97,80	100,00	100,00	100,00	100,00

Резултатите от извършените експерименти показват, че добавянето на Na₂S в реагентния режим оказва положително влияние върху флотационния процес. Извличането на Au и Ag се увеличава, съответно с 11,21% и 6,49% в сравнение с добавянето на H₂SO₄ до pH~7 и съответно с 15,42% и 6,25% в сравнение с добавянето на Na₂SiO₃. Данните показват, че съдържанието на Au и Ag в концентрата при използване на Na₂S са по-високи съответно с 4,13 и 24,9 g/t от тези получени с H₂SO₄. Умереното извличане на Ag вероятно се дължи на асоциирането му с оловото, което практически не флотира и не се концентрира достатъчно при гравитационното обогатяване на суровината.

Макроскопският анализ на отпадъка от флотацията с Na₂S показва, че в него се насочват носители на благородните метали с надфлотационна едрина (Pb, Cu, Au). Следователно, тези тежки компоненти трябва да се извлекат предварително, чрез гравитационното обогатяване, като се оптимизират някои от технологичните му параметри.

Експерименталните изследвания в затворен цикъл са извършени с Na₂S при разход 200 g/t. Получените технологични показатели са дадени в табл.3.

Резултатите от изследванията показват, че от леката фракция по приетата схема може да се получи концентрат

със следните съдържания : Cu- 1,97%; Pb- 2,55%; Au- 28,60 g/t и Ag- 335 g/t.

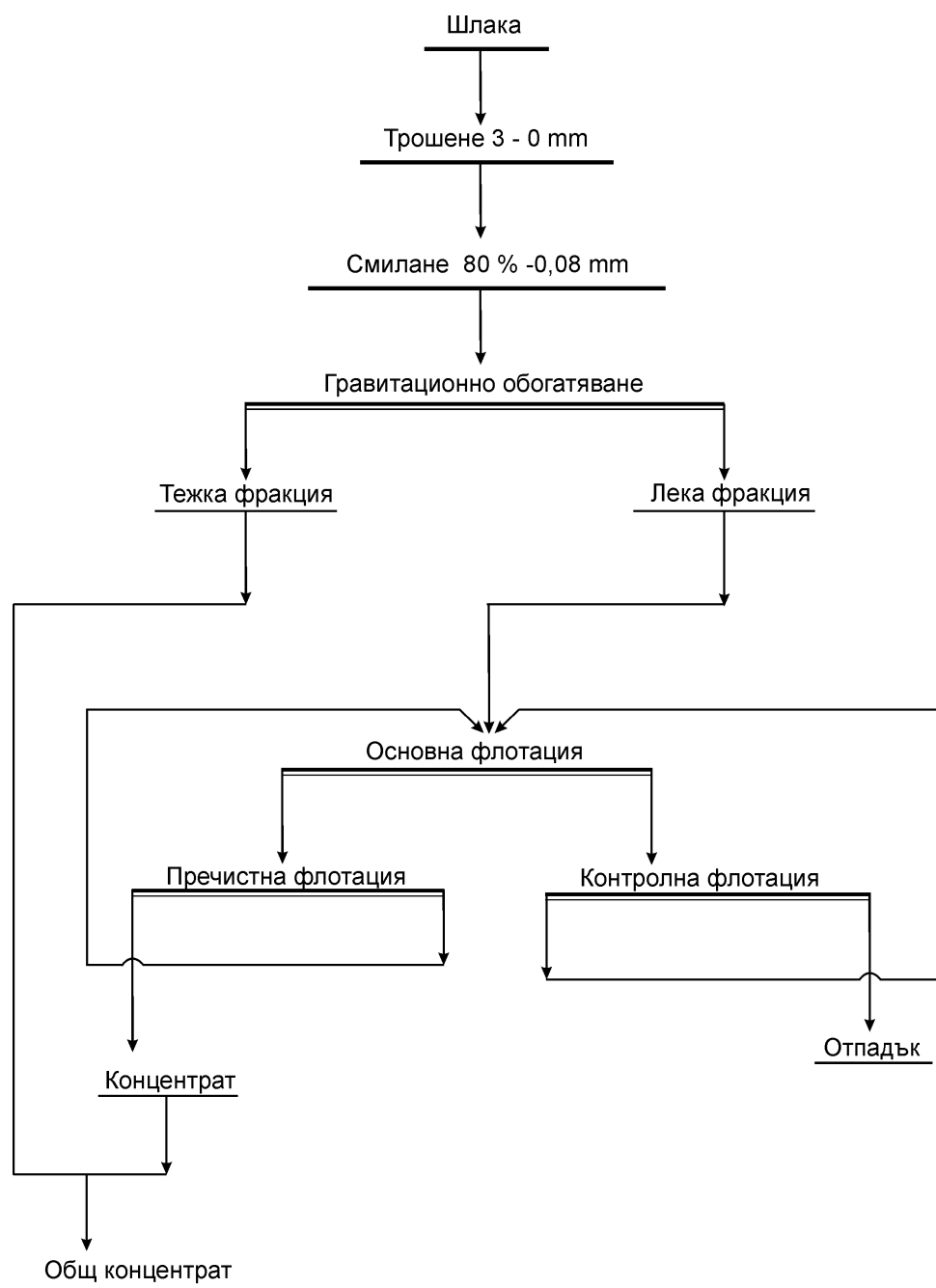
Обобщаването на резултатите от извършените изследвания дават възможност да се предложи

комбинирана гравитационно-флотационна схема за обогатяване на шлаката, получена от вторично купелационно топене на полиметални руди. Възприета е схема, показана на фиг.2.

Таблица 3.

Технологични показатели от флотационното обогатяване в затворен цикъл на леката фракция

Реагент	Продукт	Добив, %	Съдържание				Извличане, %			
			Cu, %	Pb, %	Au, g/t	Ag, g/t	Cu	Pb	Au	Ag
Na ₂ S	концентрат	17,51	1,97	2,55	28,60	334,91	67,65	19,75	61,07	60,46
	отпадък	82,49	0,20	2,20	3,87	46,50	32,35	80,25	38,93	39,54
	Лека фракция	100,00	0,51	2,26	8,20	97,00	100,00	100,0	100,00	100,00



Фиг.2. Комбинирана схема за гравитационно-флотационно обогатяване на купелационна шлака.

Технологичните показатели получени от прилагането на схемата (фиг.2) са дадени в табл.4.

Таблица 4.

Технологични показатели от гравитационно-флотационното обогатяване на шлаката.

Продукт	Добив, %	Съдържание				Извличане, %			
		Cu, %	Pb, %	Au, g/t	Ag, g/t	Cu	Pb	Au	Ag
Гравитационен концентрат	2,76	8,07	9,44	413,00	1600,00	31,00	10,59	58,84	31,89
Флотационен концентрат	17,03	1,97	2,55	28,60	334,91	46,768	17,66	25,14	41,18
Общ концентрат	19,79	2,83	3,51	82,19	511,38	77,68	28,25	83,98	73,07
Отпадък	80,21	0,20	2,20	3,87	46,50	22,32	71,75	16,02	26,93
Шлака	100,00	0,72	2,46	19,37	138,50	100,00	100,00	100,00	100,00

Както се вижда от табл.4, получените концентрати се различават не само по зърнометричен състав, но и по съдържание на основните компоненти. Флотационният концентрат е по-финозърнест и с значително по-ниско съдържание на злато и сребро. При обединяването му с тежката фракция от гравитационното обогатяване на шлаката се получава продукт със съдържание на Cu- 2,83%, Pb- 3,51%, Au- 82,19 g/t и Ag- 511,38 g/t. Добивът на обединения концентрат е 19,79% (добивите на флотационния концентрат и отпадъка са преизчислени спрямо добива на леката фракция), а извличането на Cu, Au и Ag са 77,68, 83,98 и 73,07 %.

Резултатите от извършените изследвания поставят някои въпроси по отношение възможността за повишаване на качеството на флотационния концентрат, чрез въвеждане на втора пречистна флотация. Установи се, че гравитационното обогатяване е подходящо след смилане на суровината и допринася за повишаване на крайните технологични показатели.

Изводи

1. Купелационните шлаки са ценна суровина за добив на цветни и благородни метали. Оползотворяването им е ограничено и затруднено, тъй като могат да се използват преди всичко само алкалните хидрометалургични методи (цианидни или тиосульфатни). В този случай не може да се използва и тиокарбамидно преработване, поради силно алкалния характер на суровината.

2. Предлагащата технологична схема за комплексно гравитационно-флотационно обогатяване на суровината е алтернатива на хидрометалургичните методи. Предимствата ѝ са: висока производителност, сравнително ниски производствени разходи и отговаря на екологичните изисквания за опазване на природната среда.
3. Възможностите за по-следващо преработване на обединения концентрат трябва да се търсят в прилагането на медна пирометалургия.

Литература

- [1] Gul A., G. Bulut, O. Kangal, G. Onal. Benefication of ancient copper slag, Proceeding of X BMPC, Varna, Bulgaria, 2003, pp. 831-836.
- [2] Grozeva-Marhova K., V. Kovacheva-Ninova. Opportunities for increased total recovery of copper from slag by flotation Proceeding of XII BMPC, Delphi, Greece, 2007, pp. 553-558.
- [3] Tarasov A.V, Besser A.D. Waste-less technology for processing of subgrade lead concentrates and flotation middlings containing precious metals, Proceedings of the TMS Fall Extraction and Processing Conference, 4th, 200, pp. 117-122.
- [4] Godbehere P. United States Patent, №4,404,022, Dore slag treatment, Sept. 1983.
- [5] Глембоцкий В.А., В.И. Классен. Флотация, Недра, М., 1973.
- [6] Митрофанов С.И. Селективная флотация, Недра, М., 1976.

Препоръчана за публикуване от
Катедра "Минерални технологии", МТФ

ИЗВЛИЧАНЕ НА БЛАГОРОДНИ МЕТАЛИ ОТ ШЛАКА ЧРЕЗ ФЛОТАЦИЯ СЪС СМЕС ОТ МОДИФИЦИРАН ТИОНОКАРБАМАТ И АЛКИЛОВ КСАНТОГЕНАТ

Александър Хаджиев

Геологически институт, Българска Академия на Науките, 1113 София, alex_hadjiev@geology.bas.bg

РЕЗЮМЕ. В доклада са представени резултатите от серия лабораторни опити по флотация на шлака, получавана в предприятие, произвеждащо благородни метали и техните сплави. Основните ценни компоненти в шлаката са злато(13.77g/t), сребро(65.91g/t), мед(0.61%) и олово(1.98%). Златото и среброто присъстват в шлаката под формата на сплави с олово и мед, като преобладаваща е оловната сплав. Шлаката е натрошена, смляна и мокро пресята през сито с размер на отворите 0.20mm, за да се отделят едрите частици. Подситовата фракция е подложена на флотация при pH≈11 на суспензията, като събирател е използвана смес от модифициран тионокарбамат и алкилов ксантогенат. Флотационната схема, състояща се от една основна, две пречистни и една контролна флотации, осигурява 80% извличане на златото и 85% извличане на среброто от шлаката. В хода на изследването беше установено, че при много фино смилане(100% -0.063mm), качеството на получените концентрати и извличането на благородните метали се повишават значително спрямо тези, получени при по-едро смилане на шлаката. Установено е, че 75% от медта в концентрата, получен от шлаката, е разтворима в амонячен разтвор.

REPROCESING OF NOBLE METALS CONTAINING SLAG BY FLOTATION WITH BLEND OF MODIFIED THIONOCARBAMATE AND ALKYL XANTHATE

Alexander Hadjiev

Geological Institute, Bugarian Academy of Sciences, 1113 Sofia, alex_hadjiev@geology.bas.bg

ABSTRACT. The contribution presents results obtained from series of laboratory batch flotation tests conducted on slag, generated by a gold smelting plant. The slag contains the following valuable components gold(13.77g/t), silver(65.91g/t), copper(0.61%) and lead(1.98%). The gold and silver were present in lead and copper alloys, as the dominant phase being lead alloy. The slag was crushed, ground, wet screened on a 0.20mm sieve to remove coarse particles, and floated at pH≈11 using as a collector blend of modified thionocarbamate and alkyl xanthate in all flotation experiments. The flotation scheme includes rougher flotation, two cleaner flotations and scavenging flotation. Total gold recovery reached 80% and silver recovery was 85%. Major differences in gold and silver recoveries for the flotation tests on the slag were observed with the finely and coarsely ground slag, giving better grades and higher recoveries in case of superfine grinding(100% -0.063mm). The leaching test carried on the slag concentrate indicated the opportunity to remove 75% of copper.

Въведение

През последните пет години се наблюдава трайна тенденция на няколкократно повишение на цените на благородните и цветните метали на борсите (www.kitco.com/charts) в Ню Йорк, Лондон и Далечния изток. Повишеното търсене на благородните метали заедно с растящата загриженост на човечеството за опазване, съхраняване и възстановяване на околната среда(www.epa.gov/epaoswer/other/mining/techdocs), накара много компании от минната и металургична промишленост да насочат част от своя финансов, научноизследователски и технологичен ресурс в преработката и рециклирането на вторични и отпадни продукти от техните производства (<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/recycle>). В нашата страна тази дейност се развива успешно от десетилетия в предприятията от металургичната и минната промишленост. Глобализирането на икономиката позволи свободното търсене, предлагане и движение на вторични продукти между различните държави. Преработката на отпадъци, рециклирането вторични суровини и продукти заема все по-широко място в индустриите на водещите развити страни, като осигурява

чиста природа, съхранение на природните ресурси, висок стандарт на живот на населението и нови работни места. В нашата страна има фирми със значителен опит в преработката на вторични продукти от минната и металургична промишленост, които са добре технологично екипирани и имат възможности да купуват продукти, съдържащи ценни компоненти, като например благородни и цветни метали.

Проба от металургична шлака, получавана в чуждестранно предприятие за производство на благородни метали, беше предоставена от българска фирма на Геологическия институт за извършването на химичен анализ и провеждане на лабораторни технологични изследвания. Анализът за наличие на арсен, антимон и живак в шлаката беше отрицателен, а златото и среброто бяха в приемливи за купувача концентрации, което позволи да бъдат внесени промишлени количества за преработка в страната ни. Проведените лабораторни технологични изследвания с металургичната шлака предоставиха технологична схема за нейната преработка, данни за вида и разходите на използваните реагенти и времената на флотациите.

Материали и методика

Изследванията са извършени с проба от металургична шлака, която се получава при производството на злато и златни сплави за ювелирни изделия. Тази шлака се състои основно от метални окиси, силициев диоксид, ди-натриев тетраборат. Шлакът в разтопено състояние представлява разтвор на алкални и кисели окиси, а така също на образувания от тези компоненти химически съединения. Химическите съединения, които влизат в състава на шлаката частично дисоциират както с образуване на йони, така и с образуване на свободни окиси. В изследваната шлака беше установено наличие на метални сплави, като преобладаваща беше оловната сплав.

Преди да бъде внесена металургичната шлака, от нея беше взета на място средна проба, която беше анализирана за арсен, антимон и живак. Химичният анализ не показва наличието на тези елементи. От партидата с шлака, изпратена в България, бяха взети три проби за определяне съдържанието на злато, сребро, мед и олово. Резултатите от химичния анализ са дадени в таблица 1.

Таблица 1.

Химичен анализ на ценните елементи в металургичната шлака

Проба	Съдържание			
	Au, g/t	Ag, g/t	Cu, %	Pb, %
1	18.06	75.00	0.68	3.56
2	12.40	68.30	0.62	2.25
3	13.77	65.91	0.61	1.98

Проба 3 съдържаше необходимото количество шлака за провеждането на лабораторни технологични изследвания. Максималният размер на късовете шлака в нея беше 120mm. Пробата беше натрошена и смляна до едрина на частиците 80% -0.074mm. На смленият продукт беше извършено контролно пресяване през сито 0.2mm за да се отделят едрите частици, които не са могли да бъдат смлени. Добивът на надситов продукт беше 2%. Макроскопското наблюдение на този материал показва, че в него близо 40% са оловни сплави.

Смленият материал от проба 3 беше подложен на лабораторни опити по флотация, като целта е била да се получи флотационен концентрат, съдържащ благородните метали. Схемата, по която се провеждаха опитите включваше една основна флотация, една контролна флотация и две пречистни флотации. Опитите се провеждаха във флотационна машина ФМ1М, която има сменяеми клетки с различен обем. В тази машина количеството въздух, подавано във флотационната камера, може да бъде регулирано. Обороти на импелера на флотационната машина също са регулируеми. Използваната за основна и контролна флотация клетка беше с обем 1000cm³, а пречистните флотации бяха провеждани в клетка с обем 500cm³. Използваният събирател е нов продукт на известна американска компания и представлява смес от модифициран

тионокарбамат и алкилов ксантогенат, разтворени в изобутанол и пентиллов алкохол. Той е предназначен за събирател при флотация на сулфидни минерали и благородни метали. Той се препоръчва от производителя като подходящ събирател при флотация на шлаки, съдържащи цветни и благородни метали и сплави. Съдържанието на твърда фаза в суспензията, приготвяна за провеждане на флотационните опити, беше 25%. Водата, употребявана за флотационните опити, беше взимана от Софийския водопровод. Съдържащите се в шлаката алкални водоразтворими химични съединения и добавения като диспергатор разтвор на натриев силикат, създаваха pH≈11 при приготвяне на суспензията за провеждане на флотационните опити. Пянообразователят, използван при опитите, беше водоразтворим и съдържаше полипропилен гликол.

Резултати

Бяха проведени три серии опити с проба 3 от металургичната шлака, като след първата серия бяха избрани събирателя и пянообразователя, след втората серия беше избрана едрината на смилане на материала и последната серия от опити даде информация за разхода на реагенти, времената на флотациите и показателите на технологичната схема, по която са провеждани опитите. В таблица 2 са представени резултатите от химичния анализ на продуктите, получени след флотационните опити.

Таблица 2.

Химичен анализ на продуктите след флотация

Продукт	Съдържание			
	Au, g/t	Ag, g/t	Cu, %	Pb, %
Концентрат	88.70	450.00	3.21	5.42
Междинен продукт	21.30	22.80	1.83	2.25
Отпадък	2.30	11.00	0.16	1.46
Изходна проба	13.77	65.91	0.61	1.98

Концентратът, получен след една основна и две пречистни флотации, има съдържания на злато, сребро, мед и олово, които са напълно приемливи за фирмите преработващи оловно-цинкови и медни концентрати. С този продукт беше проведен тест по излужване на медта с амонячен разтвор, след който нейното съдържание се снижи до 0.8%. Тази информация е полезна, защото означава, че 75% от съдържащата се в концентрата мед е в лесно разтворима форма и може да бъде отстранена, ако потребителят на този продукт е оловно-цинково металургично предприятие. Междинният продукт е формиран от отпадъка на втора пречистна флотация и концентрата от контролна флотация. Отпадъкът се получава след контролна флотация. Този продукт може да се подложи на гравитационно сепариране в центробежно поле за доизвличане на полезните компоненти или да се добавя към шихтата в предприятията, произвеждащи цветни метали. Добивите на продуктите след опитите по флотация и извличанията в тях на златото, среброто, медта и оловото са дадени в таблица 3. Извличанията на

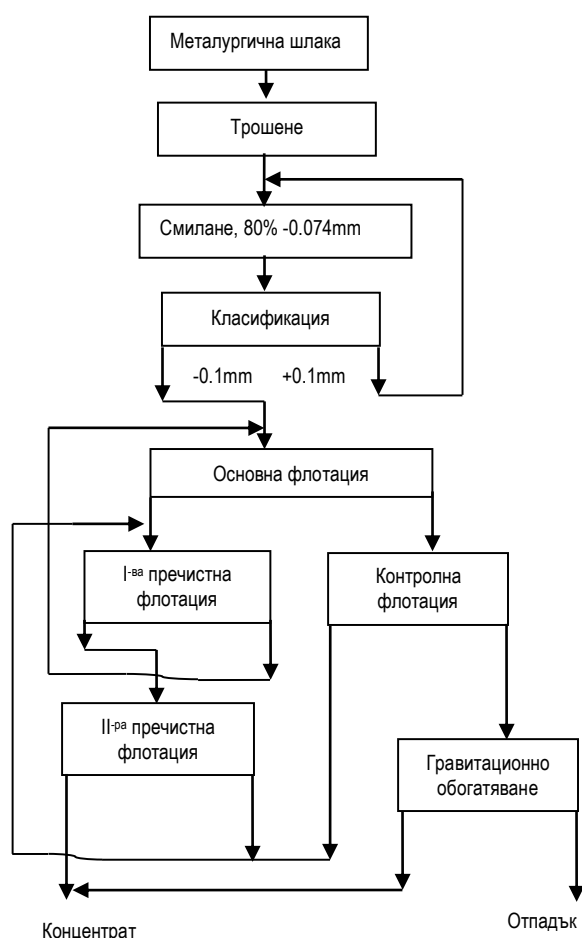
златото и среброто са добри, но те могат да се повишат до 95%, ако се намали едрината на смилане до 100% - 0.063mm и се включи гравитационно разделяне на отпадъка след контролна флотация. По-ниските извличания на медта и оловото се обясняват с факта, че известни проценти от тези елементи са участвали в образуването на комплексни съединения при формирането на шлаката.

