ГОДИШНИК
НА
МИННО-ГЕОЛОЖКИЯ УНИВЕРСИТЕТ
“СВ. ИВАН РИЛСКИ” - СОФИЯ

Том 52
Свитък II: ДОБИВ И ПРЕРАБОТКА НА МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ

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

Volume 52
Part II: MINING AND MINERAL PROCESSING

Издателска къща “Св. Иван Рилски”
Publishing House “St. Ivan Rilski”
София, 2009
Sofia, 2009

ISSN 1312-1820

РЕДАКЦИОННА КОЛЕГИЯ

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

РЕДАКЦИОНЕН СЪВЕТ
на Свитък II: Добив и преработка на минерални суровини

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

С Ъ Д Ъ Р Ж А Н И Е

Владимир Данов	ФИЗИКОХИМИЧЕСКАТА ГЕОТЕХНОЛОГИЯ – ПРИНЦИПНО НОВО И ВОДЕЩО НАПРАВЛЕНИЕ В МИННИТЕ НАУКИ ПРЕЗ 21-ВИ ВЕК	**7**
Илиян Джобов	СЪСТОЯНИЕ НА ДОБИВА НА ЛИГНИТНИ ВЪГЛИЩА В БЪЛГАРИЯ И РУМЪНИЯ	**13**
Георги Константинов	СЪВРЕМЕННИ СИСТЕМИ ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА МИННО-ТРАНСПОРТНИ КОМПЛЕКСИ В ОТКРИТИ РУДНИЦИ	**17**
Тенчо Кайряков **Павел Карачолов** **Атанас Смилянов** **Виолета Иванова**	НОВА ПРОБОВЗЕМАЩА СИСТЕМА И МЕТОДИКА ЗА КОНТРОЛ ВЪРХУ КАЧЕСТВОТО НА ВЪГЛИЩАТА В „МИНИ МАРИЦА ИЗТОК” ЕАД	**21**
Евгения Александрова	ИЗБОР НА ОПТИМАЛНА СТРАТЕГИЯ ЗА ПОДНОВЯВАНЕ НА БУЛДОЗЕРЕН ПАРК	**25**
Ивайло Копрев	КОМБИНИРАНА ТЕХНОЛОГИЯ НА ДОБИВ НА СКАЛНИ БЛОКОВЕ – ВЕРИЖНА КАМЕНОРЕЗНА МАШИНА С “ДИАМАНТЕНА” ВЪЖЕНА РЕЗАЧКА	**31**
Владимир Данов	ГЕОТЕХНОЛОГИЧНАТА НАУКА В МГУ “СВ. ИВАН РИЛСКИ” – НЕОБХОДИМОСТ И ПЕРСПЕКТИВИ ЗА РАЗВИТИЕ НА ОБУЧЕНИЕТО НА МИННИ ИНЖЕНЕРИ - ГЕОТЕХНОЛОЗИ И НА НАУЧНИТЕ ИЗСЛЕДВАНИЯ ПО ФИЗИКОХИМИЧЕСКА ГЕОТЕХНОЛОГИЯ	**35**
Кръстю Дерменджиев **Георги Стоянчев**	РАЗРАБОТВАНЕ ПО ПОДЗЕМЕН НАЧИН НА ПРИКОНТУРНИ ЗАПАСИ ОТ КОНЦЕСИОННАТА ПЛОЩ НА ОТКРИТ РУДНИК	**41**