Таблица 3.

Технологични показатели на флотационния процес

Продукт	Добив, %	Извличане, %			
		Au	Ag	Cu	Pb
Концентрат	12.4	79.85	84.66	65.79	33.90
Междиен продукт	4.0	6.19	1.38	12.10	4.54
Отпадък	83.6	13.96	13.95	22.11	61.56
Изходна проба	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Резултатите от лабораторните изследвания по флотацията на металургична шлака със събирател, представляващ смес от модифициран тионокарбамат и алкилов ксантогенат, разтворени в изобутанол и пентилов алкохол, позволиха да бъде синтезирана технологичната схема, показана на фиг. 1.



Фиг. 1 Схема на инсталация за преработка на металургична шлака

Възложителят на изследването прие и усъвършенства предложената схема като включи допълнително втора контролна флотация и контролна гравитация на отпадъка в центробежен концентратор „Knelson“, като резултат съдържанието на злато се повиши над 100g/t, а на сребро над 650g/t. Съдържанието мед е между 2 и 3%, на олово стигна до 7%. Трябва да се отбележи, че партидата, внесена в България е нехомогенна и това влияе на показателите на технологичния процес.

Изводи и заключение

Проведеното изследване с шлака, получавана при производството на благородни метали, доказва възможността за успешното приложение на флотационната технология за извличане на съдържащи се в нея ценни елементи в случаите, когато размера на частиците е под 0.2mm. Изборът на реагента-събирател е направен след консултация с фирмата производител, като получените резултати много добре кореспондират с предварително предоставената информация. Стремешът на производителите на флотационни реагенти към синтез на възможно най-подходящи химикали за специфичните цели на потребителите, намери потвърждение в проведените опити с реагента, състоящ се от модифициран тионокарбамат и алкилов ксантогенат, разтворени в изобутанол и пентилов алкохол. Резултатите от изследването са поредното доказателство, че в съвременния свят понятието отпаден продукт, за каквато се смята шлаката, става неактуално и неточно. Тези вторични продукти се превръщат в много случаи в стратегически суровини на настоящето и бъдещето.

Технологичната линия, изградена от възложителя на проведеното изследване, включваща процесите трошене, смилане, класификация, флотация и гравитация, успя да достигне показателите от лабораторните изследвания в промишлени условия. Включването на центробежен концентратор в схемата позволи доизвличането на злато и сребро от шлаката и показва, че прилагането на комбинирани технологии е целесъобразно и необходимо, когато са икономически обосновани. Произведеният концентрат ще бъде закупен от металургична компания за производство на цветни и благородни метали. Отпадъкът от това производство е инертен и не представлява опасност за общественото здраве и околната среда. Той се депонира в лицензирано отпадъкохранилище. Този продукт може да бъде използван като добавка към флюса, приготвян в металургичните предприятия за цветни метали, по данни от американски публикации (www.p2pays.org/ref/18/17052.pdf).

Литература

www.kitco.com/charts
www.epa.gov/epaoswer/other/mining/techdocs
<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/recycle>
www.p2pays.org/ref/18/17052.pdf

Рецензент доц. д-р Кристина Мърхова

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ФАЗОВИЯ СЪСТАВ И СТРУКТУРАТА НА НАЛЕПИ, ОБРАЗУВАНИ В МЕТАЛУРГИЧНИ ПЕЩИ

Ирена Михайлова, Борис Стефанов

Химико Технологичен и Металургичен Университет "Асен Златаров", 1756 София, irena@uctm.edu

РЕЗЮМЕ. Проведено е изследване за изучаване на фазовия състав и структурата на предоставени образци от налепи, които са образувани на прехода между ълтейка на факелна топилна пещ и котела утилизатор след нея. Такъв тип образувания са нежелателни. Те възпрепятстват движението на отделените газове и работата на пещта. Определянето на състава и структурата на налепите е стъпка за изясняване на механизма, по който те се образуват и условие за набелязване на мерки за предотвратяване или редуциране на образуването на налепи. За изследването на налепите са приложени следните методи: химичен анализ, рентгенофазов анализ (РФА), рентгено-спектрален микроанализ (РСМА), светлинна микроскопия в отразена светлина. Установени са по рентгенодифракционни данни над десет кристални фази в различни проби от изследваните налепи. Основните фази са магнетит и делафосит. В по-ниски концентрации присъстват хематит, куприт, мед, халкоцит. Сулфатите, които се установяват – халкоцианит и халкантит вероятно са вторично образувани при промяна на основните фази. Данните от светлинната микроскопия са в съгласие с резултатите от РФА. Потвърждават се основните кристални фази, установява се наличието на силикатна стъклофаза и е разкрита микроструктурата на образците. Състави на фазите са определени с РСМА. Два типа участъци, които се различават по структура, минерален състав и количество на силикатно стъкло характеризират основната маса от налепа. Те са свързани с двата основни типа реакции, посредством които са протичали минералообразователни процеси, а именно твърдофазни реакции с участие на течна фаза и кристализация от стопилка. Минералната асоциация в образуваните налепи и силикатното стъкло, което споява кристалите в компактна маса, предполага високата механична якост на налепите.

RESEARCH EXAMINING THE PHASE COMPOSITION AND THE STRUCTURE OF BUILDUPS, FORMED IN METALLURGICAL FURNACES

Irena Mihailova, Boris Stefanov

University of Chemical Technology and Metallurgy "Asen Zlatarov". 1756 Sofia, irena@uctm.edu

ABSTRACT. A research has been made, examining the phase composition and the structure of given samples of the buildups, which are formed in the uptake between flash smelting furnace and waste-heat boiler after it. This kind of formation is undesirable. It impedes the movement of the evolved gases and the proper work of the furnace. Defining the composition and the structure of the buildups helps clearing up the mechanism of their formation and is a condition for outlining the precautions for preventing or reducing the formation of buildups. In the research of the buildups are used the following methods: chemical analysis, X-ray powder diffraction investigations (XRD), electron probe microanalyses (EPMA), light microscopy in reflected light. According to powder diffraction data are defined more than ten crystal phases in the different samples from the examined buildups. The basic phases are magnetite and delafossite. There are hematite, cuprite, copper, chalcocite in lower concentrations. The determined sulphates (chalcocyanite and chalcantite) are probably secondarily formed with the change of the basic phases. The data from the light microscopy are in accordance with the results from XRD. The basic crystal phases are confirmed, the presence of silicate glass is determined and the microstructure of the samples is revealed. The composition of the phases is determined with EPMA. Two kinds of regions with different structure, mineral composition and quantity of silicate glass characterize the basic mass of the buildup. They are connected with the two basic types of reactions because of which the mineral forming processes have occurred – liquid solid-state reactions and crystallization from liquid phase. The mineral association in the formed buildups and the silicate glass, which solders the crystals in a compact mass, is a precondition for high compressive strength.

Въведение

Образуването на налепи е типичен проблем за факелните топилни пещи. В тях газовете, съдържащи прах се насочват към котел утилизатор. Процесите, които протичат в праха зависят от състава на праха и газа, температурата, скоростта на флуида и др. (Safe et al., 1998; Ranki-Kilpinen et al., 2002; Nurminen et al., 2004). Целта на настоящата работа е да се изследва фазовия състав и структурата на налепи, образувани на прехода между ълтейка на факелна топилна пещ и след нея. Тази информация е важна за да се изяснят реално протичащите процеси в тази зона за да могат да бъдат оптимизирани.

Методи

За изследването на налепите са приложени следните методи: химичен анализ, рентгенофазов анализ (РФА), рентгено-спектрален микроанализ (РСМА), светлинна микроскопия в отразена светлина. РФА е проведен с апарат "Philips" с Cu-анод на рентгеновата тръба. РСМА са извършени на сканиращ електронен микроскоп JEOL JSM 35 CF с рентгенов микроанализатор TRACOR NORTHERN TN – 2000, чрез енергийно дисперсивна система. Използвани са еталони на фирмата JEOL. Изследванията в отразена светлина са проведени с микроскоп Laboval – pol – и на фирмата "Carl Zeiss" Jena.

Резултати и дискусия

При визуално изследване с лупа на предоставените образци от налеп се установява, че те са полиминерални и присъстват зони, различаващи се по минералния си състав и структура. Виждат се неправилни по форма закръглени празнини и пори. Размерите им достигат до 25 x 15 mm, но присъстват и множество пори около 2-3 и под 1mm. Преобладаващата част от налеп е представена от тъмен минерален агрегат с метален блясък и червеникав оттенък. Тази зона, означена като 1, изгражда вътрешните части на образците. Присъстват удължени до 1-2 mm призматични кристали, перпендикулярно ориентирани спрямо външната повърхност и повърхността на порите и празнините. Във вътрешността на късовете се установяват и плътни тъмни до черни агрегати с матов блясък. Те не са еднородни в тях присъстват и различни по цвят включения – червени и жълти, с метален блясък. При разчупване на образците от налеп и опит да се отдели образец от тази зона – 2, се установи, че тези агрегати тясно асоциират и се проникват от агрегатите от зона 1. Виждат се включения от метална мед неравномерно разпределени в обема на образците. Те са с различни размери. Тези до 1 mm са закръглени, а по големите до 5-10 mm обикновено са с неправилна форма. По повърхността на кухините в зони 1 и 2 са образувани налепи от светло сини и светло зелени кристали. Те присъстват като слоеве, зърнести или иглести индивиди. Най-крайната част от периферията е слой с матов блясък със син или зелен цвят, на места преходя до сиво и кафяво. Дебелината му е от 0,5 до 2-3 mm. Тази зона - 3, е по-рохкава, с по ниска механична якост от зони 1 и 2, което се установява при разчупване на образците. Установени са и зони с ограничено разпространение. Локално в периферията на къс от налепа е развит участък с площ ~ 2 cm². Различава се по светлия си цвят и неметалния блясък – образец 4. Изграден е от бели (светли) включения в светложелена обща маса. В периферен участък от налепа се установява минерален агрегат с тъмносив до черен цвят и метален блясък и размери над 20x10 mm – образец 5.

Резултатите от проведения химичен анализ са представени в таблица 1. Фазовият състав на образци от описаните участъци от 1 до 5 е определен въз основа на резултатите от Рентгено-фазов анализ (РФА), които са представени на фиг. 1. Интерпретацията на данните от РФА е проведена чрез сравнение на експерименталните данни с еталонни от базата данни PCDPFWIN v. 2.2. на JCPDS – International Centre for Diffraction Data. Установените кристални фази са представени в таблица 2. В последната колона от таблица 2 са показани номерата на образците, в които са установени фазите. Образци от 1 до 5 са от налепа и съответстват на описаните по-горе зони. Образец 6 е прахова проба от котел утилизатор, а 7 – от сух електрофилтър след котел утилизатор. Както показват резултатите от фиг. 1. и табл.1. образците са полифазни. Присъстват по няколко минерални фази – 6-7. Не е изключено наличието и на други кристални фази, които поради незначителното си съдържание или припокриване на пикове в сложните дифракционни картини, да не са идентифицирани. Основната маса от образците от налеп е изградена от зони 1 и 2. РФА, за тези зони показват, че те са с аналогичен минерален състав.

Таблица 1.

Химичен състав на средна проба от налеп

ЕЛЕМЕНТИ/ СЪЕДИНЕНИЯ	МАС. %
Fe	31,63
Cu	29,72
S	2,30
Pb	0,30
Mn	0,07
Ni	0,04
Co	0,02
Cd	0,04
Zn	1,46
As	0,29
Bi	0,07
CaO	0,85
SiO ₂	4,22

Забележка: Остатъкът до 100% е предимно кислород под формата на метални оксиди и сулфати.

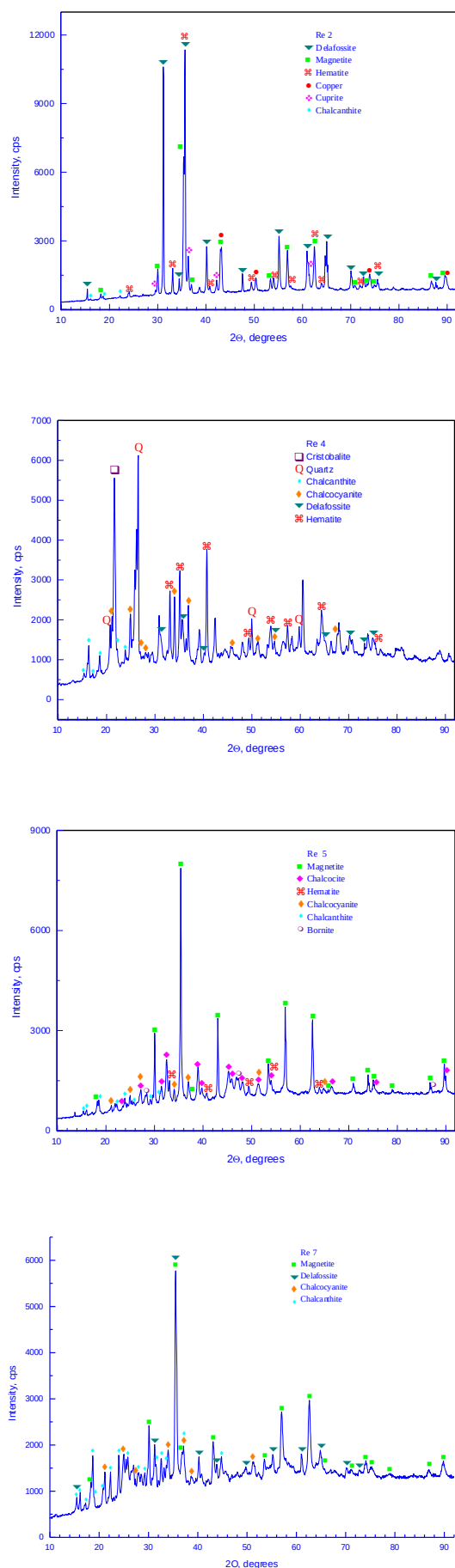
Таблица 2.

Кристални фази, установени в образци от налепа, прах от котел и СЕФ по данни от РФА

КРИСТАЛНА ФАЗА	ХИМИЧЕН СЪСТАВ	PDF	ОБРАЗЕЦ
Делафосит	Cu ⁺ Fe ³⁺ O ₂	39 - 0246	1,2,3,4,6,7
Магнетит	Fe ₃ O ₄	19 - 0629	1,2,3,5,6,7
Хематит	Fe ₂ O ₃	33 - 0664	1,2,3,4,5,6
Куприт	Cu ₂ O	05 - 0667	1,2,3,6
Мед	Cu	04 - 0836	1, 2
Халкоцианит	Cu ₂ SO ₄	15 - 0775	1,3,4,5,6,7
Халкантит	CuSO ₄ ·(H ₂ O) ₅	76 - 0689	1,2,3,4,5,6,7
Халкоцит	Cu ₂ S	29 - 0578	5
Борнит	Cu ₅ FeS ₄	42 - 0586	3,5
Кристобалит	SiO ₂	82 - 0512	4
Кварц	SiO ₂	46 - 1045	4

Следователно основните кристални фази в налепа са делафосит и магнетит, придружени от хематит, мед, куприт. Има данни и за наличие на халкантит и халкоцианит в малко количество. Различията в съотношението между кристалните фази в образци 1 и 2 са незначителни. Образци 3, 4 и 5, представящи зони с ограничено разпространение от периферни участъци на налепа се различават по рентгенодифракционните си картини. Интензитетът на дифракционните максимуми е по-нисък, в сравнение с 1 и 2, което е свързано с по-ниската им кристалност.

Основните кристални фази в 3 са магнетит, хематит и делафосит, но сулфатите - халкоцианит и халкантит са в много по-големи количества от тези в 1 и 2. Това явно е



Фиг.1. Рентгенодифракционни данни на образци 2,4,5 и 7

свързано с процеси на окисление по повърхността на налепа. Установяват се още куприт и борнит. Трябва да се отбележи, че установяването на борнит в образец 3 и 5 е на базата на 2-3 дифракционни максимума със сравнително нисък интензитет, които остават при разчитане на дифрактограмите т.е. то не е сигурно. Отчитайки и полето на устойчивост на борнита ~ 500 °C, то такава фаза би могла да бъде само вторичен продукт от промяна на друга, устойчива при по-високи температури. Образец 4, както можеше да се очаква, се отличава значително по минерален състав от всички останали. В него доминират полиморфните модификации на SiO₂ – кварц и кристобалит. Присъстват също хематит, делафосит, халкантит и халкоцианит. В образец 5 преобладава магнетит в асоциация с халкоцит, хематит, борнит, халкантит и халкоцианит.

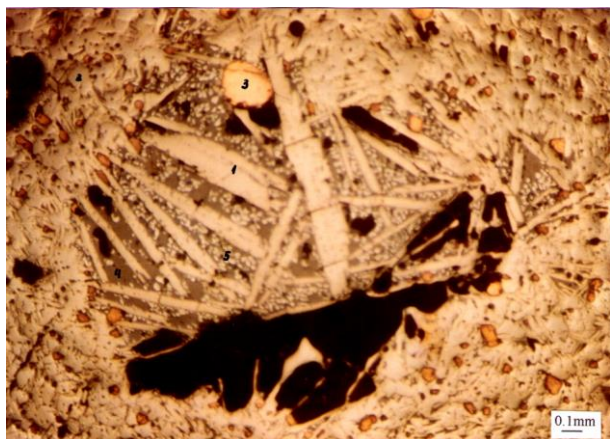
Различията между фазовия състав на различните образци от налепа показват че минералообразователните процеси са протичали в една динамична и нееднородна по химичен състав среда. Основните фази са магнетит и делафосит. В по-ниски концентрации присъстват хематит, куприт, мед, халкоцит. Сулфатите, които се установяват – халкоцианит и халкантит вероятно са вторично образувани при промяна на основните фази.

Образците от прах от котел 6 и СЕФ – 7 са близки по минерален състав до тези от налепа. В 6 установените фази и рентгенограмата като цяло са много сходни на образец 3. Основните фази са оксиди – магнетит, делафосит, хематит и сулфати – халкантит и халкоцианит. Присъства куприт. Има различие в съотношенията на фазите. В образец 7 основната фаза е магнетит, придружен от делафосит, халкоцианит и халкантит в подчинено количество.

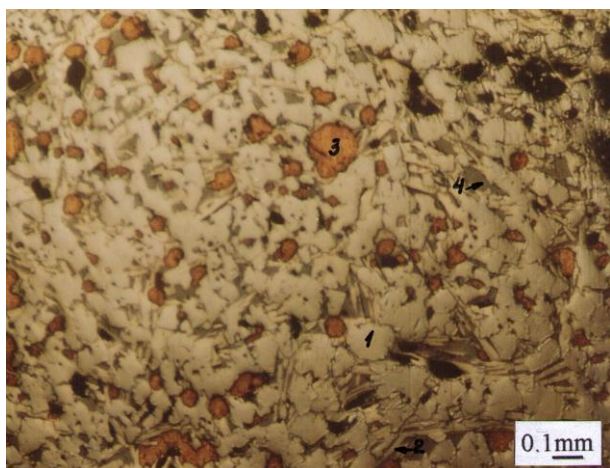
Проведени са микроскопски наблюдения в отразена светлина върху аншлифи (полирани препарати) изготвени от образци от зони 1, 2 и 5. Данните от светлинната микроскопия са в съгласие с резултатите от РФА. Потвърждава се наличието на делафосит и магнетит като основни фази в зони 1 и 2, както и на мед, хематит, куприт и др. Светлинната микроскопия позволява да се разкрие микроструктурата на образците, която е илюстрирана с фотографиите на фиг.2. – 6. Освен споменатите кристални фази, в аншлифите се установява и тъмно сива фаза, подобна по оптичните си характеристики на неруден минерал, която бе определена като силикатна стъклофаза. На фиг. 2 и 3 са представени характерни структури за зони 1-2, т.е. за преобладаващата част от образците.