Асен Стоянов	СЪВРЕМЕННИ КОНСТРУКТИВНИ РЕШЕНИЯ ПРИ ДЪРВЕНИТЕ ПОДОВИ КОНСТРУКЦИИ (ДПК) В ЖИЛИЩНОТО СТРОИТЕЛСТВО	**49**
Венцислав Иванов	ИЗСЛЕДВАНЕ НА ОПАСНОСТТА ОТ СКАЛНИ УДАРИ ПРИ РАЗРАБОТВАНЕТО НА МАДАНСКОТО РУДНО ПОЛЕ	**55**
Сузана Арад **Виктор Арад**	МОНИТОРЕН ПЛАН ЗА УСТОЙЧИВОСТ НА ОТПАДЪЧНО НАСИПИЩЕ ВЪВ ВЪГЛЕДОБИВНИЯ БАСЕЙН В ДОЛИНАТА НА Р. ЖИЛ	**63**
Венцислав Иванов	ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ЯКОСТТА НА НАТИСК НА СКАЛНИ ОБРАЗЦИ С ПОЛУПРАВИЛНА ФОРМА	**69**
Виолета Иванова	ГЕОТЕХНИЧЕСКИ ИЗСЛЕДВАНИЯ НА ГЛИНИТЕ ОТ ОТКРИВНИТЕ ХОРИЗОНТИ НА РУДНИК “ТРОЯНОВО СЕВЕР” КАТО СТРОИТЕЛНА ОСНОВА НА ОБСЛУЖВАЩИТЕ ПЪТИЩА	**73**
Александър Цонков **Георги Колев**	ИЗУЧАВАНЕ ХАРАКТЕРА НА ДВИЖЕНИЕ НА ТОЧКИ ОТ СЕВЕРНИЯ НЕРАБОТЕН БОРД НА РУДНИК “ТРОЯНОВО-СЕВЕР” ПО ДАННИ ОТ МАРКШАЙДЕРСКИ НАБЛЮДЕНИЯ	**77**
Георги Трапов **Георги Михайлов**	ПРИЛАГАНЕ МЕТОДА НА КРАЙНИТЕ ЕЛЕМЕНТИ В УСЛОВИЯТА НА ИЗМЕНЧИВОСТ НА СВОЙСТВАТА НА СКАЛИТЕ	**85**
Георги Трапов **Паулин Златанов**	ОПТИМИЗИРАНЕ УСТОЙЧИВОСТТА НА ОТКОС ПО МЕТОДА НА СЛУЧАЙНОТО ТЪРСЕНЕ	**91**
Михаил Вълков	МАТРИЧНО ПРЕДСТАВЯНЕ НА ЗАДАЧИ ОТ ПРОСТРАНСТВЕНАТА КИНЕМАТИКА	**95**
Виолета Трифонова-Генова	ПРИЛОЖЕНИЯ НА МЕТОДА НА ПРЕМЕСТВАНИЯТА ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА ПОДЗЕМНА ТРАПЕЦОВИДНА РАМКА ПРИ ОБЩО ПРЕМЕСТВАНЕ НА ОСНОВИТЕ	**99**
Михаил Вълков	ЗА ЕДИН ЕЛАСТОПЛАСТИЧЕН МОДЕЛ В МЕХАНИКА НА МУЛДАТА	**103**
Виолета Трифонова-Генова	НАПРЕГНАТО СЪСТОЯНИЕ НА НАПЛАСТЕН СКАЛЕН МАСИВ В ОКОЛНОСТТА НА ВЕРТИКАЛНА КРЪГОВА ШАХТА	**107**
Виолета Иванова	ГЕОТЕХНИЧЕСКИ ИЗСЛЕДВАНИЯ НА ГЛИНИТЕ ОТ НАСИПИЩАТА НА РУДНИК “ТРОЯНОВО СЕВЕР” КАТО СТРОИТЕЛНА ОСНОВА НА ОБСЛУЖВАЩИТЕ ПЪТИЩА	**111**

Симеон Костянев **С. Косарди** **З. Наги** **П. Солгей** **С. Акин** **В. Стоянов**	КОМПЮТЪРНО ПРИЛОЖЕНИЕ ПРИ ПОВТОРНО ВПРЪСКВАНЕ НА ВОДА В ГЕОТЕРМАЛНИ СТРУКТУРИ	**115**
Юлиян Димитров	ДИФЕРЕНЦИАЛНИ ТЕНЗОРНИ ПРЕСМЯТАНИЯ ПРИ СМЯНА НА КООРДИНАТНАТА СИСТЕМА	**121**
Юлиян Димитров **Таня Любенова**	АНАЛИТИЧНО ФОРМУЛИРАНЕ И ОПТИЧНА ИНТЕРПРЕТАЦИЯ НА ДИСКРЕТНОТО ПРЕДСТАВЯНЕ НА НЕПРЕКЪСНАТИ ЗАВИСИМОСТИ	**127**
Славчо Лазаров **Гергана Камбурова**	ИЗСЛЕДВАНЕ НА ИНЦИДЕНТИ ПРИ ТРАНСПОРТИРАНЕ НА ЕКСПЛОЗИВИ, ВЗРИВНИ ИЗДЕЛИЯ И ВЗРИВООПАСНИ МАТЕРИАЛИ	**135**
Гергана Камбурова	ВЛИЯНИЕ НА КИСЛОРОДНИЯ БАЛАНС ВЪРХУ ОТДЕЛЯНЕТО НА ТОКСИЧНИ ГАЗОВИ ЕМИСИИ И СКОРОСТТА НА ДЕТОНАЦИЯ НА ГРУБОДИСПЕРСНИТЕ АМОНИТИ ЗА РАБОТА НА ОТКРИТО	**143**
Валери Митков	НОВИ ДОНОРНИ ЗАРЯДИ ТИП ЛЯТ БУСТЕР ОТ УТИЛИЗИРАНИ БОЕПРИПАСИ	**147**
Гергана Камбурова **Георги Георгиев**	ТЕХНОЛОГИЯ БЕЗ ПРЕУДЪЛБАВАНЕ С ХИДРОФИЗИЧЕН ВЗРИВ	**151**
Валери Митков **Генчо Генчев**	ОПРЕДЕЛЯНЕ НА БЕЗОПАСНИТЕ РАЗСТОЯНИЯ ЗА ОСТЪКЛЕНИЕТО НА СГРАДИ ПРИ ВЗРИВЯВАНЕ НА САМОДЕЛНИ ВЗРИВНИ УСТРОЙСТВА	**157**
Гергана Камбурова	ИЗСЛЕДВАНЕ НА ТОПЛИННАТА УСТОЙЧИВОСТ НА ПРАХООБРАЗНИ, ГРУБОДИСПЕРСНИ И ЕМУЛСИОННИ ЕКСПЛОЗИВИ ОТ ВТОРИ КЛАС ЗА РАБОТА В ПОДЗЕМНИ УСЛОВИЯ И НА ОТКРИТО	**163**
Христо Стоев	ПРИЛОЖНА ПРОЦЕДУРА ЗА ОЦЕНКА НИВОТО НА РИСКА ПРИ КОНКРЕТНО ВЗРИВЯВАНЕ В КОНКРЕТНИ УСЛОВИЯ	**169**
Орче Спасовски **Ристо Дамбов**	ЗАМЪРСЯВАНЕ НА ПОЧВАТА И ВОДИТЕ ПРИ ОБОГАТЯВАНЕ НА ОЛОВНО-ЦИНКОВИ РУДИ В НАХОДИЩЕТО „ЗЛЕТОВО”	**175**
Петя Генчева **Маринела Панайотова**	МЕРКИ ЗА БОРБА С КОРОЗИЯТА НА СТОМАНЕНИ ВЪЖЕТА, ИЗПОЛЗВАНИ В МИННО-ДОБИВНАТА ДЕЙНОСТ	**179**
Иван Нишков **Лъчезар Цоцорков** **Милка Кръстева** **Ирена Григорова**	ХИМИКО-МЕХАНИЧЕН МЕТОД ЗА РАЗРУШАВАНЕ НА ФЛОТАЦИОНИ ПЕНИ	**185**
Ирена Григорова **Иван Нишков** **Маргарита Василева** **Александър Тасев**	БРИКЕТИРАНЕ НА КАФЯВИ ВЪГЛИЩА СЪС СВЪРЗВАЩИ ВЕЩЕСТВА	**189**
Нели Минчева	ПЛАТИНОВИ КОМПЛЕКСИ СЪС СИЛСЕСКИОКСАНИ – СИНТЕЗ, ОХАРАКТЕРИЗИРАНЕ И СВОЙСТВА	**195**
Недялко Софрониев	СИНТЕЗ НА ФОСФОНОВИ АНАЛОЗИ НА НЕПРИРОДНИ АМИНОКИСЕЛИНИ: I. 2-АМИНО-3-[2-АРИЛ-1Н-ИНДЕН-1,3(2Н)-ДИОНИЛ]-ЕТИЛФОСФОНОВИ КИСЕЛИНИ	**201**
Антоанета Ботева **Кристина Грозева-Мърхова** **Мариела Парашкевова**	ХУМИНОВИТЕ КИСЕЛИНИ В ОБОРОТНИТЕ ВОДИ НА ФЛОТАЦИОННИТЕ ФАБРИКИ –ПРОИЗХОД И ПОВЕДЕНИЕ	**205**
Недялко Софрониев	СИНТЕЗ НА ФОСФОНОВИ АНАЛОЗИ НА НЕПРИРОДНИ АМИНОКИСЕЛИНИ: II. ЕСТЕРАМИДИ НА 2-АМИНО-2-ДИЕТОКСИФОСФОНИЛ-2-[2-ЗАМЕСТЕНИ БЕНЗИЛМЕТИЛЕН-1Н-ИНДЕН-1,3(2Н)-ДИОНИЛ]-ОЦЕТНИ КИСЕЛИНИ	**209**
Ирена Спасова **Марина Николова** **Стоян Грудев**	ИЗВЛИЧАНЕ НА МЕД И БЛАГОРОДНИ МЕТАЛИ ОТ СУЛФИДНА РУДА ПОСРЕДСТВОМ КОМБИНИРАНО БИОЛОГИЧНО И ХИМИЧНО ИЗЛУГВАНЕ	**215**
Андрей Блинов **Ольга Рудакова** **Владимир Рафиенко**	СЪЩНОСТ И РОЛЯ НА ПРОМИШЛЕНИТЕ КЛЪСТЕРИ В МИННАТА ПРОМИШЛЕНОСТ	**219**