Обобщавайки резултатите от проведените микроскопски изследвания може да се направи следната характеристика на основните фази:

Делафосит - представен е от идиоморфни призматични и хипидиоморфни удължени кристали с размери които варират от 0.01x0.03 до 0.20x1,50mm. Химичният му състав по данни от Рентгеноспектрален микроанализ е представен в табл. 3 и отговаря на следната формула: Fe_{0,94}Cu_{0,94}So_{0,01}O₂.



Фиг.2. Характерна структура за зона 1 и 2 – в централната част на снимката са разположени по цялата дължина на зоната удължени делафоситови кристали [1] в обща маса от силикатно стъкло [3] и куприт [5]; в съседство - магнетит [2] и мед [3].



Фиг.3. Характерна структура за зона 1 и 2 – плътен участък, изграден от изометрични кристали магнетит [1], призми делафосит [2], и мед [3], споени от силикатно стъкло [4].

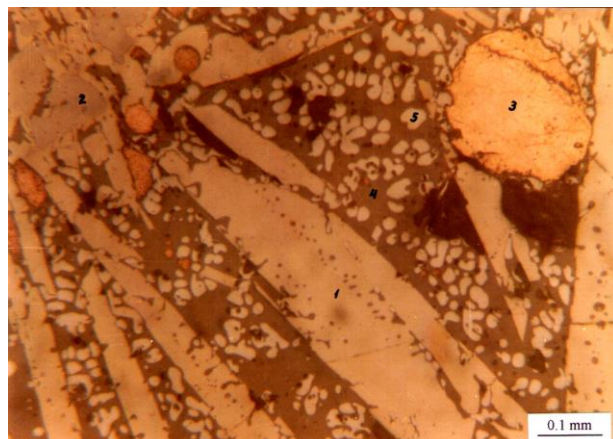
Таблица 3.

Химичен състав на делафосит от налепа

ЕЛЕМЕНТИ	АТОМ. %	МАС. % *
Fe	50.01	36.44
Cu	49.49	41.20
Si	0.51	0.18

* В табл. 3 – 12 оставащите до 100 % мас. са считани за кислород.

Идиоморфните призматични кристали делафосит в основна маса от по-тъмно силикатно стъкло са характерни за кристализация от стопилка. Някои от по-големите удължени кристали имат неравни очертания на границата със стъклофазата и включват капки от нея (фиг.4), също типично явление за кристализация от стопилка. В условията са настъпвали промени, свързани с химичния състав или температурата, които са довели до частично или пълно разтваряне на вече образуваните делафоситови и други кристали от силикатната стопилка. Наличието на течна фаза в образеца обяснява и наличието на множеството пори и празнини. Те се дължат вероятно на миграция на течната фаза в обема на



Фиг.4. Делафосит [1], магнетит [2] и мед [3] в обща маса от силикатно стъкло [4] и куприт [5]. Удължените делафоситови кристали включват капки от силикатната фаза и куприт.

образеца при понижаване на вискозитета на стопилката, вследствие на условията на средата.

Магнетит - явява се като добре оформени кристали с изометричен хабитус, което съответства на кубичната му симетрия. Състави на магнетит и съответните им формули са представени в табл. 4 и 5.

Таблица 4.

Химичен състав на магнетит (образец 1)

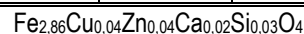
ЕЛЕМЕНТИ	АТОМ. %	МАС. % *
S	00.16	00.07
Fe	92.59	66.57
Cu	4.67	3.84
Zn	2.08	1.74
Ca	0.16	0.08
Si	0.33	0.12



Таблица 5.

Химичен състав на магнетит (образец 5)

ЕЛЕМЕНТИ	АТОМ. %	МАС. % *
Fe	96.00	69.44
Cu	1.30	1.07
Zn	1.18	0.99
Ca	0.61	0.31
Si	0.92	0.33



Както може да се очаква, като се имат в предвид широките възможности за изоморфни замествания в групата на шпинелите, магнетитът съдържа примеси от Cu, Zn, Ca и Si. Размерите на кристалите в изследваните образци са в границите от 0.05-0.10 до 0.25 mm. Наличието на кристали магнетит с такива размери и форми, както и размерите и формите на делафоситовите кристали показват, че те може да са се образували в налепа в резултат на прекристализация в твърдо състояние при високи температури на механично отложени първични фази. Наблюдава се и кристализация на основните фази и от течна фаза – стопилка.

Често делафосит е отложен около магнетитови кристали като ореол или спояваща маса Това е показателно за

последователността на фазообразуване. Този делафосит е образуван около вече образувани магнетитови зърна. Наблюдава се образуване на делафосит както около идиоморфен магнетит (фиг.5.), така и около кородирани магнетитови зърна. Делафоситът циментира и запълва празнините между реликтите от магнетитови кристали. Различията в наблюдаваните структури показват, че в различните части на обекта са протичали различни процеси и се редуват кристализационни процеси с корозия и разтваряне на образуваните кристали.



Фиг.5. Ореоли от делафосит [1], образувани около идиоморфни магнетитови кристали [2].

Освен корозионна структура на магнетит се наблюдават и замествания от хематит в различна степен – от зонални структури до пълно заместване (псевдоморфоза). Заместване от хематит, под въздействието на флуиди, се наблюдава в близост до граничната повърхност на големи празнини и пори или до участъци с повече силикатно стъкло. По границите са развити зони с различен минерален състав. Болшинството магнетитови кристали са претърпели разяждане преди заместването от хематит. Заместването започва от периферията на магнетитовите зърна и напредва към централните им части.

Мед - отличава се с високото си отражение и наситено розов цвят. Среща се като ксеноморфни включения. Разпределена е неравномерно в образеца. В отделни зони има струпвания, а други са бедни на медни включения. Има изключително разнообразие в размерите – от 0.01-0.02 mm до 10mm. Между малките медни включения има такива с правилни сферични форми, а по-големите са с неправилни заоблени очертания. Съставът на медни включения от образците е представен в табл.6 и 7.

Таблица 6.

Химичен състав на мед – голямо включение

ЕЛЕМЕНТИ	АТОМ. %	МАС. % *
Fe	0.15	0.13
Cu	99.27	99.53
Si	0.58	0.25

Таблица 7.

Химичен състав на мед – включение със среден размер

ЕЛЕМЕНТИ	АТОМ. %	МАС. % *
Fe	1.25	1.09
Cu	95.78	95.28

As	1.78	2.07
Pb	0.23	0.73
Si	0.96	0.42

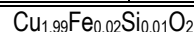
При разглеждане на големи медни включения при по-голямо увеличение се вижда, че те не са плътни, представляват агрегати и включват и друга минерална фаза – вероятно куприт, в празнините между медните зърна. Наблюдава се кристализация на делафосит около медните зърна, следвайки очертанията им.

Куприт - среща се в малки (0.01-0.02 mm) алотриоморфни зърна. Привързан е към участъците с големи удължени делафоситови кристали и сравнително повече силикатно стъкло. Участва в общата маса и образува характерна графична структура, свързана с кристализация от стопилка. Отношенията му с другите фази показват, че е образуван след делафоситовите кристали с които асоциира. Химичният му състав, представен в табл. 8. е близък до стехиометричния.

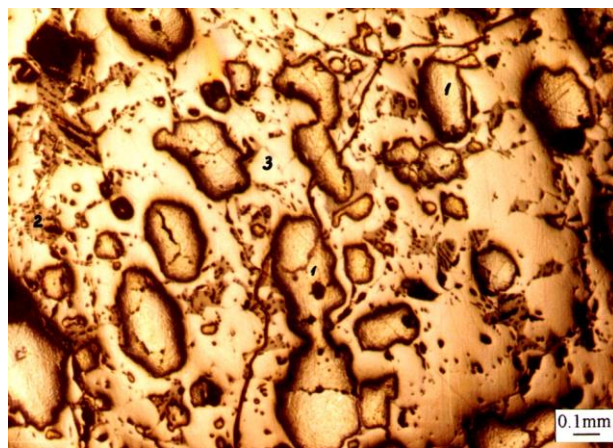
Таблица 8.

Химичен състав на куприт

ЕЛЕМЕНТИ	АТОМ. %	МАС. % *
Fe	1.03	0.81
Cu	98.21	87.38
Pb	0.18	0.51
Si	0.58	0.22



Халкоцит - Среща се като алотриоморфни сивобели включения в обща маса от магнетит и силикатно стъкло. (фиг.6). Установен е в образец 5, който е със специфичен състав. Размерите на халкоцитовите включения са от 0.05 до 0.3 – 0.8 mm, но се срещат и единични по-големи ~ 3 mm. Химичният му състав е представен в табл. 9.

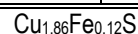


Фиг.6. Халкоцитови включения [1] в обща маса от силикатно стъкло [2] и магнетит[3].

Таблица 9.

Химичен състав на халкоцит от (образец 5)

ЕЛЕМЕНТИ	АТОМ. %	МАС. % *
S	33.68	20.36
Fe	3.59	3.79
Cu	62.73	73.78



Магнетитът в силикатното стъкло обхваща халкоцита и явно е кристализирал след него. Границите на включенията са неравни и тъмни, което може да е резултат на реакции на корозия. В халкоцитовите включения се срещат примеси и от други минерални фази.

Силикатна стъклофаза - има тъмносив цвят, на места по оцветяването може да се съди, че е нехомогенна. Разпространена е неравномерно в обема на образците. В зоните, където е застъпена по-слабо изпълнява ролята на спойка между магнетитовите и делафоситовите кристали. Присъствието на течна фаза е благоприятно за процесите на спичане и кристализация на фазите и образуването силикатно стъкло ги свързва в здрава компактна маса. Има участъци, където силикатна течна фаза се е образувала в по-големи количества и от нея са кристализирали куприт и големи делафоситови кристали, които заемат с дължината си цялото пространство на участъка. Там тя също изпълнява ролята на свързваща маса, но от друга страна при промяна на условията напр. повишаване на температурата тя разтваря вече образуваните кристали и може да мигрира в образеца. Явно е, че някои от големите пори и празнини в образците са свързани с такива процеси. Т.е. увеличаването на течната фаза над определено количество води до поява на празнини и намалява механичната якост на налепа и може да доведе до разрушаването му. Установяват се две противоположни тенденции, свързани с ролята на течната фаза. Едната е да способства за нарастване на кристалите и свързването им в здрава маса, другата да разтваря образуваните кристали и да се придвижва - стича в налепа, при което се образуват празнини. В различни части на налепа се създават условия за проява на и двете тенденции. Това, какво е действието ѝ зависи от състава и температурата, респективно вискозитетата и др.

В таблици 10, 11 и 12 са представени състави на стъклофазата, определени в различни точки.

Таблица 10.

Химичен състав на стъклофаза (образец 1)

ЕЛЕМЕНТИ	АТОМ. %	МАС. % *
Fe	10.31	7.73
Cu	8.20	7.03
Ca	20.23	10.84
Si	61.26	22.97

Таблица 11.

Химичен състав на стъклофаза (образец 2)

ЕЛЕМЕНТИ	АТОМ. %	МАС. % *
S	6.10	2.62
Fe	9.50	7.13
Cu	10.97	9.41
Zn	0.76	0.66
Ca	19.71	10.57
Cd	0.29	0.44
Pb	4.59	12.73
Si	48.08	18.05

Таблица 12.

Химичен състав на стъклофаза (образец 5)

ЕЛЕМЕНТИ	АТОМ. %	МАС. % *
S	2.73	1.35
Fe	34.79	30.08
Cu	2.17	2.15
Zn	1.52	1.53
Ca	14.55	8.98
Pb	0.24	0.76
Si	44.00	19.02

Прави впечатление, че съставът и е променлив калциевосиликатен, като в значително количество присъстват Fe и Cu. Рязко се откроява съставът ѝ в образец 5 поради по-високото съдържание на Fe.

Заклучение

Основната маса от налеп се характеризира с две основни оксидни фази – делафосит и магнетит, които съставят до 70 – 80 % от обема. Другите фази – стъкло, куприт, мед и др. заемат останалите 20 – 30 %. Това е устойчивата минерална асоциация, до която се достига при взаимодействия между механично попадналите в налепа първични фази. Разграничават се два типа участъци, които се различават по структура, минерален състав и количество на силикатно стъкло. Те са свързани и с двата основни типа реакции, посредством които са протичали минералообразователни процеси, а именно твърдофазни реакции с участие на течна фаза и кристализация от стопилка. В първия случай се образуват магнетит, мед, делафосит и малко силикатно стъкло, а във втория – основно делафосит, куприт и повече стъклофаза. Въпреки тенденцията при образуване на течна фаза, тя да циркулира, да разтваря вече образувани кристали и да предполага празнини в обема на налепа, при съществуващите условия образуваните налепи са с висока механична якост.

Литература

- Safe, P., D. M. Jones. 1998. Process off-gas cooling design consideration for non-ferrous metallurgical processes. – In: *Sulfide Smelting '98: Current and future Practices* (Eds. Asteljoki, J. A., R. L. Stephens) The Minerals, Metals & Materials Society, 401-415.
- Ranki-Kilpinen, T., E. J. Peuraniemi and M. Makinen. 2002. Sulphation of cuprous oxide in SO₂-rich atmospheres. – *Sulfide Smelting '2002* (Ed. Stephens, R. L. and H. Y. Sohn) The Minerals, Metals & Materials Society, 261-271.
- Nurminen, E., H. Jalkanen, K. Fagerlund, T. Ranki-Kilpinen. 2004. Decomposition kinetics of flash smelting flue dust sulphates. *EDP Congress* (Ed. Schlesinger, M. E.) The Minerals, Metals & Materials Society, 175-180.

СИНТЕЗ НА 6-ИЗОТИОЦИАНО-3-АРИЛМЕТИЛЕН-1(3Н)-ИЗОБЕНЗОФУРАНОНИ И НА ТИОХИДАНТОИНОВИ ПРОИЗВОДНИ НА ПРИРОДНИ L-АМИНОКИСЕЛИНИ

Недялко Софрониев

Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София

РЕЗЮМЕ. Установено е, че цветните 6-изотиоциано-3-арилметилден-1(3Н)-изобензофуранони могат да се използват за определяне на N-крайни аминокиселини. При взаимодействието им с природни аминокиселини се получават цветни тиохидантоинови производни, чийто интензивен цвят улеснява изолирането и хроматографското им идентифициране.

Ключови думи: 6-Нитро-1(3Н)-изобензофуранон (6-нитрофталид), 6-нитро- и 6-амино-3-арилметилден-1(3Н)-изобензофуранони (6-нитро- и 6-амино-3-заместени бензилиденфталиди), 6-изотиоциано-3-арилметилден-1(3Н)-изобензофуранони (6-изотиоциано-3-заместени бензилиденфталиди), природни L-аминокиселини, тиохидантоинови производни на природни L-аминокиселини.

SYNTHESIS OF 6-ISOTHIOCYANO-3-ARYLMETHYLENE-1(3H)-ISOBENZOFURANONES AND THIOHYDANTOIN DERIVATIVES OF NATURAL L-AMINO ACIDS

Nedyalko Sofroniev

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia

ABSTRACT. It is established that coloured 6-isothiocyano-3-arylmethylene-1(3H)-isobenzofuranones can be used by identification of N-ended amino acids. Thiohydantoin derivatives are obtained by their interaction with natural amino acids. The intensive colour facilitates their isolation and chromatography identification.

Key words: 6-Nitro-1(3H)-isobenzofuranone (6-nitrophthalide), 6-nitro- and 6-amino-3-arylmethylene-1(3H)-isobenzofuranones (6-nitro- and 6-amino-3-substituted benzylidenephthalides), 6-isothiocyano-3-arylmethylene-1(3H)-isobenzofuranones (6-isothiocyano-3-substituted benzylidenephthalides), natural L-amino acids, thiohydantoin derivatives of natural L-amino acids.

Въведение

Много пептиди намират широко приложение като лекарствени препарати с разнообразно физиологично действие. Ето защо въпросът за изолирането и охарактеризирането на пептидите е твърде актуален. Степенното разграждане от N-края на пептидната верига се осъществява с помощта на химични, ензимни и физични методи (Якубке и Ешкайт, 1985). Най-важният химически метод за степенно разграждане на пептиди и определяне на аминокиселинната им последователност е тиохидантоиновият метод на Edman. Като реагент се използва фенилизотиоцианат (реагент на Edman), който при взаимодействие с пептиди води до отцепването на N-крайна аминокиселина, като се получава цветно фенилтиохидантоиново производно на N-крайната аминокиселина (Edman, 1949; Edman, 1950; Edman and Lauber, 1956; Edman, 1970). Идентификацията на фенилтиохидантоиновите аминокиселини се осъществява чрез хартиена, тънкослойна и газова хроматография, а също така и чрез високоефективна течна хроматография (Downing and Mann, 1976; Zeeuws and Strosberg, 1978). Намаленият с една аминокиселина пептид се изолира и подготвя за следващия цикъл на разграждане по метода на Edman. Методът на Edman и до днес намира широко

приложение, като се търсят възможности за повишаване на неговата чувствителност и разширяване на обсега му. Известни са различни модификации на реактива на Edman (Levy and Chung, 1955; Frankel Conrat et al, 1955; Ramachandran et al, 1955; Sjoquist, 1957; Drobnica and Augustin, 1965; Krisitan and Drobnica, 1966; Ivanov et al, 1967; Van Ryment, 1970). Освен фенилтиохидантоинови производни на аминокиселините, в литературата са описани и метилтиохидантоинови производни на различни аминокиселини (Кривцов и Степанов, 1965; Степанов и Кривцов, 1965).

Целта на настоящата работа е намирането на нови цветни реагенти, осигуряващи по-голяма чувствителност на метода на Edman при определяне на N-крайна аминокиселина в пептидна верига. За получаването на такива реагенти използвахме производни на 6-нитро-3-арилметилден-1(3Н)-изобензофураноните. В литературата са описани различни методи за получаване на 3-арилметилден-1(3Н)-изобензофуранони (Leopold, 1901; Barry and Zimmer, 1962; Hrnčiar and Yoniak, 1966; Hrnčiar and Kuruc, 1967; Awad et al, 1968; Hrnčiar et al, 1968; Hrnčiar and Ulehla, 1969; Krasnec and Hrnčiar, 1971; Minchev et al, 1986). 3-Арилметилден-1(3Н)-изобензофураноните

съдържат система от спрегнати двойни връзки (хромофорни групи), поради което са цветни съединения, които флуоресцират. Това дава възможност тези съединения да бъдат използвани като изходни

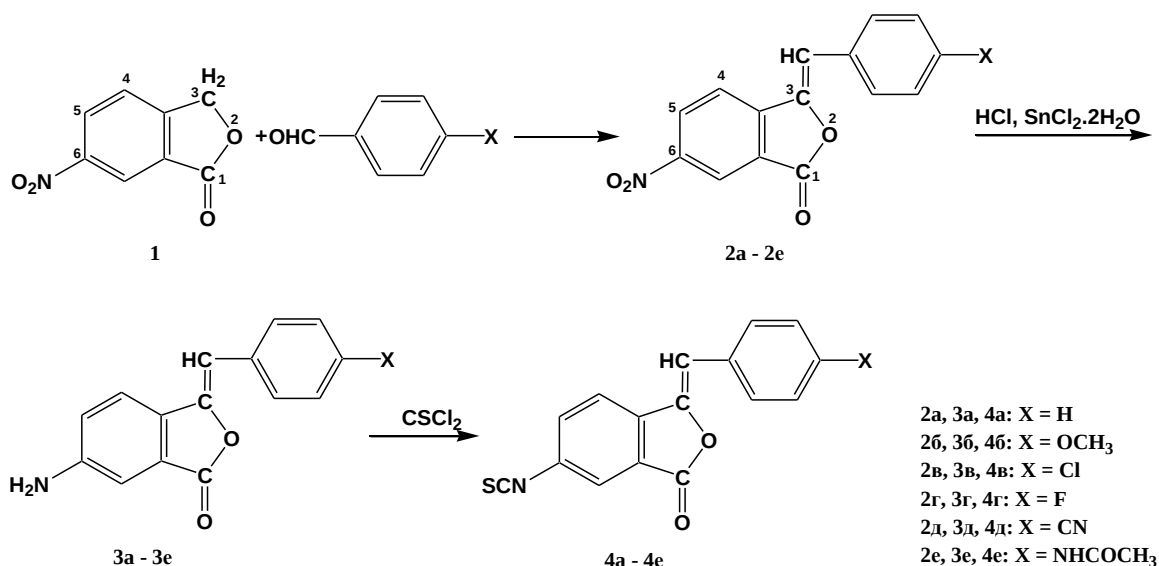
съединения за получаване на 6-изотиоциано-3-арилметилден-1(3Н)-изобензофуранони, които могат да се прилагат по метода на Edman за определяне на N-крайни аминокиселини в пептидната верига.