C O N T E N T S

Vladimir Danov	PHYSICAL AND CHEMICAL GEO-TECHNOLOGY – NEW AND LEADING DIRECTION IN MINING SCIENCE DURING THE 21ST CENTURY	**7**
Ilian Djobov	CONDITION OF LIGNITE COAL MINING IN BULGARIA AND ROMANIA	**13**
Georgy Konstantinov	MODERN SYSTEMS FOR CONTROL OF MINING-TRANSPORT COMPLEXES IN OPEN CAST MINES	**17**
Tencho Kajrjakov **Pavel Karacholov** **Atanas Smiljanov** **Violeta Ivanova**	A NEW SAMPLING SYSTEM AND METHODS FOR COAL QUALITY CONTROL IN "MARITZA IZTOK" COMPLEX	**21**
Eugenia Alexandrova	A STRATEGY OF OPTIMAL SELECTION FOR RENEWAL THE BULLDOZER FLEET	**25**
Ivaylo Koprev	MULTIPURPOSE TECHNOLOGIES FOR PRODUCTION STONE BLOCKS CHAIN SAW "DIAMOND" WERE	**31**
Vladimir Danov	THE GEO-TECHNOLOGY SCIENCE AT THE MINING AND GEOLOGY UNIVERSITY "ST.IVAN RILSKI" – NECESSITY AND PERSPECTIVE FOR DEVELOPMENT OF TRAINING FOR MINING ENGINEERS GEO-TECHNOLOGISTS AND SCIENTIFIC RESEARCH IN PHYSICAL AND CHEMICAL GEO-TECHNOLOGY	**35**
Krustyo Dermendjiev **Georgy Stojanchev**	UNDERGROUND MINING OF PROFILE MINERAL RESERVES OF AN OPENCAST MINE OF CONCESSION AREA	**41**
Asen Stoyanov	CONTEMPORARY CONSTRUCTIONAL CONCEPTIONS IN THE WOODEN FLOOR CONSTRUCTIONS IN THE HOUSING FIELD	**49**
Ventsislav Ivanov	RESEARCH IN THE RISK OF ROCK BURSTS AT THE MADANSKOTO ORE FIELD MINING	**55**
Susana Arad **Victor Arad**	STABILITY OF WASTE DUMPS, ISSUE OF MINE CLOSURE MONITORING PLAN FROM JIU VALLEY COAL BASIN	**63**
Ventzislav Ivanov	DETERMINATION OF COMPRESSIVE STRENGHT OF ROCK SAMPLES WITH SEMIREGULAR SHAPE	**69**
Violeta Ivanova	GEOTECHNICAL INVESTIGATION OF "TROYANOVO SEVER" OVERBURDEN LEVELS CLAYS AS A SERVICE ROADS FOUNDATION	**73**
Alexander Tzonkov **Georgi Kolev**	MOVEMENT NATURE EXAMINATION OF POINTS FROM NORTH NON-WORKING BORD OF OPEN PIT MINE "TROYANOVO-NORTH" BY MINE SURVEY OBSERVATION DATA	**77**
Georgy Trapov **Georgy Mihaylov**	APPLICATION OF THE FINITE ELEMENT METHOD IN CONDITIONS OF ALTERATION OF THE ROKS PROPERTIES	**85**
Georgi Trapov **Paulin Zlatanov**	A SLOPE STABILITY OPTIMIZATION BY METHOD OF CASUAL SEARCH	**91**
Mihail Vulkov	MATRIX PRESENTMENT OF 3D KINEMATICAL PROBLEMS	**95**
Violeta Trifonova –Guenova	APPLICATIONS OF THE METHOD OF DISPLACEMENTS IN INVESTIGATING OF UNDERGROUND TRAPEZIUM-SHAPED FRAME DURING GENERAL DISPLACEMENT OF THE BASES	**99**
Mihail Vulkov	ABOUT AN ELASTOPLASTIC MODEL IN MINING SUBSIDENCE	**103**
Violeta Trifonova – Genova	STRESS CONDITION OF LAIRED ROCK MASSIF AROUND A VERTICAL CIRCULAR SHAFT	**107**
Violeta Ivanova	GEOTECHNICAL INVESTIGATION OF "TROYANOVO SEVER" PIT DUMP CLAYS AS A SERVICE ROADS FOUNDATION	**111**
Simeon Kostyanev **S. Kocsárdi** **Z. Nagy** **P. Szolgay** **S. Akin** **Velislav Stoyanov**	ARRAY COMPUTING BASED IMPLEMENTATION OF WATER REINJECTION IN GEOTHERMAL STRUCTURE	**115**

Julian Dimitrov	DIFERENTIAL TENSOR CALCULUS AT TRANSFORMING OF COORDINATE SYSTEM	**121**
Julian Dimitrov **Tania Lyubenova**	ANALITICAL FORMULATION AND OPTICAL INTERPRETATION OF DISCRETE PRESENTATION OF CONTINUOUS DEPENDENCES	**127**
Slavcho Lazarov **Gergana Kamburova**	RESEARCH OF RECENT ACCIDENTS INVOLVING EXPLOSIVES TRANSPORT AND HAZARDOUS MATERIALS	**135**
Gergana Kamburova	EFFECT OF THE OXYGEN BALANCE ON TOXIC GAS EMISSIONS AND VELOCITY OF DETONATION OF ROUGHLY DISPERSED AMMONITES FOR OUTDOOR OPERATION	**143**
Valery Mitkov	NEW DONOR CHARGES OF CAST BOOSTER TYPE OBTAINED FROM UTILIZED AMUNITION	**147**
Gergana Kamburova **Georgy Georgiev**	NEW ECOLOGICAL TECHNOLOGIES FOR HOLE BLASTING IN OPENCAST MINES AND QUARRIES	**151**
Valery Mitkov **Gencho Genchev**	DERERMINATION OF THE SAFE DISTANCES FOR WINDOW GLASSES OF BUILDINGS DURING DETONATION OF MAKESHIFT EXPLOSIVE DEVICES	**157**
Gergana Kamburova	STUDY OF THE HEAT STABILITY OF ROUGHLY DESPERSSED AMONIONITRATE EXPLOSIVES	**163**
Hristo Stoev	AN APPLIED PROCEDURE FOR VALUATION LEVEL OF RISK BY PARTICULAR BLASTING IN SPECIFIC CONDITIONS	**169**
Orce Spasovski **Risto Dambov**	POSSIBILITIES FOR GROUND AND SURFACE WATER POLLUTION FROM THE LEAD AND ZINC ORE PROCESSING IN THE ZLETOVO MINES	**175**
Petya Gentcheva **Marinela Panayotova**	MEASURES TO COUNTERACT CORROSION OF WIRE ROPES USED IN A LEAD-ZINC MINE	**179**
Ivan Nishkov **Lachezar Tsotsorkov** **Milka Krasteva** **Irena Grigorova**	CHEMICO-MECHANICAL METHOD FOR DESTRUCTION OF FLOTATION FROTHS	**185**
Irena Grigorova **Ivan Nishkov** **Margarita Vassileva** **Aleksandar Tasev**	BROWN COAL BRIQUETTING WITH BINDING AGENTS	**189**
Neli Mintcheva	PLATINUM COMPLEXES WITH SILSESQUIOXANES – SYNTHESIS, CHARACTERIZATION AND PROPERTIES	**195**
Nedyalko Sofroniev	SYNTHESIS OF PHOSPHONIC ANALOGUES OF UNNATURAL AMINO ACIDS: I. 2-AMINO-3-[2-ARYL-1H-INDENE-1,3 (2H)-DIONYL]-ETHYLPHOSPHONIC ACIDS	**201**
Antoaneta Boteva **Kristina Grozeva-Marhova** **Mariela Parashkevova**	HUMUS ACIDS IN TURNAROUND WATERS FLOTATION FACTORIES	**205**
Nedyalko Sofroniev	SYNTHESIS OF PHOSPHONIC ANALOGUES OF UNNATURAL AMINO ACIDS: II. ESTERAMIDES OF 2-AMINO-2-DIETHOXYPHOSPHONYL-2-[2-SUBSTITUTED BENZYLMETHYLENE-1H-INDENE-1,3 (2H)-DIONYL]-ACETIC ACIDS	**209**
Irena Spasova **Marina Nicolova** **Stoyan Groudev**	EXTRACTION OF COPPER AND PRECIOUS METALS FROM A SULPHIDE ORE BY MEANS OF A COMBINED BIOLOGICAL AND CHEMICAL LEACHING	**215**
Andriy Blinov **Olga Rudakova** **Vladimir Rafienko**	NATURE AND ROLE OF INDUSTRIAL CLUSTERS IN MINING	**219**