Обсъждане

Получаването на 6-нитро-3-арилметилден-1(3Н)-изобензофураноните (**2a** - **2e**) осъществихме при кондензацията на 6-нитро-1(3Н)-изобензофуранон (**1**) с р-заместени ароматни алдехиди по Barry and Zimmer (1962). Температурите на топене и данните от елементния анализ на съединенията **2a** - **2e** съвпадат добре с данните за същите съединения описани в литературата (Barry and Zimmer, 1962; Hrnčiar et al, 1968; Minchev et al, 1986). 6-Нитро-3-арилметилден-1(3Н)-изобензофураноните (**2a** - **2e**) са цветни кристални съединения, които флуоресцират. Съединения **2a** и **2b** дават в ацетон разтвор жълта флуоресценция, докато при останалите **2c**, **2g** - **2e** се наблюдава синьозелена флуоресценция. В инфрачервените спектри на съединенията **2a** - **2e** са налице ивици на поглъщане за нитрогрупа при 1330 cm^{-1} и 1500 cm^{-1} , ивици на поглъщане за $\text{C}-\text{O}-\text{C}$ при 980 cm^{-1} , за $\text{C}=\text{C}$ връзка при 1620 cm^{-1} и ароматна $\text{C}=\text{C}$ връзка при 1550 cm^{-1} , както и за карбонилна група при 1780 cm^{-1} .

Редукцията на 6-нитро-3-арилметилден-1(3Н)-изобензофураноните (**2a** - **2e**) осъществихме по метода на

Hrnčiar et al (1968). Получават се различно оцветени 6-амино-3-арилметилден-1(3Н)-изобензофуранони (**3a** - **3e**), които са кристални вещества - **3a** - **3b** и **3d** са жълтооцветени, **3g** - светлокафяво, **3e** - оранжево. Те флуоресцират в ацетон разтвор по-силно в сравнение със съответните нитропроизводни **2a** - **2e**. Температурите на топене и данните от елементния анализ на 6-амино-3-арилметилден-1(3Н)-изобензофураноните (**3a** - **3e**) съвпадат с тези на описаните в литературата аминокиселини (Awad et al, 1968; Hrnčiar et al, 1968; Minchev et al, 1986). При условията на провеждане на реакцията се редуцира само нитрогрупата, без да протича редукция на $\text{C}=\text{C}$ връзката. В инфрачервените спектри на съединенията **3a** - **3e** се запазват ивиците на поглъщане за $\text{C}=\text{C}$ връзката при 1620 cm^{-1} , изчезват тези за нитрогрупа при 1330 cm^{-1} и 1500 cm^{-1} , а се появяват ивици на поглъщане за аминокиселина при 3320 cm^{-1} и 3450 cm^{-1} . Запазват се ивиците за поглъщане на карбонилна група при 1780 cm^{-1} , за $\text{C}-\text{O}-\text{C}$ при 980 cm^{-1} , за $\text{C}=\text{C}$ връзка при 1620 cm^{-1} и за ароматна $\text{C}=\text{C}$ връзка при 1550 cm^{-1} .



6-Изотиоциано-3-арилметилден-1(3Н)-изобензофуранони (**4a** - **4e**) получихме с високи добиви по аналогия с тиофосгеновия метод на Edman (1970). От получените изотиоцианатни производни **4a** - **4e** с по-углъбен жълт цвят е съединението **4b**, а също така **4a** и **4c**, което е предпоставка за по-голяма чувствителност ако тези съединения се използват за получаването на реагенти за доказване на N-крайни аминокиселини. В инфрачервените спектри на съединенията **4a** - **4e** изчезва ивицата на поглъщане за свободна аминокиселина при 3320 cm^{-1} и 3450 cm^{-1} , а се появява ивица на поглъщане за изотиоцианатна група (NCS) при 2100 cm^{-1} , като се запазват ивиците на поглъщане за $\text{C}-\text{O}-\text{C}$ при 980 cm^{-1} , за $\text{C}=\text{O}$ при 1780 cm^{-1} ,

за $\text{C}=\text{C}$ връзка при 1620 cm^{-1} и за ароматна $\text{C}=\text{C}$ връзка при 1550 cm^{-1} . Съединенията **4a** - **4e** показват в ацетон разтвор флуоресценция, която се определя в зависимост от вида на заместителя X на р-място във фениловия остатък. При съединение **4a** се наблюдава бледолилава флуоресценция, при **4b** - синя и **4c** - лилава флуоресценция, а при останалите **4d** - **4e** - светлосиня флуоресценция. Това прави възможно използването им като цветни реагенти за определяне на N-крайни аминокиселини в пептидни вериги. При взаимодействието на 6-изотиоциано-3-фенилметилден-1(3Н)-изобензофуранона (**4a**) и 6-изотиоциано-3-(4-метоксифенил)метилден-1(3Н)-изобензофуранона (**4b**) с природни аминокиселини,

се получават цветни тиохидантоинови производни на природните аминокиселини (**6a** - **6r**), чийто интензивен жълт цвят улеснява изолирането им и хроматографското им идентифициране. Получаването на тиохидантоиновите производни с природните аминокиселини L-аланин и L-фенилаланин протича по-схемата на Edman (1970) на два етапа. Първият етап на взаимодействие на **4a** и **4b** с L-аланин и L-фенилаланин е присъединителна реакция, протичаща в слабо алкална среда, като след подкисляване

с 1N HCl се стига до образуване на съответните междинни производни **5a** - **5r**. При тези условия 6-изотиоциано-3-арилметил-1(3H)-изобензофураноните (**4a**) и (**4b**) не изомеризират до съответните 2-арил-1H-инден-1,3(2H)-диони (2-арил-1,3-индандиони). Това може да стане в присъствие на по-силна база, каквато е натриевият метилат, като аналогични реакции са описани в литературата (Hrnčiar et al, 1968).

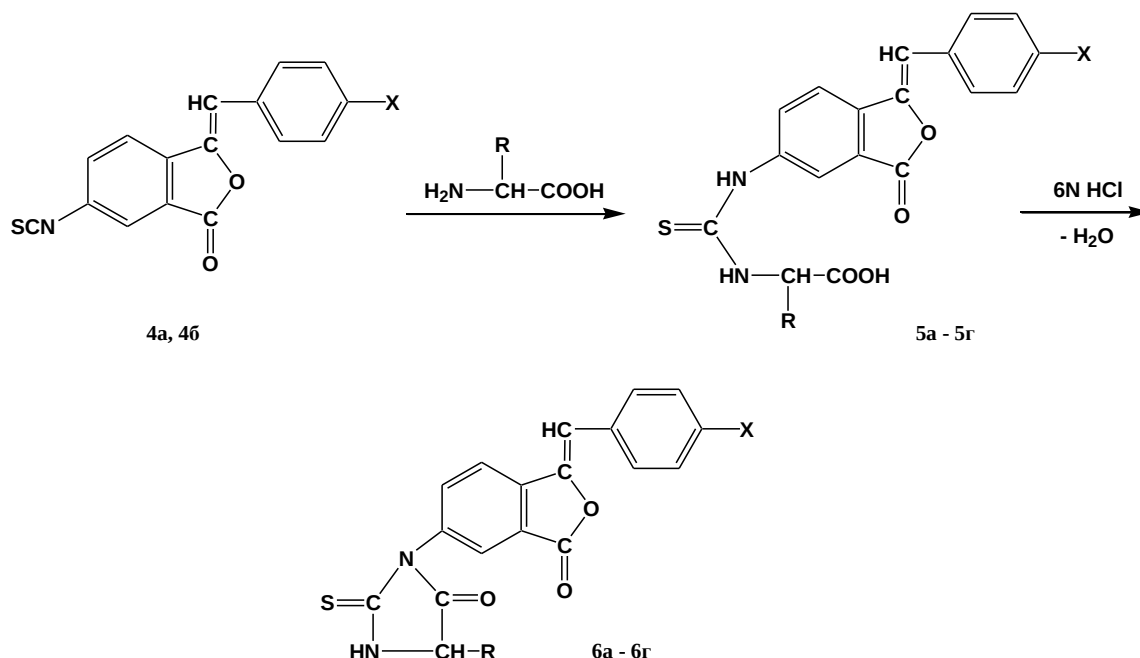


Таблица 1

№	Т.т., °C	Добив %	Анализ N,%		Анализ S,%		R _f	
			изч.	нам.	изч.	нам.		
4a	203 - 205	93	5,01	4,45	11,48	11,32	0,78 ^A	0,88 ^B
4b	232 - 233	95	4,53	4,24	10,36	10,15	0,73 ^A	0,84 ^B
4в	227 - 229	97	4,46	4,40	10,22	9,97	0,75 ^A	0,86 ^B
4г	242 - 243	80	4,71	4,60	10,78	10,60	0,43 ^A	0,71 ^B
4д	201 - 204	74	9,20	9,11	10,54	10,71	0,36 ^A	0,77 ^B
4e	228 - 230	79	8,33	8,15	9,53	9,36	0,23 ^A	0,81 ^B
6a	195 - 196	53	7,99	8,12	9,15	9,00	0,51 ^B	0,84 ^B
6b	226 - 228	50	7,36	7,43	8,43	8,54	0,48 ^B	0,83 ^B
6в	204 - 206	49	6,57	6,37	7,52	7,66	0,49 ^B	0,83 ^B
6г	217 - 218	52	6,14	5,98	7,02	7,14	0,47 ^B	0,82 ^B

Таблица 2

№	X	R	Абсорбция λ [nm]	Флуоресценция λ max [nm] Qf
6a	H	CH ₃	380	480 0,304
6b	OCH ₃	CH ₃	380	478 0,273
6в	H	CH ₂ C ₆ H ₅	385	477 0,358
6г	OCH ₃	CH ₂ C ₆ H ₅	388	478 0,285

В инфрачервените спектри на междинните съединения **5a** - **5r** изчезва ивицата на поглъщане за изотиоцианатна група (NCS) при 2100 cm⁻¹, а се появяват ивици на поглъщане за C=S при 1100-1200 cm⁻¹ и за вторични NH групи при 3300 cm⁻¹ и 3420 cm⁻¹. Налице са също ивици на поглъщане за

C=O от карбоксилна група при 1700 cm⁻¹ и за хидроксилна група при 2900 - 3000 cm⁻¹, които липсват в инфрачервените спектри на съединенията **4a** - **4e**. Вторият етап на реакцията се заключава в директно превръщане в кисела среда на съединенията **5a** - **5r** в съответните

тиохидантоинови производни (**6a** - **6g**), които се получават под формата на жълти кристали. Новосинтезираните тиохидантоинови производни (**6a** - **6g**) охарактеризирахме с помощта на инфрачервени, абсорбционни и флуоресцентни спектри. В инфрачервените спектри на съединенията **6a** - **6g** изчезват ивиците на поглъщане за C=O от карбоксилната група при 1700 cm^{-1} и за свободна хидроксилна група при 2900 – 3000 cm^{-1} , а се появява ивица на поглъщане за амидна карбонилна група при 1720 cm^{-1} . Налице е ивица на поглъщане за C=S при 1100 – 1200 cm^{-1} , както и тази за вторична NH при 3300 cm^{-1} , а изчезва ивицата на поглъщане за другата вторична NH група при 3420 cm^{-1} . Данните от абсорбционните и флуоресцентните спектри за съединения **6a** - **6g**, снети в етанол, са посочени в таблица 2. Флуоресцентния квантов добив Q_f е измерен по стандартна методика по Паркер (1972). От определените квантови добиви най-висок квантов добив се наблюдава при **6в** и **6а** в сравнение с квантовите добиви на **6б** и **6г**. Това, че съединенията **6а** и **6в** имат най-висок квантов добив показва, че те могат успешно да се използват като стандарти при определяне на N-крайни аминокиселини в пептидна верига по метода на Edman.

Материали и методи

Температурите на топене са определяни в открита капилара без корекция. Инфрачервените спектри са снети в нуйол на спектрофотометър IR 10, Carl Zeiss. Абсорбционните и флуоресцентните спектри са снети на Specord 40, Carl Zeiss. Органичните разтворители са изпарявани при остатъчно налягане 14 mm живачен стълб. Новосинтезираните съединения охарактеризирахме чрез елементарен анализ, а чистотата на новополучените съединения контролирахме чрез тънкослойна хроматография на DC-Alufolien plates Kieselgel 60 F₂₅₄, 0,2 mm. Използвани са следните хроматографски системи: А, етилацетат – петролев етер (1:2); Б, хлороформ – метанол (98:2); В, хлороформ-метанол – л. оцетна киселина (80:20:2).

Исходните съединения синтезирахме по методи описани в литературата. 6-Нитро-1(3Н)-изобензофуранон (**1**) получихме по Borsche et al (1934), 6-нитро-3-арилметилден-1(3Н)-изобензофураноните (**2a**) и (**2б**) по Barry and Zimmer (1962), (**2в**) по Hrnčiar et al (1968), (**2г** - **2е**) по Minchev et al (1986), 6-амино-3-арилметилден-1(3Н)-изобензофураноните (**3a**) и (**3в**) по Hrnčiar et al (1968), (**3б**) по Awad et al (1968), (**3г** – **3е**) по Minchev et al (1986).

Резултати

1. Получаване на 6-нитро-3-арилметилден-1(3Н)-изобензофуранони (**2a** - **2е**)

0,02 мол (3,58 г) 6-нитро-1(3Н)-изобензофуранон (**1**) и три капки пиридин се загряват при 190-200°C с 0,02 мол от съответния р-заместен бензалдехид. Получената стопилка се загрява с етанол до кипене за отстраняване на нереагиралия 6-нитро-1(3Н)-изобензофуранон. След филтруване, твърдият остатък се прекристализира из л.

оцетна киселина. Получават се жълтооцветените кристални вещества **2a** - **2е**, които по своите характеристики отговарят на описаните в литературата съединения (Barry and Zimmer, 1962; Hrnčiar et al, 1968; Minchev et al, 1986).

2. Получаване на 6-амино-3-арилметилден-1(3Н)-изобензофуранони (**3a** - **3е**)

В 250 мл двугърлена облодънна колба, снабдена с магнитна бъркалка, обратен хладник и тръба за продухване на сух хлороводород, се поставят 15 г $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ и 120 мл л. оцетна киселина. Получената смес се нагрива на водна баня при 60°C при разбъркване до разтварянето на $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. След това се прибавят 0,02 мол от съответния 6-нитро-3-арилметилден-1(3Н)-изобензофуранон (**2a** - **2е**) и в продължение на 3,5 часа в реакционната смес се продухва сух хлороводород, при разбъркване при 60°C на водна баня. След охлаждане на реакционната смес се образува утайка, която се филтрува и промива с вода. Свободният амин се получава от амониевата сол чрез третиране с воден разтвор на амоняк и последващо промиване с вода. Получените 6-амино-3-арилметилден-1(3Н)-изобензофуранони (**3a** - **3е**) се прекристализират из диметилформаид, като **3a** - **3в** и **3д** са жълтооцветени, **3г** – светлокафяви и **3е** - оранжеви иглести кристали, които по своите характеристики отговарят на описаните в литературата съединения (Hrnčiar et al, 1968 ; Awad et al, 1968; Minchev et al, 1986).

3. Получаване на 6-изотиоциано-3-арилметилден-1(3Н)-изобензофуранони (**4a** - **4е**)

В облодънна колба се поставят 30 мл вода, 2 г (1,32 мл) тиофосген и 20 мл хлороформ. Получената смес се разбърква с магнитна бъркалка при 0°C. Към сместа се прибавя на порции суспензия приготвена от 0,01 мол от съответния 6-амино-3-арилметилден-1(3Н)-изобензофуранон (**3a** - **3е**) и 70 мл хлороформ в продължение на 1 час при непрекъснато разбъркване. Разбърква се още 15 мин при 0°C и след това още 2 часа при 20°C. Получените два слоя се разделят с делителна фуния. Водният слой се екстрахира два – три пъти с хлороформ. Хлороформените извлекци се обединяват и се сушат над безводен CaCl_2 , филтрува се CaCl_2 и полученият филтрат се изпарява до сухо под вакуум. Жълтият твърд остатък се прекристализира из етилацетат, като се получават жълтооцветените кристални съединения **4a** - **4е**. Данните за новополучените съединения са посочени в таблица 1.

4. Получаване на тиохидантоинови производни на L-аминокиселините (**6a** - **6g**)

0,001 мол (0,089 г) L-аланин или 0,001 мол (0,165 г) L-фенилаланин се прибавят към 6 мл пиридин-вода (1:1). Получената суспензия се обработва с 50 мл 1N NaOH до pH 9, при което съответната аминокиселина се разтваря. Разтворът се нагрива на водна баня при 40°C при разбъркване с магнитна бъркалка. Прибавят се бавно и на капки 8 мл пиридинов разтвор на 0,0011 мол (0,307 г) 6-изотиоциано-3-фенилметилден-1(3Н)-изобензофуранон (**4a**) или 0,0011 мол (0,314 г) 6-изотиоциано-3-(4-метоксифенил)метилден-1(3Н)-изобензофуранон (**4б**). Чрез прибавяне на 1N NaOH се поддържа pH 9 на реакционната смес при непрекъснато разбъркване. След 1 час разтворът се разрежда с 8 мл вода. Неколкократно се екстрахира с

бензол за отстраняване на пиридина и на нереагиралите изходни съединения. При подкисляване с 1N HCl се отделя утайка, която се екстрахира с етилацетат и след измиване с вода етилацетатният слой се суши с безводен Na₂SO₄ и накрая разтворителят се изпарява под вакуум до сухо. Остава жълт твърд остатък от междинните съединения **5a - 5g**, който се суши в ексикатор. Остатъкът **5a - 5g** се разтваря в 5 мл л. оцетна киселина, след което се прибавя

1 мл 6N HCl на капки и при разбъркване. Сместа се нагрява 6 часа на водна баня при 60°C и при разбъркване. След охлаждане тиохидантоиновите производни (**6a - 6g**) кристализират под формата на бледожълти кристали. Данните за новополучените съединения са посочени в Таблица 1.

Литература

Awad, W., A. Islam, S. El - Shafei. 1968. *J. Chem. UAR*, 11(1), 57.
Barry, R., H. Zimmer. 1962. *J. Org. Chem.*, 27, 3710.
Borsche, W., K. Diakont, H. Hanau. 1934. *Chem. Ber.*, 67B, 675.
Drobnica, L., Y. Augustin. 1965. *Coll. Czech. Chem. Commun.*, 30, 1221.
Downing, M., K. Mann. 1976. *Anal. Biochem.*, 74, 298.
Edman, P. 1949. *Arch. Biochem. Biophys.*, 22, 475.
Edman, P. 1950. *Acta. Chem. Scand.*, 4, 277.
Edman, P., K. Lauber. 1956. *Acta. Chem. Scand.*, 10, 466.
Edman, P. 1970. *Mol. Biol. Biochem. Biophys.*, 8, 211.
Frankel Conrat, H., Y. Harries, A. Levy. 1955. *Methods in Biochem. Anal.*, 2, 383.
Hrnčiar, P., D. Yoniak. 1966. *Chem. Zvesti*, 20, 336.
Hrnčiar, P., E. Kuruc. 1967. *Chem. Zvesti*, 21, 267.
Hrnčiar, P., M. Hrnčiarova, V. Kovalčik. 1968. *Cheskosl. Farm.*, 17 (3), 118.
Hrnčiar, P., Y. Ulehla. 1969. *Chem. Zvesti*, 23, 53.

Ivanov, Ch., I. Mancheva, S. Gaitandgiev. 1967. *Compt. rend Acad. bulg. Sci.*, 20, 87.
Krasnec, L., P. Hrnčiar. 1971. *Chem. Zvesti*, 25, 359.
Kristian, P., L. Drobnica. 1966. *Coll. Czech. Chem. Commun.*, 31, 1333.
Leopold, E. 1901. *Chem. Ber.*, 34, 2836.
Levy, A., D. Chung. 1955. *Biochim. Biophys. Acta*, 17, 454.
Minchev, S., N. Sofroniev, A. Lyapova. 1986. *Compt. rend. Acad. bulg. Sci.*, 39 (2), 57.
Ramachandran, Y., A. Epp, W. Connell. 1955. *Anal. Chem.*, 27, 1734.
Sjoquist, Y. 1957. *Arkiv Kemi*, 11, 129.
Van Rymenant, M. 1970. *Bull. Soc. Chem. Biolog.*, 52, 905.
Zeeuws, R., A. Strosberg. 1978. *FEBS Letters*, 85, 68.
Кривцов, Б., В. Степанов. 1965. *ЖОХ*, 35, 556.
Степанов, В., Б. Кривцов. 1965. *ЖОХ*, 35, 982.
Паркер, С. 1972. "Фотолюминисценция растворов", Мир, Москва.
Якубке, Х., Х. Ешкайт. 1985. "Аминокислоты, пептиды, белки", Мир, Москва, стр.369.

Препоръчана за публикуване от
Катедра "Химия", МТФ

НОВ МЕТОД ЗА СИНТЕЗ НА ПРОИЗВОДНИ НА α -D,L-АЛАНИНА С 2-АРИЛ-1Н-ИНДЕН-1,3 (2Н)-ДИОНИ

Недялко Софрониев

Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София

РЕЗЮМЕ. Синтезирани са 2-амино-3-[3-арилметилден-1(3Н)-изобензофуранонил]-пропанови киселини с високи добиви. При тяхната изомеризация се получават с количествени добиви 2-амино-3-[2-арил-1Н-инден-1,3(2Н)-дионил]-пропанови киселини (неприродни α -D,L-аланини), притежаващи антикоагулантно действие върху кръвта.

Ключови думи: 1(3Н)-Изобензофуранон (фталид), 6-нитро-1(3Н)-изобензофуранон (6-нитрофталид), естерамиди на 2-амино-2-[3-заместени бензилметилден-1(3Н)-изобензофуранонил]-малонови киселини, естерамиди на 2-амино-2-[2-заместени бензил-1Н-инден-1,3(2Н)-дионил]-малонови киселини, 2-амино-3-[3-арилметилден-1(3Н)-изобензофуранонил]-пропанови киселини, 2-амино-3-[2-арил-1Н-инден-1,3(2Н)-дионил]-пропанови киселини.

NEW METHOD OF SYNTHESIS OF α -D,L-ALANINE MODIFIED WITH 2-ARYL-1H-INDENE-1,3 (2H)-DIONES

Nedyalko Sofroniev

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia

ABSTRACT. 2-Amino-3-[3-arylmethylene-1(3H)-isobenzofuranonyl]-propionic acids are obtained with high yields. By their isomerisation with quantitative yields 2-amino-3-[2-aryl-1H-indene-1,3 (2H)-dionyl]-propionic acids (unnatural α -D,L-alanines) are synthesized. These compounds possess an anticoagulating action on the blood.

Key words: 1(3H)-Isobenzofuranone (phthalide), 6-nitro-1(3H)-isobenzofuranone (6-nitrophthalide), esteramides of 2-amino-2-[3-substituted benzylmethylene-1(3H)-isobenzofuranonyl]-malonic acids, esteramides of 2-amino-2-[2-substituted benzyl-1H-indene-1,3(2H)-dionyl]-malonic acids, 2-amino-3-[3-arylmethylene-1(3H)-isobenzofuranonyl]-propionic acids, 2-amino-3-[2-aryl-1H-indene-1,3 (2H)-dionyl]-propionic acids.

Въведение

В литературата са описани неприродни аминокиселини – производни на 2-арил-2,3-дихидро-1,3-диоксо-1Н-инден-2-оцетни киселини (2-арил-1,3-индандиониоцетни киселини), които притежават свободна аминокиселинна група. Те са флуоресциращи вещества – органични луминофори в ултравиолетовата и видимата област на спектъра, притежаващи висока фотостойчивост и сравнително високи квантови добиви. Наличието на аминокиселинна група позволява тези съединения да се използват като флуоресцентни белези и флуоресцентни багрила (Тимчева и др., 1985; Timcheva et al, 1987; Sofroniev and Minchev, 1988). Известни са различни производни на 3-арилметилден-1(3Н)-изобензофуранон (3-бензилиденфталиди) (Leopold, 1901; Barry and Zimmer, 1962; Hrnčiar and Yoniak, 1966; Hrnčiar and Kuruc, 1967; Hrnčiar et al, 1968; Awad et al, 1968; Hrnčiar and Ulehla, 1969; Minchev et al, 1986). 3-Арилметилден-1(3Н)-изобензофураноните притежават система от спрегнати двойни връзки (хромофорни групи), което е причината те да са цветни флуоресциращи вещества. Някои от тях са намерили по метода на Edman (1970) приложение като цветни реагенти за определяне на N-крайни аминокиселини (Софрониев, 2007). В силно алкална среда 3-арилметилден-1(3Н)-изобензофураноните претърпяват

изомеризация до получаването на съответните 2-арил-1Н-инден-1,3(2Н)-диони (2-арил-1,3-индандиони) (Bain and Saxton, 1960; Hrnčiar et al, 1968). Описани са 2-арил-1Н-инден-1,3(2Н)-диони, които притежават антикоагулантно действие върху кръвта (Lombardino and Wiseman, 1968; Озол и др., 1969; Чазов и Лакин, 1977). Някои от тях – "фенилин" и "омефин" се прилагат в клиничната практика като антикоагуланти на кръвта (Машковский, 1984). Недостатък на тези антикоагуланти е, че са много слабо разтворими във вода. Постигането на терапевтичен ефект се затруднява поради бързото им изхвърляне от организма и от невъзможността за създаване на подходяща концентрация на тези лекарствени препарати в кръвта за по-дълъг период от време. Синтезирани са и 2-арил-1Н-инден-1,3(2Н)-диони, които могат да се разгледат като производни на неприродната аминокиселина α -D,L-аланина (а. Минчев и др., 1987; б. Минчев и др., 1987; в. Минчев и др., 1987; Minchev et al, 1987; Minchev et al, 1991) и на фосфорния аналог на α -D,L-аланина (Minchev et al, 1989), някои от които притежават антикоагулантно действие върху кръвта съизмеримо с това на използваните в практиката антикоагуланти "фенилин" и "омефин" (а. Минчев и др., 1987). Предимство на тези неприродни α -D,L-аланини е добрата им разтворимост в слабо алкална среда, каквато е в действителност средата в живите организми, което означава, че те ще имат по-

добра ефективност на антикоагулантното действие от клиничните препарати "фенилин" и "омефин". Освен това, поради факта, че те са α -аминокарбонови киселини, вероятността да се задържат по-дълго време в кръвта и да проявят антикоагулантното си действие, е по-голяма от тази на известните клинични препарати. Като недостатък на тези непиродни α -D,L-аланини може да се отбележи, че те се получават със сравнително ниски добиви (а. Минчев и др., 1987).

Обсъждане

Синтезата на 2-амино-3-[2-арил-1H-инден-1,3(2H)-дионил]-пропанови киселини (**15-18**) (непиродни α -D,L-аланини) може да се осъществи по две схеми:

Схема 1: Чрез кондензация на 1(3H)-изобензофуранон (**1a**) или 6-нитро-1(3H)-изобензофуранон (**16**) с алдехидите 4-формилбензил-N-ацетиламино-малонов естер (**2a**) или 2-метокси-5-формилбензил-N-ацетиламино-малонов естер (**26**) и едновременна изомеризация до естерамидите на 2-амино-2-[3-заместени бензил-1H-инден-1,3(2H)-дионил]-малонови киселини (**11-14**), последвана от хидролиза на естерните и на амидната групи и декарбоксилиране на едната карбоксилна група, до получаването на непиродните α -D,L-аланини **15-18**. По този метод са синтезирани описаните в литературата непиродни α -D,L-аланини **15-18** (а. Минчев и др., 1987; б. Минчев и др., 1987; в. Минчев и др., 1987).

Схема 2: Кондензация на изходните съединения **1a** или **16** с алдехидите **2a** или **26** при такива условия, че се получават естерамидите на 2-амино-2-[3-заместени бензилметилден-1(3H)-изобензофуранонил]-малонови киселини (**3-6**). При хидролизата и декарбоксилирането на

естерамидите **3-6** се получават 2-амино-3-[3-арилметилден-1(3H)-изобензофуранонил]-пропановите киселини (**7-10**), които при последваща изомеризация водят до получаването на непиродните α -D,L-аланини **15-18**.

С цел повишаване на добивите на непиродните α -D,L-аланини **15-18**, осъществихме получаването им по нов метод (схема 2), като изучихме условията за синтез на киселините **7-10** и последващото им изомеризиране до непиродните α -D,L-аланини **15-18**.

Като изходни съединения използвахме 1(3H)-изобензофуранон (**1a**) или 6-нитро-1(3H)-изобензофуранон (**16**). При кондензацията на **1a** или **16** в слабо алкална среда с алдехидите **2a** или **26** по метода на Barry and Zimmer (1962), получихме естерамидите на 2-амино-2-[3-заместени бензилметилден-1(3H)-изобензофуранонил]-малонови киселини (**3-6**). При тези условия съединенията **3-6** не се изомеризират до съответните естерамиди на 2-амино-2-[2-заместени бензил-1H-инден-1,3(2H)-дионил]-малонови киселини (**11-14**). Такава изомеризация протича в присъствието на по-силна база, каквато е натриев метилат. Аналогични реакции на изомеризация на 3-арилметилден-1(3H)-изобензофуранони с натриев метилат са описани в литературата (Bain and Saxton, 1960; Hmčiar et al, 1968). Естерамидите **3-6** са жълтооцветени кристални вещества. В инфрачервените спектри на съединенията **3-6** се наблюдават ивици на поглъщане при 1740 cm^{-1} и 1720 cm^{-1} , които се дължат на естерни, циклична и амидна карбонилни групи. Налице е и ивица на поглъщане при 1590 cm^{-1} , говореща за наличие на C=C връзка. Наблюдават се и ивици в областта $3330 - 3270\text{ cm}^{-1}$ и $1680 - 1640\text{ cm}^{-1}$, отнасящи се за N-H и C=O връзките от амидна група. При съединенията **5** и **6** са налице две ивици на поглъщане при 1530 cm^{-1} и 1320 cm^{-1} характерни за нитрогрупа.

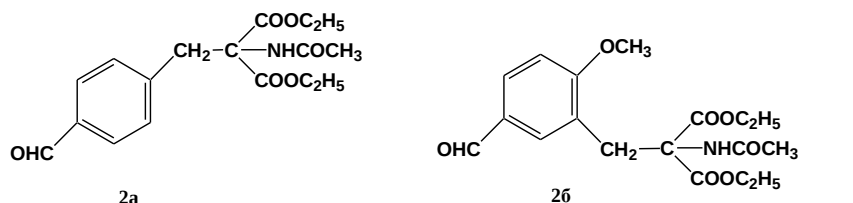


Схема 1

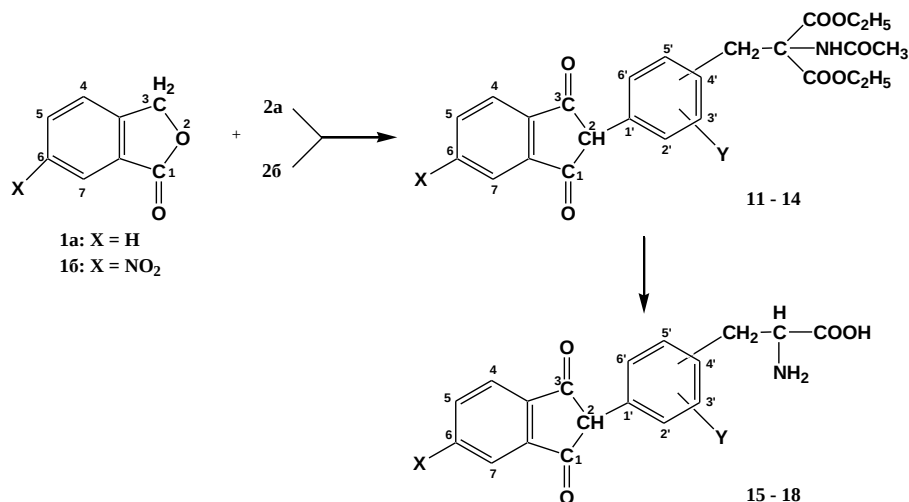


Схема 2

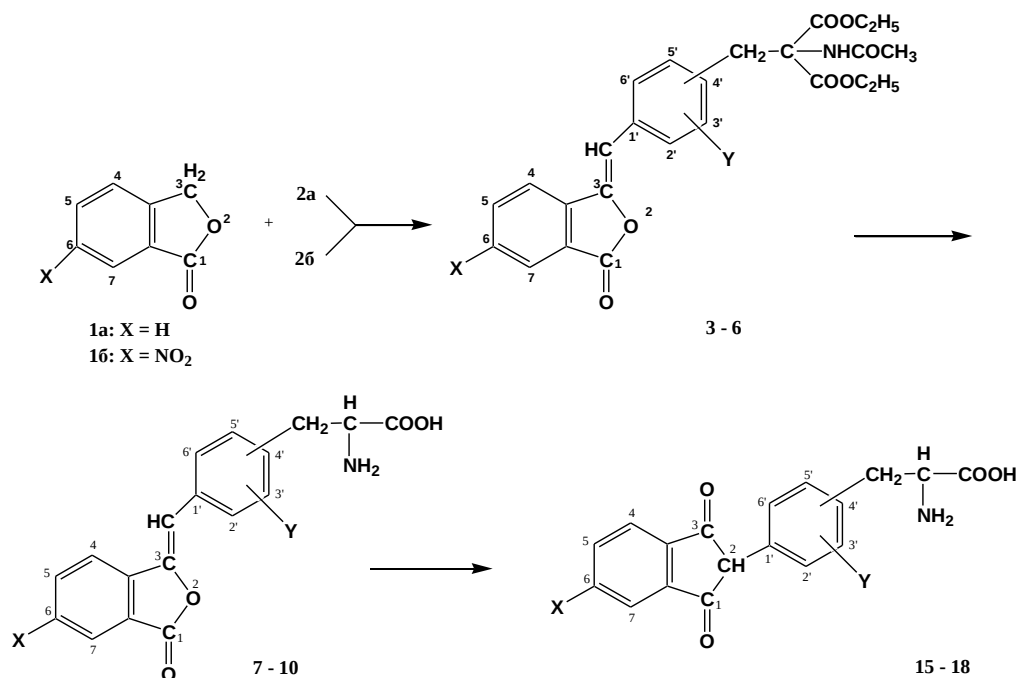
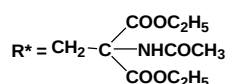


Таблица 1

№	X	Y	R*	Т.т., °C	Добив %	Анализ N, %		R _f
						изч.	нам.	
3	H	H	4'-	196-197	76	3,10	3,17	0,23 ^A 0,78 ^B
4	H	4'-OCH ₃	3'-	187-188	83	2,91	2,99	0,19 ^A 0,63 ^B
5	NO ₂	H	4'-	203-204	74	5,64	5,53	0,30 ^A 0,82 ^B
6	NO ₂	4'-OCH ₃	3'-	199-200	67	5,32	5,25	0,34 ^A 0,88 ^B
11	H	H	4'-	112-113	49	3,10	3,02	0,26 ^A 0,80 ^B
12	H	4'-OCH ₃	3'-	99-100	53	2,91	2,81	0,31 ^A 0,80 ^B
13	NO ₂	H	4'-	аморф.	52	5,64	5,80	0,19 ^A 0,78 ^B
14	NO ₂	4'-OCH ₃	3'-	235-236	50	5,32	5,14	0,36 ^A 0,79 ^B



При взаимодействието на съединенията 3 - 6 с бромоводородна киселина, осъществихме хидролиза на amidната и естерните групи и декарбоксилиране на едната карбоксилна група (по аналогия с метода на Преображенския и Макарова (1971) за получаване на α-аминокиселини). Получават се с добри добиви оранжевочервените кристални вещества 2-амино-3-[3-арилметил-1(3Н)-изобензофуранонил]-пропанови киселини (7 - 10). В инфрачервените спектри на съединенията 7 - 10 е налице ивица на поглъщане при 1590 cm⁻¹, показваща наличие на C=C връзка, а при 1740 cm⁻¹ се наблюдава ивица на поглъщане, която се дължи на циклична карбонилна група. При съединения 9 и 10 се наблюдават ивици на поглъщане при 1530 cm⁻¹ и 1320 cm⁻¹ характерни за наличието на нитрогрупа. В спектрите на съединения 7 - 10 изчезват ивиците на поглъщане за естерни и amidна карбонилни групи, а се появява характерната за аминокиселините амониева линия при 3230 cm⁻¹.

Изомеризацията на 2-амино-3-[3-арилметил-1(3Н)-изобензофуранонил]-пропанови киселини (7 - 10) до 2-

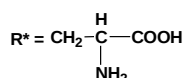
амино-3-[2-арил-1Н-инден-1,3(2Н)-дионил]-пропановите киселини (15 - 18) осъществихме с натриев метилат (Hmčiar et al, 1968), при което се получават с високи добиви цветните вещества 15 - 18. В инфрачервените спектри на не природните α-D,L-аланини 15 - 18 са налице ивици на поглъщане 1740 cm⁻¹ и 1710 cm⁻¹, дължащи се на циклични карбонилни групи, а също така характерната за аминокиселините ивица за амониева група при 3230 cm⁻¹. При съединения 17 и 18 са налице ивици на поглъщане при 1530 cm⁻¹ и 1320 cm⁻¹, дължащи се на трептения от нитрогрупа. Температурите на топене и данните от елементния анализ на съединенията 15 - 18 съвпадат с тези на описаните в литературата не природни α-D,L-аминокиселини (а. Минчев и др., 1987). Известно е, че антикоагулантната активност на 2-арил-1Н-инден-1,3(2Н)-дионите се дължи на наличието на непроменена β-дикарбонилна групировка (Коптелова и др., 1965). При съединения 7 - 10, които са производни на 3-арилметил-1(3Н)-изобензофураноните липсва такава групировка и поради това те не притежават антикоагулантно действие върху кръвта. След изомеризацията на съединения 7 - 10 се получават не природните α-D,L-аминокиселини 15 - 18,

които като производни на 2-арил-1H-инден-1,3(2H)-дионите, е за очакване да притежават антикоагулантно действие върху кръвта. Известно е, че съединенията 2-амино-3-[2-(4'-фенил)-1H-инден-1,3(2H)-дионил]-пропанова киселина (15) и 2-амино-3-[2-(4'-метокси-3'-фенил)-1H-

инден-1,3(2H)-дионил]-пропанова киселина (16) притежават добре изразено антикоагулантно действие върху кръвта, съизмеримо с това на клиничния препарат "фенилин" (а. Минчев и др., 1987).

Таблица 2

№	X	Y	R*	Т.т., °C	Добив %	Анализ N, %		R _f	
						изч.	нам.		
7	H	H	4'-	248-251	79	4,53	4,67	0,37 ^A	0,83 ^B
8	H	4'-OCH ₃	3'-	277-279	69	4,13	4,30	0,28 ^A	0,87 ^B
9	NO ₂	H	4'-	293-295	82	7,91	7,79	0,33 ^A	0,73 ^B
10	NO ₂	4'-OCH ₃	3'-	305-306	81	7,29	7,18	0,41 ^A	0,58 ^B
15	H	H	4'-	263-266	93	4,53	4,61	0,29 ^A	0,50 ^B
16	H	4'-OCH ₃	3'-	279-281	91	4,13	4,29	0,41 ^A	0,52 ^B
17	NO ₂	H	4'-	аморф.	88	7,91	7,83	0,37 ^B	0,81 ^Г
18	NO ₂	4'-OCH ₃	3'-	над 350	94	7,29	7,39	0,39 ^B	0,77 ^Г



Получаването на съединения 7 - 10 и последващото им изомеризиране до неприродните α-D,L-аланини 15 - 18 по схема 2 протича с добри добиви (таблица 2), което прави този метод по-добър в сравнение с описания в литературата метод (схема 1) за получаване на неприродните α-D,L-аланини 15 - 18 (а. Минчев и др., 1987).

С оглед намирането на оптималните условия за синтез на неприродните α-D,L-аминокиселини 15 - 18 осъществихме изомеризацията на естерамидите на 2-амино-2-[3-заместени бензилметил-1(3H)-изобензофуранонил]-малонови киселини (3 - 6) с натриев метилат, в резултат на което получихме описаните в литературата естерамиди на 2-амино-2-[2-заместени бензил-1H-инден-1,3(2H)-дионил]-малонови киселини (11 - 14) (б. Минчев и др., 1987). Установихме, че съединенията 11 - 14 се получават със сравнително ниски добиви. В инфрачервените спектри на съединенията 11 - 14 са налице ивици на поглъщане в областта 1740 cm⁻¹ и 1710 cm⁻¹, дължащи се на циклични карбонилни групи. Тези ивици се препокриват с ивицата при 1740 cm⁻¹ и 1710 cm⁻¹, дължаща се на карбонилна група от естерните групи. При 3330 cm⁻¹ и 1680 cm⁻¹ се наблюдават ивици на поглъщане от трептения на връзките N-H и C=O от амидна група. В областта 1300 - 1000 cm⁻¹ е налице ивица на поглъщане от връзката C-O- от естерните групи. При съединения 13 и 14 се наблюдават ивици на поглъщане 1530 cm⁻¹ и 1320 cm⁻¹ характерни за нитрогрупа. Получените съединения 11 - 14 са цветни кристални вещества, температурите на топене и данните от елементния анализ на които съвпадат с описаните в литературата естерамиди (б. Минчев и др., 1987). Поради регистрираните по-ниски добиви при синтеза на естерамидите 11 - 14 (таблица 1), се отказахме да използваме тези съединения за получаването на α-D,L-неприродни аминокиселини 15 - 18 по схема 1. Получаването на съединенията 15 - 18 осъществихме по предложението от нас метод (схема 2) с по-високи добиви.

Материали и методи

Температурите на топене са определяни в открита капилара без корекция. Инфрачервените спектри са снети в нуйол на спектрофотометър Carl Zeiss Specord 75 IR. Органичните разтворители са изпарявани при остатъчно налягане 14 мм живачен стълб. Новосинтезираните съединения охарактеризирахме чрез елементен анализ, а чистотата на новополучените съединения контролирахме чрез тънкослойна хроматография на DC-Alufolien Plates, Kieselgel 60 F₂₅₄, 0,2 mm в следните системи: А, етилацетат-петролев етер (2:1); Б, пиридин-н-бутанол-оцетна киселина - вода (10:15:3:12); В, н-бутанол-етанол-вода (5:1:4); Г, хлороформ-ацетон (9:1).

Исходните съединения синтезирахме по методи описани в литературата: 1(3H)-изобензофуранон (1a) получихме по Родинов и Чухина (1949), 6-нитро-1(3H)-изобензофуранон (16) по Borsche et al (1934), 4-формилбензил-N-ацетиламино-малонов естер (2a) и 2-метокси-5-формилбензил-N-ацетиламино-малонов естер (26) по в. Минчев и др. (1987).

Резултати

1. Получаване на естерамидите 2-амино-2-[3-заместени бензилметил-1(3H)-изобензофуранонил]-малонови киселини (3 - 6)

Към 0,005 мол (0,67г) 1(3H)-изобензофуранон (1a) или 0,005 мол (0,9 г) 6-нитро-1(3H)-изобензофуранон (16) се прибавят 0,005 мол (1,68 г) 4-формилбензил-N-ацетиламино-малонов естер (2a) или 0,005 мол (1,83 г) 2-метокси-5-формилбензил-N-ацетиламино-малонов естер (26) и се капват две капки пиперидин. Така получената смес се загрява за 20 мин при 190-200°C. След охлаждане стопилката се разтваря в оцетна киселина, обработва се с активен въглен, филтрува се, филтратът се замътва с вода и се оставя в хладилник за една нощ. Пада кристална

утайка от жълтооцветените съединения 3 - 6. Данните за новосинтезираните вещества са отразени в таблица 1.

2. Получаване на 2-амино-3-[3-арилметил-1(3Н)-изобензофуранонил]-пропанови киселини (7 - 10)

Към 0,0015 мол от съответния естерамид 3 - 6 се прибавят 10 мл конц. бромоводородна киселина и сместта се нагрява на обратен хладник в продължение на 2,5 часа. По време на нагряването цветът на суспензията се променя от жълт през оранжев до тъмночервен. След приключване на реакцията сместта се охлажда, прибавят се 10 мл ацетон и се оставя за една нощ в хладилник. Отделените оранжевочервени кристали от съединенията 7 - 10 се промиват с ацетон и петролев естер. Данните за новосинтезираните вещества са отразени в таблица 2.

3. Получаване на 2-амино-3-[2-арил-1Н-инден-1,3(2Н)-дионил]-пропанови киселини (15 - 18)

Към 0,0015 мол от съответното съединение 7 - 10 и 5 мл сух етилацетат се прибавя натриев метилат получен от 0,15 г натрий разтворен в 10 мл абсолютен метанол. Получената суспензия се нагрява и разбърква на магнитна бъркалка в продължение на 1 час, като разтворът започва да почервява и към края на реакцията става тъмновиолетов. Така полученият разтвор се излива в 150 мл вода, филтрува се и се подкислява с разредена солна киселина до рН 6, при което из водния разтвор кристализират неприродните аминокиселини 15 - 18. Кристалната утайка се мие с ацетон и етер. Получават се светлокафяви кристали от съединенията 15, 16 и 18, а съединение 17 е аморфен продукт. Получените съединения 15 - 18 по своите характеристики отговарят на описаните в литературата съединения (а. Минчев и др., 1987). Данните за съединения 15 - 18 са отразени в таблица 2.

4. Получаване на естерамидите 2-амино-2-[2-заместени бензил-1Н-инден-1,3(2Н)-дионил]-малонови киселини (11 - 14)

Към 0,0015 мол от съответния естерамид 3 - 6 се прибавят 0,06 г натрий и 20 мл сух метанол. Сместта се нагрява на обратен хладник в продължение на 20 мин., като цветът на реакционната смес е от тъмночервен до тъмновишнев. Сместта се излива в 50 мл вода и веднага са подкислява до рН 6, при което из водния разтвор изкристализират съединенията 11 - 14, като съединения 11 и 12 са розовоцветни кристали, съединение 14 е тъмновиолетово кристално вещество, а 13 е аморфен продукт. По своите характеристики съединения 11 - 14 отговарят на описаните в литературата съединения (б. Минчев и др., 1987). Данните за съединения 11 - 14 са отразени в таблица 1.

Литература

- Коптелова, М., Э. Шафро, Г. Думпис, Г. Ванаг. 1965. *Изв. АН Латв. ССР*, с.х., 345.
- Машковский, М. 1984. "Лекарственные средства", часть 1 и 2, Медицина, Москва.
- а. Минчев, С., Н. Софрониев, А. Ляпова, А. Дойчинов. 1987. *Авт. свид. ВГ*, 43438.
- б. Минчев, С., Н. Софрониев, А. Ляпова. 1987. *Авт. свид. ВГ*, 43433.
- в. Минчев, С., Н. Софрониев, А. Ляпова. 1987. *Авт. свид. ВГ*, 43437.
- Озол, Я., С. Германе, К. Арен. 1969. *Изв. АН Латв. ССР*, с.х., 583.
- Преображенская, К., Н. Макарова. 1971. *Ж. Всесоюз. Хим. Общ. им. Менделеева*, 14, 592.
- Родинов, В., Е. Чухина. 1949. *Ж. прикл. химии*, 22(8), 853.
- Софрониев, Н. 2007. *Год. на МГУ*, 50, св. II, 191.
- Тимчева, И., П. Николов, С. Минчев, Н. Софрониев. 1985. *Авт. свид. ВГ*, 40057.
- Чазов, Е., К. Лакин. 1977. "Антикоагулянты и фибринолитические средства", Медицина, Москва, стр. 66.
- Awad, W., A. Islam, S. El - Shafei. 1968. *J. Chem. UAR*, 11(1), 57.
- Bain, B., J. Saxton. 1960. *Chem. and Ind.*, 42, 402.
- Barry, R., H. Zimmer. 1962. *J. Org. Chem.*, 27, 3710.
- Borsche, W., K. Diakont, H. Hanau. 1934. *Chem. Ber.*, 67B, 675.
- Edman, P. 1970. *Mol. Biol. Biochem. Biophys.*, 8, 211.
- Hrnčiar, P., D. Yoniak. 1966. *Chem. Zvesti*, 20, 336.
- Hrnčiar, P., E. Kuruc. 1967. *Chem. Zvesti*, 21, 267.
- Hrnčiar, P., M. Hrnčiarova, V. Kovalčík. 1968. *Cheskosl. Farm.*, 17 (3), 118.
- Hrnčiar, P., Y. Ulehla. 1969. *Chem. Zvesti*, 23, 53.
- Leopold, E. 1901. *Chem. Ber.*, 34, 2836.
- Lombardino, J., E. Wiseman. 1968. *J. Med. Chem.*, 11, 342.
- Minchev, S., N. Sofroniev, A. Lyapova. 1986. *Compt. rend. Acad. bulg. Sci.*, 39 (2), 57.
- Minchev, S., N. Sofroniev, T. Timcheva, P. Nikolov. 1987. *Peptides*, 663.
- Minchev, S., H. Nedev, N. Stoyanov, B. Aleksiev, N. Sofroniev, M. Kirilov. 1989. *Peptides*, 310.
- Minchev, S., H. Nedev, N. Stoyanov, N. Sofroniev, D. Efremova. 1991. *Peptides*, 630.
- Sofroniev, N., S. Minchev. 1988. *Compt. rend. Acad. bulg. Sci.*, 41 (2), 75.
- Timcheva, I., P. Nikolov, S. Minchev, N. Sofroniev. 1987. *Z. Naturforsch.*, 42a, 289.

СИНТЕЗ НА ЕСТЕРАМИДИ НА 2-АМИНО-2-[2-ЗАМЕСТЕНИ БЕНЗИЛМЕТИЛЕН-1Н-ИНДЕН-1,3 (2Н)-ДИОНИЛ]-МАЛОНОВИ КИСЕЛИНИ

Недялко Софрониев

Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София

РЕЗЮМЕ. Получени са естерамиди на 2-амино-2-[2-заместени бензилметилден-1Н-инден-1,3(2Н)-дионил]-малонови киселини. При киселинната им хидролиза се получават 2-амино-3-[2-фенилметилден-заместени 1Н-инден-1,3(2Н)-дионил]-пропанови киселини (неприродни производни на α-D, L-аланин). Естерамидите и неприродните α-D, L-аланини са цветни кристални вещества, които притежават антикоагулантно действие върху кръвта, а също така могат да намерят приложение и като багрила.

Ключови думи: 1Н-Инден-1,3(2Н)-дион (1,3-индандион), 4-нитро-1Н-инден-1,3(2Н)-дион (4-нитро-1,3-индандион), 5-нитро-1Н-инден-1,3(2Н)-дион (5-нитро-1,3-индандион), естерамиди на 2-амино-2-[2-заместени бензилметилден-1Н-инден-1,3(2Н)-дионил]-малонови киселини, 2-амино-3-[2-фенилметилден-заместени 1Н-инден-1,3(2Н)-дионил]-пропанови киселини.

SYNTHESIS OF ESTERAMIDES OF 2-AMINO-2-[2-SUBSTITUTED BENZYL METHYLENE-1H-INDENE-1,3 (2H)-DIONYL]-MALONIC ACIDS

Nedyalko Sofroniev

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia

ABSTRACT. Esteramides of 2-amino-2-[2-substituted benzylmethylene-1H-indene-1,3 (2H)-dionyl]-malonic acids are synthesized. By their acid hydrolysis 2-amino-3-[2-phenylmethylene-substituted 1H-indene-1,3 (2H)-dionyl]-propionic acids (unnatural derivatives of α-D, L-alanine) are obtained. Esteramides and unnatural derivatives of α-D, L-alanine are colored crystal compounds. They exhibit an anticoagulating activity on the blood and also can be used as dyes.

Key words: 1H-Indene-1,3(2H)-dione (1,3-indandione), 4-nitro-1H-indene-1,3(2H)-dione (4-nitro-1,3-indandione), 5-nitro-1H-indene-1,3(2H)-dione (5-nitro-1,3-indandione), esteramides of 2-amino-2-[2-substituted benzylmethylene-1H-indene-1,3(2H)-dionyl]-malonic acids, 2-amino-3-[2-phenylmethylene-substituted 1H-indene-1,3(2H)-dionyl]-propionic acids.

Въведение

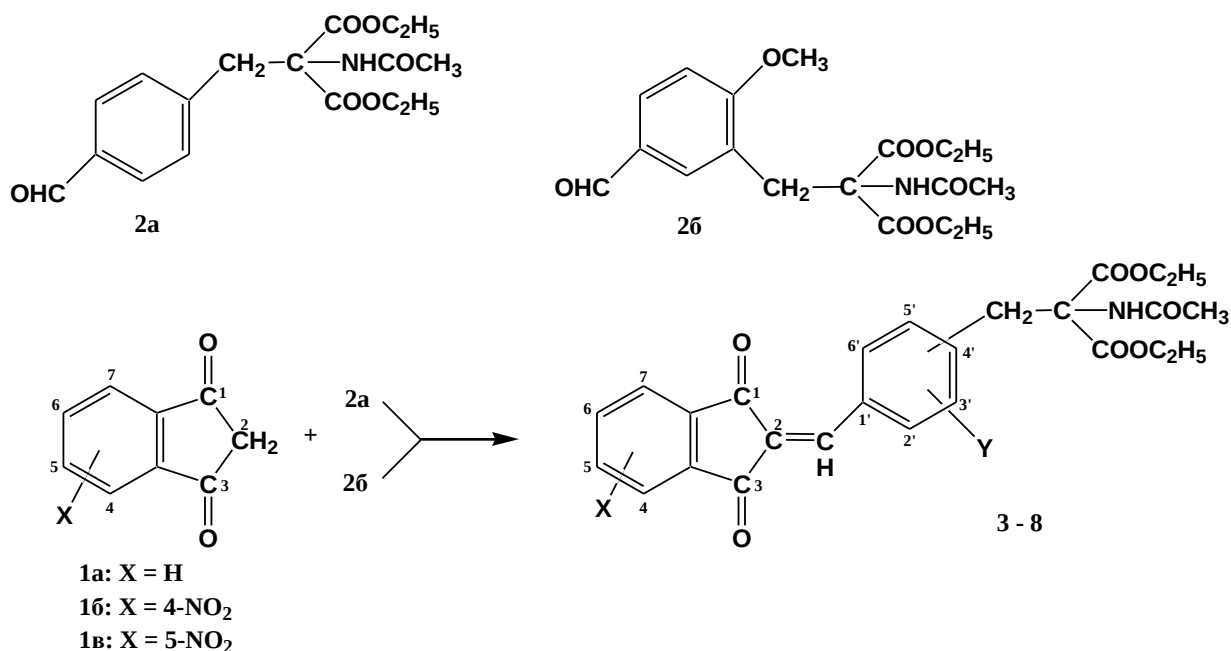
По своето отнасяне спрямо кръвта 2-арил-1Н-инден-1,3(2Н)-дионите (2-арил-1,3-индандиони) се проявяват като антагонисти на витамините от групата К (Quick and Golentine, 1951) и имат добре изразено антикоагулантно действие върху кръвта (Lombardino and Wiseman, 1968; Озол и др., 1969; Чазов и Лакин, 1977). Някои от тях – "фенилин", "омефин" намират приложение в клиничната практика като антикоагуланти (Машковский, 1984). Описани са и неприродни α-D, L-аланини, които съдържат остатък от 2-арил-1Н-инден-1,3(2Н)-диони (Б. Минчев и др., 1987; Софрониев, 2007). Тъй като те са аминокиселини, разтворимостта им в слабо алкална среда (средата в живите организми) е добра и са налице условия за създаване на "депоефект" – задържат се по-дълго време в кръвта и проявяват изразено антикоагулантно действие (Б. Минчев и др., 1987). 2-Арилметилден-1Н-инден-1,3(2Н)-дионите (2-арилиден-1,3-индандиони) притежават система от спрегнати двойни връзки и са цветни съединения (Noelting and Blum, 1901; Арен и др., 1960; Ошка и Ротберг, 1967; Ротберг и др., 1967; Aigner et al, 1970; Ротберг и др., 1972). Някои от тях намират приложение като текстилни багрила (Noelting and Blum, 1901; Смирнов и Подорольская, 1969; Ilick, 1971). Поради наличието на

свободна двойна връзка 2-арилметилден-1Н-инден-1,3(2Н)-дионите са известни като изходни съединения за провеждането на различни синтези (Ротберг и др., 1972).

Целта на настоящата работа е да бъдат синтезирани естерамиди на малоновата киселина съдържащи остатък от 2-арилметилден-1Н-инден-1,3(2Н)-диони, които от една страна могат да намерят приложение като багрила, а от друга страна представляват интерес като съединения с потенциално антикоагулантно действие.

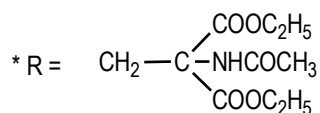
Обсъждане

Получаването на естерамидите на 2-амино-2-[2-заместени бензилметилден-1Н-инден-1,3(2Н)-дионил]-малонови киселини (3 – 8) осъществихме чрез кондензация на 1Н-инден-1,3(2Н)-дион (1а), 4-нитро-1Н-инден-1,3(2Н)-дион (1б) или 5-нитро-1Н-инден-1,3(2Н)-дион (1в) с алдехидите 4-формилбензил-N-ацетиламино-малонов естер (2а) или 2-метокси-5-формилбензил-N-ацетиламино-малонов естер (2б), в среда от оцетна киселина. Естерамидите 3 и 4 са жълто оцветени, а 5 – 8 са червеновиолетови кристални вещества.



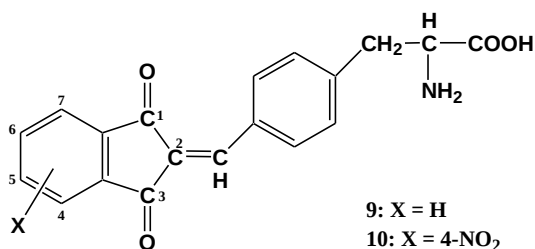
Таблица

N _o	X	Y	R*	Т.т., °C	Добив, %	Анализ N, %		R _f	
						изч.	нам.		
3	H	H	4'-	171-173	73	3.02	3.16	0.31 ^A	0.77 ^B
4	H	4'-OCH ₃	3'-	195-196	89	2.84	2.93	0.29 ^A	0.57 ^B
5	4-NO ₂	H	4'-	174-175	68	5.51	5.43	0.22 ^A	0.63 ^B
6	4-NO ₂	4'-OCH ₃	3'-	183-185	81	5.20	5.09	0.19 ^A	0.78 ^B
7	5-NO ₂	H	4'-	186-187	74	5.51	5.43	0.24 ^A	0.83 ^B
8	5-NO ₂	4'-OCH ₃	3'-	191-192	77	5.20	5.36	0.33 ^A	0.81 ^B



В инфрачервените спектри на съединенията **3 – 8** се наблюдават ивици на поглъщане при 1740 и 1710 cm⁻¹, дължащи се на естерни, циклични и amidна карбонилна групи. Налице е и ивица на поглъщане при 1590 cm⁻¹ дължаща се на C=C връзката. При съединенията **5 – 8** се наблюдават две ивици на поглъщане при 1530 и 1320 cm⁻¹, характерни за наличието на нитрогрупа. Наблюдават се и ивици на поглъщане при 3330 и 1680 cm⁻¹, отнасящи се за връзката N-H и C=O от amidната група.

В среда от бромоводородна киселина осъществихме хидролизата на естерните и на amidната връзки и последващо декарбоксилиране на едната карбоксилна група на естерамидите на 2-амино-2-[2-бензилметилден-1Н-инден-1,3(2Н)-дионил]-малонова киселина (**3**) и 2-амино-2-[2-бензилметилден-4нитро-1Н-инден-1,3(2Н)-дионил]-малонова киселина (**5**), в резултат на което получихме 2-амино-3-[2-фенилметилден-1Н-инден-1,3(2Н)-дионил]-пропановата киселина (**9**) и 2-амино-3-[2-фенилметилден-4-нитро-1Н-инден-1,3(2Н)-дионил]-пропановата киселина (**10**).



В инфрачервените спектри на новополучените неприродни производни на α -D, L-аланина **9** и **10** са налице ивици на поглъщане при 1740 и 1710 cm^{-1} , дължащи се на циклични карбонилни групи, ивица на поглъщане при 1590 cm^{-1} , дължаща се на трептенията на C=C връзката, а също така характерната за аминокиселините ивица на поглъщане около 3230 cm^{-1} , дължаща се на наличието на амониева група. При съединението **10** се наблюдават и две ивици на поглъщане при 1530 и 1320 cm^{-1} , дължащи се на трептенията на нитрогрупата.

Установено е, че за да е налице антикоагулантна активност, производните на 1H-инден-1,3(2H)-дионите трябва да притежават непроменена дикарбонилна групировка. Превръщането на едната или на двете карбонилни групи в хидроксилни, води до загуба на антикоагулантната активност (Коптелова и др., 1965; Коптелова и Шафро, 1966). Изказано е мнението, че антикоагулантната активност на 2-арил-1H-инден-1,3(2H)-дионите е в зависимост от способността им да се енолизират (Molho, 1955). Оказва се обаче, че замяната на активния водороден атом при 2-арил-1H-инден-1,3(2H)-дионите с халогенен атом, не само не намалява антикоагулантната активност, а дори води до значителното ѝ нарастване (Ванаг и др., 1960; Коптелова, 1961). За антикоагулантна активност бяха изследвани две от новополучените съединения – естерамидът на 2-амино-2-[2-бензилметилден-1H-инден-1,3(2H)-дионил]-малонова киселина (**3**) и съединението 2-амино-3-[2-фенилметилден-1H-инден-1,3(2H)-дионил]-пропанова киселина (**9**). Установи се, че и двете съединения притежават антикоагулантно действие, независимо, че при тях не е налице активен водороден атом на второ място в дикарбонилната система, който може да участва в процеса на енолизиране на една от двете карбонилни групи. Съединението **9** е с по-ясно изразено антикоагулантно действие в сравнение с антикоагулантното действие на съединение **3** и това най-вероятно се дължи на факта, че съединението **9** е разтворимо във водна среда. При ентэралното прилагане на **3** и **9** върху бели мишки в продължение на 24 часа, острата токсичност за съединението **3** LD₅₀ е 840 мг/кг, а за съединението **9** LD₅₀ е 875 мг/кг. След тридневно ентэрално въвеждане на съединението **3** в дози 1/3 от LD₅₀ (280 мг/кг) и на съединението **9** в дози 1/3 от LD₅₀ (290 мг/кг), беше определяно времето на съсирване (Чиров, 1959) и протромбиновото време (Quick, 1945). Опитните животни показват удвоено време на съсирване на кръвта и за двете съединения **3** и **9**, и намаляване на тромбиновия индекс два пъти в сравнение с контролните животни за съединение **9**, а при третиране със съединение **3**, намаляването на тромбиновия индекс е 1.5 пъти в сравнение с контролните животни. Поради наличието на система от спрегнати двойни връзки, всички новосинтезирани съединения **3** – **8**, **9** и **10** са цветни

вещества и подобно на описаните в литературата 2-арилметилден-1H-инден-1,3(2H)-диони (Noelting and Blum, 1901; Смирнов и Подорольская, 1969; Irick, 1971) могат да намерят приложение в практиката като багрила.

Материали и методи

Температурите на топене са определени в открита капилляра, без корекция. Инфрачервените спектри са снети в нуйол на спектрофотометър Carl Zeiss Specord 74 IR. Органичните разтворители са изпарявани при остатъчно налягане 14 мм живачен стълб. Новополучените съединения охарактеризирахме чрез елементарен анализ, а чистотата на новосинтезираните вещества контролирахме с помощта на тънкослойна хроматография на DC-Alufolien Plates, Kieselgel 60 F₂₅₄, 0.2 mm в следните хроматографски системи: А, н-бутанол-етанол-вода (5:1:4); Б, хлороформ-ацетон (9:1); В, хлороформ-метанол (10:1).

Исходните съединения синтезирахме по познати методи: 1H-инден-1,3(2H)-дион (**1a**) получихме по б. Ошкая и Ванаг (1964), 4-нитро-1H-инден-1,3(2H)-дион (**1b**) по а. Ошкая и Ванаг (1964), 5-нитро-1H-инден-1,3(2H)-дион (**1v**) по Ошкая и Ротберг (1967), а алдехидите 4-формилбензил-N-ацетиламиномалонов естер (**2a**) и 2-метокси-5-формилбензил-N-ацетиламиномалонов естер (**2b**) получихме по а. Минчев и др. (1987).

Резултати

1. Получаване на естерамидите на 2-амино-2-[2-заместени бензилметилден-1H-инден-1,3(2H)-дионил]-малонови киселини (**3** – **8**)

0.005 мол от съответните 1H-инден-1,3(2H)-дион, **1a** (0.73 г), 4-нитро-1H-инден-1,3(2H)-дион, **1b** (0.96 г) или 5-нитро-1H-инден-1,3(2H)-дион, **1v** (0.96 г) и 0.005 мол от съответните алдехиди 4-формилбензил-N-ацетиламиномалонов естер, **2a** (1.68 г) или 2-метокси-5-формилбензил-N-ацетиламиномалонов естер, **2b** (1.83 г) се разтварят в 10 мл оцетна киселина и се нагряват 10 мин на обратен хладник. Реакционната смес се оцветява в кафяво за съединенията **3** и **4** и виолетовочервено при получаването на съединенията **5** – **8**. След охлаждане до стайна температура, към реакционната смес се прибавят 10 мл вода, при което се отделят жълти кристали от съединенията **3** и **4**, и виолетовочервени кристали за съединенията **5** – **8**. Съединенията **3** – **8** са прекристализирани из етанол. Данните за новополучените съединения са отразени в таблицата.

2. Получаване на 2-амино-3-[2-фенилметилден-заместени 1H-инден-1,3(2H)-дионил]-пропанови киселини (**9**, **10**)

Към 0.001 мол (0.46 г) от естерамида **3** или 0.001 мол (0.51 г) от естерамида **5** се прибавят 5.5 мл концентрирана бромоводородна киселина и получената реакционна смес се нагрява на обратен хладник в продължение на 1.5 часа. Реакционната смес се охлажда до стайна температура, замътва се с ацетон и след престояване 1 нощ в хладилник се отделя кристална утайка от съединенията **9** или **10**. След прекристализиране на 2-амино-3-[2-

фенилметил-1Н-инден-1,3(2Н)-дионил]-пропановата киселина (**9**) из етанол, се получават жълти кристали с т.т. 298-299 °С, добив 66% (0.153 г), $C_{19}H_{15}NO_4$ (321.33), изчислен N 4.36%, намерен N 4.19%, $R_f^A = 0.21$ и $R_f^B = 0.79$. След прекристализиране на 2-амино-3-[2-фенилметил-4-нитро-1Н-инден-1,3(2Н)-дионил]-пропановата киселина (**10**) из оцетна киселина, се получават червенооцветени кристали с т.т. 303-304 °С, добив 53% (0.194 г), $C_{19}H_{14}N_2O_6$ (366.33), изчислен N 7.65%, намерен N 7.71%, $R_f^A = 0.33$ и $R_f^B = 0.68$.

Литература

Арен, А., Б. Арен, Г. Ванаг. 1960. *ДАН СССР*, 135, 320.
 Ванаг, Г., Е. Гудрениеце, А. Арен. 1960. *ДАН СССР*, 130, 315.
 Коптелова, М. 1961. «Циклические β -дикетонь», АН Латв. ССР, Рига, стр.337.
 Коптелова, М., Э. Шафро, Г. Думпис, Г. Ванаг. 1965. *Изв. АН Латв. ССР*, с.х., 345.
 Коптелова, М., Э. Шафро. 1966. «Химия дикарб. соедин.», Тез. Докл., Рига, стр. 60.
 Машковский, М. 1984. «Лекарственные средства», часть 1 и 2, Медицина, Москва.

а. Минчев, С., Н. Софрониев, А. Ляпова. 1987. *Авт. свид. BG 43437*.
 б. Минчев, С., Н. Софрониев, А. Ляпова, А. Дойчинов. 1987. *Авт. свид. BG 43438*.
 Озол, Я., С. Германе, А. Арен. 1969. *Изв. АН Латв. ССР*, с.х., 583.
 а. Ошкая, В., Г. Ванаг. 1964. *Уч. зап. ЛГУ, Химия*, 57, 67.
 б. Ошкая, В., Г. Ванаг. 1964. *Изв. АН Латв. ССР*, с.х., 271.
 Ошкая, В., Ю. Ротберг. 1967. *Изв. АН Латв. ССР*, с.х., 63.
 Ротберг, Ю., Г. Чема, В. Ошкая. 1967. *Изв. АН Латв. ССР*, с.х., 70.
 Ротберг, Ю., Д. Канепе, В. Ошкая. 1972. *Изв. АН Латв. ССР*, с.х., 333.
 Смирнов, Е., А. Подорольская. 1969. *ЖОХ*, 39, 1373, 1377.
 Софрониев, Н. 2007. *Год. МГУ*, 50, св. II, 197.
 Чазов, Е., К. Лакин. 1977. «Антикоагулянты и фибринолитические средства», Медицина, Москва, стр. 66.
 Чилов, К. 1959. «Клинична лаборатория», София, стр. 390.
 Aigner, H., H. Junek, H. Sterk. 1970. *Monatsch. Chem.*, 101, 1145.
 Irick, G. 1971. *J. Chem. Eng. Data*, 16, 118.
 Lombardino, J., E. Wiseman. 1968. *J. Med. Chem.*, 11, 342.
 Molho, D. 1955. «*Trombose and Embolie*», Basel, p. 193.
 Noelting, F., H. Blum. 1901. *Chem. Ber.*, 34, 2467.
 Quick, A. 1945. *J. Am. Clin. Path.*, 15, 560.
 Quick, A., G. Golentine. 1951. *Amer. J. Physiol.*, 164, 716.

Препоръчана за публикуване от
 Катедра "Химия", МТФ

AN OBJECTIVE FUNCTION IMPLEMENTATION IN FRAGMENTATION DISTRIBUTED RELATIONAL DATABASES

Adrian Runceanu

University Constantin Brâncuși, Targu-Jiu, Romania; adrian_r@utgjiu.ro

ABSTRACT. The design of distributed database design is an optimization problem and the resolution of several sub problems as data fragmentation (horizontal, vertical and hybrid), data allocation (with or without redundancy), optimization and allocation of operations (request transformation, selection of the best execution strategy, allocation of operations to sites). Each problem can be solved with some different approach this thing establishing that the project of the distributed databases to become hard enough. There are many researches connected by the dates fragmentation presented both in the case of relational database and in the case of orientated database. In this paper is presented the implementation of a heuristic algorithm conceived before that uses an objective function who takes over information about the administrated dates in a distributed database and it evaluates all the scheme of the database vertical fragmentation.

Abbreviations

Distributed databases, vertical fragmentation.

ИМПЛЕМЕНТАЦИЯ НА КОНКРЕТНА ФУНКЦИЯ ПРИ ФРАГМЕНТИРАНЕТО НА СРОДНИ БАЗА ДАННИ

Адриан Рункеану

Университет „Константин Бранкуши”, Търгу Жил, Румъния; adrian_r@utgjiu.ro

РЕЗЮМЕ. Проектът за създаване на разпределена база от данни е оптимизационен проблем и решаване на някои подзадачи като фрагментиране на данните (хоризонтално, вертикално или хибридно), разпределение на данните (при наличие на повече или по-малко информация), оптимизиране и разпределяне на операциите (желана трансформация, избор на най-добре изпълнена стратегията, разпределянето на дейностите по места). Всяка задача, която може да бъде решена по няколко различни начина е обстоятелство, което затруднява и осъществяването на замисъла за разпределение на базата данни става много труден. Научните изследвания, които съществуват, свързани с фрагментиране на информационни потоци, използват както случаите със сродни (релационни) база данни, така и с ориентираните база данни. Този доклад представя реализирането на евристичен алгоритъм, който е измислен преди използването на конкретна функция, която поема информация за управленски периоди в дадена база данни и отразява цялата схема на вертикална фрагментация на информационни данни.

Previous work (introduction in vertical fragmentation of dates)

There exists three fragmentation types: vertical, horizontal and hybrid. Vertical fragmentation consists of subdividing a relation into sub relations which are projections of the original relation according to a subset of attributes. The horizontal fragmentation divides a relation into subsets of tuples based on selection operations. The hybrid fragmentation consists of dividing a relation horizontally, and then splitting vertically each of the obtained horizontal fragments or vice-versa.

Vertical fragmentation is used in order to increase transaction performance. The more obtained fragments are close to transaction requirements, the more the system is efficient. The ideal case occurs when each transaction matches exactly a fragment, i.e. it needs only this fragment. If some attributes are always used together, the fragmentation process is trivial. But in reality applications are rarely faced with such trivial cases. For relations having tens of attributes, it is necessary to develop systematic approaches for vertical partitioning. If a relation has m attributes, it can be partitioned following $B(m)$ different ways, where $B(m)$ is the m^{th} Bell number which is almost m^m [HN79].

Since the beginning of the 80's, many works have addressed the database vertical partitioning problem.

Navathe, Ceri and others [NCWD84] extend the work of Hoffer and Severance [HS75]. The authors use an attribute affinity matrix that they order by using Bond Energy Algorithm as proposed in [HS75]. However, determining the vertical fragments is done automatically, whereas it was left to the subjective judgement of the designer in [HS75]. There are two steps in the partitioning algorithms. In the first step, the fragmentation is obtained by applying iteratively a binary partitioning algorithm. At this step, no cost factor is considered. At second step, estimations of cost reflecting the physical environment, are included in order to optimise the initial fragments. The algorithm complexity is $O(n^2 \log n)$, where n is number of attributes.

Ceri, Pernici and others [CPW89] propose two tools for vertical fragmentation: "DIVIDE" and "CONQUER". The tool "DIVIDE" performs only data fragmentation and allocation; it implements the partitioning algorithm proposed in [NCWD84]. The tool "CONQUER", in addition to data fragmentation and allocation, ensures the optimisation and allocation of operations.

Navathe and Ra proposed in 1989 a graphical technique of partitioning [NR89]. The attribute affinity matrix is considered as a complete graph where nodes represent attributes and edges' weights represent the affinity values. The algorithm, by successively adding edges, generates all the fragments in one iteration by considering a cycle as a fragment. The algorithm has a complexity of $O(n^2)$, where n is number of attributes, and has the advantage of not using an objective function.

Lin, Orlowska and others [LOZ93] extend the work of [NR89] on graphical partitioning. The input to the algorithm is the affinity graph. They proposed searching a subgraph of at least two nodes for which affinity values are greater than those of each incident edge.

Chakravarthy, Muthuraj and others [CMV94] have developed a partition evaluator which evaluates the partition quality by using two costs: the access cost to the irrelevant local attributes (present on the execution site of the transaction but not used by the transaction), and the access cost to the irrelevant remote attributes (not present on the execution site of the transaction but necessary for its execution). This partition evaluator is implemented in this paper.

Input to the Vertical Partitioning Algorithm

The input to the Vertical Partitioning algorithm that we are going to explain is an Attribute Usage Matrix (AUM).

Algorithms such as Bond Energy Algorithm, Binary Vertical Partitioning algorithm and Ra's Algorithms use the Attribute Affinity Matrix (AAM) formed from the Attribute Usage Matrix (AUM). Attribute affinity measures the bond between two attributes of a relation according to how they are accessed by applications. Attribute affinity between attribute i and j is given below:

$$\text{Aff}_{ij} = \sum_{t=1}^T q_{t,ij} \quad (1)$$

where $q_{t,ij}$ is the number of accesses of transaction t referencing both attributes i and j .

The input assumed is a relation (consisting of a set of attributes) and an attribute usage matrix (AUM(t, j)) which consists of the attributes(j) in a relation as columns and the transactions(t) as rows with the frequency of access to the attributes for each transaction as the values in the matrix.

Definitions and Notations

A *partition* (scheme) is a division of attributes of a relation into vertical fragments in which for any two fragments, the set of attributes of one is non-overlapping with the set of attributes of another. For example, the partition $\{(1, 3)(2, 4)(5)\}$ defines a collection of fragments in which attributes 1 and 3 are in one fragment, 2 and 4 are in another and 5 is in a separate fragment. The following are used in the derivation of the Partition Evaluator.

n : Total number of attributes in a relation that is being partitioned.

T : Total number of transactions that are under consideration.

q_t : Frequency of transaction t for $t = 1, 2, \dots, T$.

M : Total number of fragments of a partition

n_i : Number of attributes in fragment i

n_{ikt}^r : Total number of attributes that are in fragment k accessed remotely with respect to fragment i by transaction t .

f_{ij}^i : Frequency of transaction t accessing attribute j in fragment i . Note that f_{ij}^i is either 0 or q_t .

A_{ij} : Attribute Vector for attribute j in fragment i . t -th component of this vector is f_{ij}^i .

R_{itk} : Set of relevant attributes in fragment k accessed remotely with respect to fragment i by transaction t ; these are attributes not in fragment i but needed by t .

$|R_{itk}|$: Number of relevant attributes in fragment k accessed remotely with respect to fragment i by transaction t .

Irrelevant local attribute access cost

For the first component we use square-error criterion as it was presented in [JD88]

The general objective is to obtain that partition which, for a fixed number of clusters, minimizes the square-error.

The square-error for the entire partition scheme containing M fragments is given by

$$E_M^2 = \sum_{i=1}^M e_i^2 \quad (2)$$

Relevant Remote Attribute Access Cost

Now we will include the second component which would compute a penalty factor that computes the function. Given a set of partitions, for each transaction running on a partition compute the ratio of the number of remote attributes to be accessed to the total number of attributes in each of the remote partitions. This is summed over all the partitions and over all transactions giving the following equation. The second term is given by:

$$E_R^2 = \sum_{t=1}^T \Delta_{i=1}^M \sum_{k \neq i} \left[q_t^2 * |R_{itk}| \frac{|R_{itk}|}{n_{itk}^r} \right] \quad (3)$$

Here Δ^2 is an operator that is either an average, minimum or maximum over all i . These different choices of the operator give rise to average, optimistic and pessimistic estimates of the remote access cost. If specific information is available regarding transaction execution strategies, then we can determine for each transaction t , the remote fragments accessed by the transaction and the remote access cost can be refined accordingly. In our experimental investigation, we use the optimistic estimate for illustration.

Partition Evaluator (PE) function is given by:

$$PE = E_M^2 + E_R^2 \quad (4)$$

Analysis of the Partition Evaluator

The final form of Partition Evaluator is given in equation 4. For analyze and testing evaluator behavior, we implement an C++ program who produce all possible combinations of attribute with an number of fragments. We testing this program in several cases - an 5 attributes and 5 transactions, (1 to 10 fragments for case 1, 1 to 5 fragments for case 2), partition evaluator was computed, and for minimum values, partitions scheme was stored and write.

Program we used is composed from 2 algorithms, one (called PE algorithm) for computed value on a given partition scheme and an number of fragments, and the other algorithm (called GEN_EP algorithm) computed the minimal value of the PE from all partition schemes generated in a backtracking mode.

We present below values for each number of fragments and values for E_M^2 , E_R^2 and EP .

For the test we used a matrice of attributes use with five attributes accessed by five transactions.

We present below values for each number of fragments together with the accordingly value opting for E_M^2 , E_R^2 and EP .

We can notice that for a number of two fragments - the fragment I (1,4,5) and the fragment II (2,3) we obtain the lowest value for EP .

We presented a general approach of the vertical fragmentation issue of the dates from a distributed database. Using an objective function used on the group models we obtained the implementation of an evaluator of partitions that can be use in the verification of some scheme of the dates fragmentation. We believe that now it's easier to project the heuristic algorithm or other nature for the partition of databases. On the same principle it can be implemented a variant of this evaluator for the database oriented-object.

Transactions \ Attributes	A1	A2	A3	A4	A5
T1	0	30	0	30	30
T2	15	15	15	0	15
T3	40	0	0	40	40
T4	0	10	10	0	0
T5	15	15	15	0	0

Number of fragments	Partition scheme	E_M^2 values	E_R^2 values	EP values
1	(1,2,3,4,5)	3477	0	3477
2	(1,4,5) (2,3)	1369	770	2139
3	(1,4,5) (2) (3)	791	1470	2261
4	(1) (2) (3) (4,5)	144	3192	3336
5	(1) (2) (3) (4) (5)	0	5836	5836

References

- [CPW89] S. Ceri, S. Pernici, and G. Wiederhold. Optimization Problems and Solution Methods in the Design of Data distribution. *Information Sciences Vol U_i*, No. 3, p 261-272, 1989.
- [HS75] J. Hoffer, and D. Severance. The Uses of Cluster Analysis in Physical Database Design *In Proc. 1st International Conference on VLDB*, Framingham, MA, 1975, pp. 69 - 86.
- [NCWD84] S. Navathe, S. Ceri, G. Wiederhold, and J. Dou. Vertical Partitioning Algo-for Database Design *ACM Transactions on Database Systems*, Vol. 9, Dec. 1984.
- [NR89] S. Navathe, and M. Ra. Vertical Partitioning for Database Design: A Graphical Algorithm. *ACM SIGMOD*, Portland, June 1989.
- [LOZ93] X. Lin, M. Orlowska, and Y. Zhang. A graph based cluster approach for vertical partitioning in database design. *Data an Knowledge Engineering*, 11:151-169, 1993.
- [CMVN94] S. Chakravarthy, R. Muthuraj, R. Varadarajan, and S. Navathe. An objective function for vertically partitioning relations in distributed databases and its analysis. In *Distributed and parallel databases*, pages 183-207. Kluwer Academic Publishers, 1994.
- [JD88] A. Jain, and R. Dubes. Algorithms for clustering Data. Prentice Hall Advanced Reference Series, Englewood Cliffs, NJ, 1988.
- [OV99] N. Tamer, P. Valduriez. Principles of Distributed Database Systems. Prentice Hall Englewood Cliffs, second edition, New Jersey 07362.

ABOUT DATA FRAGMENTATION AND ALLOCATION IN DISTRIBUTED OBJECT ORIENTED DATABASES

Adrian Runceanu, Marian Popescu,

University Constantin Brâncuși, Targu-Jiu, Romania; adrian_r@utgjiu.ro; marian@utgjiu.ro

ABSTRACT. In this paper, we present fragmentation and allocation problems in object oriented distributed. Hybrid fragments are defined by applying horizontal fragmentation followed by vertical fragmentation to each database class.

keywords: object oriented databases, link graph, data fragmentation, data allocation.

ОТНОСНО ФРАГМЕНТИРАНЕ И РАЗПРЕДЕЛЕНИЕ НА ИНФОРМАЦИОННИ ПОТОЦИ В ОПРЕДЕЛЕНИ ОБЕКТООРИЕНТИРАНИ БАЗА ДАННИ

Адриан Рункеану, Мариан Попеску

Университет „Константин Бранкуши“, Търгу Жил, Румъния; adrian_r@utgjiu.ro, marian@utgjiu.ro

РЕЗЮМЕ: В тази статия ние представяме фрагментирането и разпределението на проблемите в определени обектно ориентирани. Части от хибрид са дефинирани чрез прилагането на хоризонтална фрагментация, която е последвана от вертикална фрагментация на всеки клас база-данни.

Ключови думи: обектно ориентирани база данни, свързваща диаграма, фрагментиране (раздробяване) на данни, разпределение на данни

1. Introduction

Data distribution has largely been studied in the relational model, but the complex structure of objects and their relationships make it more difficult for object oriented databases. Data distribution is carried out by first fragmenting data and then allocating the obtained fragments to the network sites. Fragmentation allows grouping data items used together by applications so as to minimize the I/O ratio. The allocation of fragments has the primary goal of minimizing the number of remote accesses which are performed by applications.

As proposed in [KNM94], the fragmentation methods used for the relational model may be extended to the object model. However, as classes are closely related to each other, much more importance must be accorded to derived horizontal fragmentation.

In a relational database, if the instances of a relation R_1 are referenced by those of a relation R_2 , then R_1 are fragmented based on the predicates of R_2 . Fragmenting R_2 if it is referenced by more than one relation is however more difficult. In such a case, must R_2 be fragmented based on the properties of one, some or of all the referencing relations?

This problem is much more complex when dealing with object oriented databases because relationships are not only more numerous but also of different types. Indeed, as mentioned above, the principle contribution of the object model is its ability to reflect reality as accurately as possible through the objects and their relationships. The facilities offered by the object model in moving from the real-world to the model leads

the designer to a fine “modularization”, which creates in our sense a great number of classes and relationships and consequently complicates the fragmentation process.

The allocation problem is also more complex in distributed object oriented databases because it must not only deal with data allocation but with method allocation too. As a method manipulates only a subset of the attributes and the objects of a class, it must naturally reside at the site that contains the data it manipulates.

2. Database fragmentation

Since the beginning of the 80's, many researchers have been interested in distributed database design. Technological and organizational reasons justify this tendency: distributed databases eliminate many limitations of centralized databases, and naturally correspond to the decentralized structure of several organizations. A distributed database can be defined as a collection of data, which logically belong to the same system but are distributed over the sites of a computer network [CP84].

The design of a distributed database is a complex task because it requires the comprehension and the resolution of several related subproblems as data fragmentation (horizontal, vertical, hybrid), data allocation (with or without redundancy), optimization and allocation of operations (request transformation, selection of the best execution strategy, allocation of operations to sites). The subproblems we consider are data fragmentation and allocation.

Objects and fragmentation

[KNM94] is to our knowledge the first paper which analyses the problem of object distribution and proposes general algorithms. It gives an overview of the different problems which must be solved in the distribution design. As general solution, it proposes the extension of the relational fragmentation methods. Other works present algorithms for fragmenting object oriented databases. We will describe briefly the approach followed in each of the algorithms we know.

Horizontal fragmentation. The proposed algorithm uses the principle of minterm predicates. Both of the inheritance and aggregation hierarchies are preserved. The principle consists of producing in a first step primary horizontal fragments for each of the database classes. The result of this fragmentation is then used to induce derived fragmentation via inheritance, composition and method call links. Finally, the algorithm merges primary and derived fragments with which it has the highest affinity. The affinity between a primary and a derived fragment is defined as the frequency at which both are used simultaneously by applications.

Vertical fragmentation. Vertical fragmentation aims to fragment a class such as attributes and methods frequently used together are grouped together. The general approach consists of first grouping the methods frequently used together in each class [EB94]. Grouping techniques similar to those used for attribute grouping in relational are used: method usage matrix, applications' frequencies, method affinity matrix. Each method group is then extended to incorporate the attributes used by the group methods. If an attribute is referenced by methods which belong to different groups, it is assigned to the one with which it has the highest affinity.

A. The object data model

The data in an object based system consists of a set of encapsulate objects. The concept of object represents an encapsulation of the attributes that describe data and the methods that manipulate them. A unique identifier is associated to each object. Objects with common attributes and methods belong to the same class, and every class has a unique identifier. Inheritance allows reuse and incremental redefinition of classes in terms of existing ones. Parent classes are called superclasses while classes that inherit attributes and methods from them are called subclasses. Composition relationships allow the representation of composite objects which include other objects as part of them. These are called component objects. Due to the encapsulation concept, the access to objects can be performed only by method invocations. The set of objects that belong to a class represents its extension. In the inheritance hierarchy, objects are stored in the most specialized class.

B. The link graph

The global conceptual schema is composed of a set of classes and inter-class links. The existence of a link arises due to some real world relationship which exists between two classes. Two types of links characterize the object model: the inheritance links and the composition links.

We explicit such informations in a "Link Graph" that we construct from the global conceptual schema and which constitutes the input to our distribution process. The nodes in the link graph represent classes and the edges composition relationships. Given a class C_j and the set of all its subclasses $SUB(C_j)$, if C_j has an attribute of type C_k , then there exists an edge from each class belonging to $C_j \cup SUB(C_j)$ to C_k . Indeed, as mentioned above, subclasses of C_j inherit both simple and complex attributes of C_j . An example of link graph is given in figure 1.

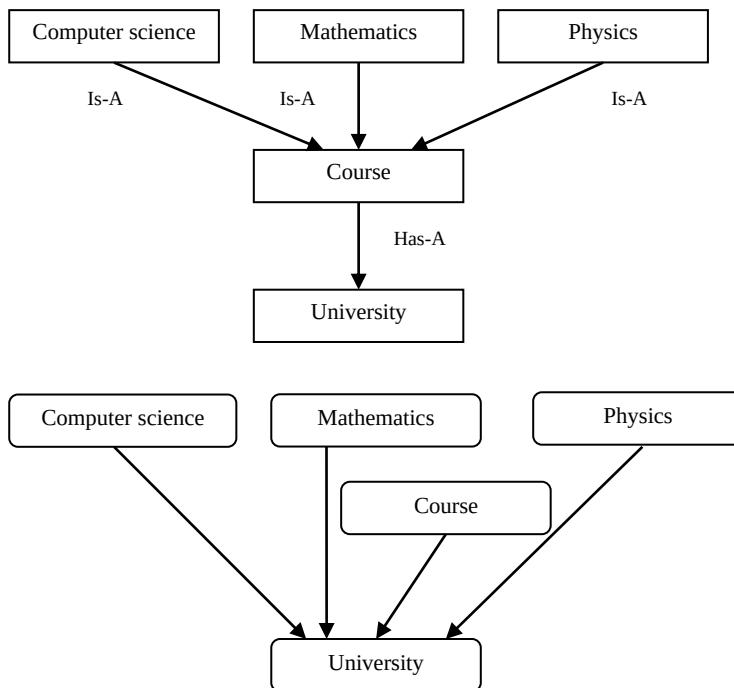


Figure 1: A Link Graph Example

C. Transaction modeling

A user query accessing database objects is defined as a sequence of method invocations on an object or a set of objects of classes. A user query Q_k is represented by $\{M^{i_1j}, M^{i_2k}, \dots, M^{i_nl}\}$, where each M in a user query refers to an invocation of a method of a class object. It is assumed that the user has a good notion of the important transactions that will run against the database, and of the methods involved in each transaction. We suppose that each transaction has known execution frequencies for each of the sites where it may originate, and that data volumes transmitted between transactions' methods (parameters and results) can easily be estimated.

3. An allocation model

Given a set S of n sites $\{S_1, S_2, \dots, S_n\}$ communicating via a network and a set F of k fragments $\{F_1, F_2, \dots, F_k\}$ communicating by method calls, the allocation problem may be formally described by a function from the set of fragments to the set of sites, $\Pi : F \rightarrow S$. If fragments are not replicated, there exists n^k possible allocations. A performance criterion used for comparing the n^k allocations is a function $f : \Pi \rightarrow R$ which associates a cost to each allocation. An optimal allocation is the one which minimize the cost function. In general, the optimization process aims to minimize the transactions' response time which depends on the I/O ratio and the communication delays. The expression of the cost function must be sufficiently simple in order to be easily evaluated and eventually modern networks.

However, taking into account all the network characteristics, especially modern networks, to develop general models yields generally to non linear functions and consequently complicates the problem. The allocation process must also take into account some imposed constraints such as disk capacity. One may impose for example that the total size of fragments assigned to a site must not exceed the disk capacity.

The distributed database system we consider is assumed to have a set of nodes connected to each other by means of a communication network. Computer hardware (terminal, minicomputer, workstation, personal computer) is located at each node. The hardware need not be identical at each node. This implies that processing and storage capacity may differ from one site to another. The nodes of the network can communicate at a certain cost per unit of data transmitted. Users of the system have access to fragments that can be stored at any of the nodes. Each fragment has a unique identifier, and contains a collection of data and methods. Two fragments F_i and F_j communicate if and only if there exists at least one method of F_i invoking a method of F_j and/or there exists at least one method of F_j invoking a method of F_i . This is a consequence of object encapsulation. Transactions in the database are of two types: read-only queries and update queries. Each query may consist of a series of method calls to extract the data item values and

present them to the person sending the request. Similarly, each update could consist of a sequence of methods designed to extract the data item values and write them back into the appropriate database after updating them.

A. The parameters

NF	= number of fragments
NS	= number of sites
i	= fragment index, $i \in \{1, \dots, NF\}$
l	= site index, $l \in \{1, \dots, NS\}$
r_i	= method r of fragment i
$f(r_i, s_j)$	= frequency of invoking method s of fragment j by method r of fragment i
$DT(r_i, s_j)$	= quantity of data transmitted between method r of fragment i and method s of fragment j (parameters + results)
$DTF(i, j)$	= quantity of data transmitted between fragment i and fragment j
MS_i	= set of methods of fragment i
FS_i	= size of fragment i
d_{lq}	= transmission cost per unit of data between sites l and q
ST_l	= cost of storing one unit of data at site l
Q_l	= storage capacity at node l
C_{il}	= cost of storing fragment i at site l ($= FS_i \times ST_l$)
C_{iljq}	= communication cost between fragment i located at site l and fragment j located at site q

B. The decision variables

We define the following decision variables to formulate the problem:

$$x_{il} = \begin{cases} 1 & \text{if fragment } i \text{ is allocated to site } l, \\ 0 & \text{otherwise.} \end{cases}$$

C. The objective function

The objective function to be minimized consists of the sum of communication costs and storage costs.

$$Z_p = \min \sum_{l,q} \sum_{i,j} C_{iljq} x_{il} x_{jq} + \sum_i \sum_l C_{il} x_{il}$$

C_{iljq} is given by the formula :

$$C_{iljq} = d_{lq} \times DTF(i, j)$$

where

$$DTF(i, j) = \sum_{r_i \in MS_i} \sum_{s_j \in MS_j} f(r_i, s_j) DT(r_i, s_j) + \sum_{s_{ji} \in MS_j} \sum_{r_i \in MS_i} f(s_{ji}, r_i) DT(s_{ji}, r_i)$$

D. The constraints

$$\sum_{l=1}^{NS} x_{il} = 1 \quad \forall i = 1, \dots, NF \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^{NF} FS_i \times x_{il} \leq Q_l \quad \forall l = 1, \dots, NS \quad (2)$$

$$x_{il} \in (0,1) \quad (3)$$

Constraint (1) states that each fragment is allocated to one site. Constraint (2) ensures that the total size of fragments allocated to one site doesn't exceed the disk capacity of that site. Constraint (3) is the binary constraint on the decision variable.

4. Conclusions

The allocation problem in its generality is NP-Complete. It can be solved by using exact methods or heuristic methods.

Exact methods are based on the exploration of all the possible solutions. Although they result in obtaining optimal solutions, they are very costly and are in exploitable for large problems. An example is the Branch and Bound method.

Heuristic methods yield to suboptimal solutions. The quality of a heuristic is measured uniquely by observing the results it gives, eventually by comparing it with the optimal solution

when it is possible to determine it. In this category, several algorithms can be enumerated as greedy algorithms [CLR90], iterative algorithms. Theoretically, these methods do not offer any performance guarantee, however practical experience shows that they generate solutions which are generally close to the optimum, and in reasonable delays.

References

- [CLR90] T. H. Cormen, C. E. Leiserson, and R. L. Rivest. *Introduction to Algorithms*, 1990.
- [CP84] S. Ceri and G. Pelagatti. *Distributed databases: principles and systems*. McGraw-Hill, 1984.
- [EB94] C.I. Ezeife and K. Barker. Vertical class fragmentation in a distributed based system. *Technical Report 94-03*, University of Manitoba, 1994
- [KNM94] K. Karlapalem, S.B. Navathe, and M.M.A. Morsi. Issues in distributed design of object oriented databases. In T. Ozsu, U. Dayal, and P. Valduriez, editors, *Distributed object management*, pages 148-164. Morgan Kaufman Publishers, 1994.
- [OV99] T. Ozsu and P. Valduriez. *Principles of Distributed Databases*, Prentice-Hall, second edition, 1999.
- [ZO94] Y. Zhang and M. Orlowska. On fragmentation approaches for distributed database design. *Information Sciences*, 1(3):117-132, 1994.

Recommended for publication by the Editorial board

Проф. ТОМА ЧОНКОВ



на 80 години

Проф. Тома Иванов Чонков е роден на 28.02.1927 год. в гр.Белица, Благоевградско. Завършил е Серската и Разложката гимназии. Участвал е активно в младежкото-ремсистко движение.

През 1947-1953 г. учи и завършва минно инженерство в Свердловския минен институт, днес Екатеринбургски, Русия. Практикувал е в Караганда (Казахстан), Сибир, Урал и в мини на Донбаския въглищен басейн.

Със създаването на Висшия минно-геоложки институт (ВМГИ), през 1953 г. е назначен за асистент. Работи и специализира под ръководството на доц. В. В. Орлов в направление подземно строителство и крепежни конструкции.

Научно-педагогическото развитие на проф. Т. Чонков се изразява с избирането му за преподавател (1955 г.), ст.преподавател (1962 г.), доцент (1962 г.) и професор (1969 г.) в МГУ. В периода от 1953 до 1992 г., когато се пенсионира, проф.Т. Чонков е участвал в подготовката на над 2000 минни специалисти, част от тях като негови дипломанти, специализанти и докторанти. Като рецензент е хабилитирал много научни работници и преподаватели.

През близо 40-годишния творчески период, по линия на научни изследвания, проф.Т.Чонков е ръководил и участвал при разработването на над 25 крупни аналитико-експертни и приложни задачи и проекти със значителен ефект. Публикувал е над 120 труда, от които 13 учебници и учебни помагала.

В периода 1973 – 1984 г. проф. Т. Чонков е Ръководител на катедра "Минно дело". Основател е на катедра "Минно строителство" и неин ръководител от 1984 до 1992 г.

Проф. Тома Чонков е заемал редица административни длъжности като: Зам.декан на МФ – 1956-1958 г., Декан на МФ – 1966-1970 г., Зам.Ректор по учебната работа на ВМГИ 1976-1980 г.

Той е дългогодишен член на Комисията по строителство и минни науки при ВАК и член на Специализирани научни съвети към институтите "НИПРОРУДА", "МИНПРОЕКТ" и "МИНСТРОЙ".

Бил е член на научната колегия на списание Минно дело и дългогодишен Председател на научния съвет и Главен редактор на Годишника на МГУ.

За цялостната си учебно-педагогическа и изследователска работа многократно е награждаван с различни ордени и медали.

ЧЕСТИТ ЮБИЛЕЙ ПРОФЕСОР ЧОНКОВ !!!