ГОДИШНИК НА МИННО-ГЕОЛОЖКИЯ УНИВЕРСИТЕТ "СВ. ИВАН РИЛСКИ", Том 52, Св. II, Добив и преработка на минерални суровини, 2009
ANNUAL OF THE UNIVERSITY OF MINING AND GEOLOGY "ST. IVAN RILSKI", Vol. 52, Part II, Mining and Mineral processing, 2009

ФИЗИКОХИМИЧЕСКАТА ГЕОТЕХНОЛОГИЯ – ПРИНЦИПНО НОВО И ВОДЕЩО НАПРАВЛЕНИЕ В МИННИТЕ НАУКИ ПРЕЗ 21-ВИ ВЕК

Владимир Данов

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

РЕЗЮМЕ. В доклада се разглеждат следните основни въпроси: принципна постановка за дългосрочното развитие на добива да твърди полезни изкопаеми (ПИ) in situ до 2500-2600 година (прогнози от САЩ и Русия), същност и промишлени мащаби на геотехнологичния добив на твърди ПИ в света и в България, физикохимическа технология като наука и главните насоки за нейното развитие пред 21-ви век.

PHYSICAL AND CHEMICAL GEO-TECHNOLOGY – NEW AND LEADING DIRECTION IN MINING SCIENCE DURING THE 21ST CENTURY

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

ABSTRACT. In the paper are reviewed the following fundamental questions: principal formulation of the long term development of production of hard raw materials in situ up to 2500-2600 (forecasts from the USA and Russia); essence and industrial scale of the geo-technology production of hard raw materials in the World and Bulgaria; the physical and chemical geo-technology as a science and the main directions for its development during the 21st century.

I. Кратко въведение

1. Обобщена постановка за развитието на добива на твърди полезни изкопаеми по подземен и открит начин. Добивът на златни, железни, оловно-цинкови и калаени руди датира и се развива от древни времена. И на територията на днешна България древните племена и придошлите българи са добивали руди и метали от няколко хиляди години пр. Христа.

Промишлените мащаби за добива на железни и други руди, и на въглища се зараждат в Европа през 16-17-ти век с откриването на парната машина и печатарската машина, и непрекъснато нарастват през следващите векове с развитието на локомотивния ж.п. транспорт, черната и цветната металургия, електротехниката, леката и други промишлени отрасли. Но до края на 19-ти век мащабите са твърде ограничени и са съсредоточени само в някои европейски държави, Китай и САЩ-Канада.

От началото и през целия 20-ти век бурно се развиваше все по-обхватна индустриализация, за подготовката и "вихъра" на I-та и II-та Световни опустошителни войни, за въоръжаването с ядрено-ракетни оръжия (кому бяха, кому са нужни и сега?), за развитието на атомната енергетика, космическата техника и изучаването на извънземния свят. Велики постижения – трасирали пътищата на човечеството през 21-ви век и в перспектива до 2500-2600 години!

Огромната индустриализация изискваше добив на огромни количества от всички видове твърди полезни изкопаеми, на нефт и природен газ, на строителни и ювелирни материали, ежегодно до 150 млд.t през последните десетилетия на 20-ти век.

До настоящо време на земната повърхност и в плитките слоеве на земната кора са нанесени много хиляди дълговременни (до 500-600 години) рани! Географско-климатичните условия за живота на хората са увредени в многофакторна тежка степен!

Дългосрочните прогнози на Федералния институт по енергетика, САЩ (от 1986 г. и 2000 г.) и на Руската академия по естествените науки (РЕАН от 2005 г.) за добив на твърди полезни изкопаеми може да се обобщят по следния начин [2, 4, 6]:

а) Добивът на руди на черни, цветни, уран, благородни и съпътстващи редки и разсеяни метали по конвенционален подземен и открит начин ще се развива и през бъдещите столетия с откриването на нови находища, но при все по-голяма дълбочина и все по-сложни условия на залягане.

Конвенционалният добив на руди по своята комплексна технико-икономическа ефективност (включваща обогатяването и пирометалургията) става все по-скъп и ограничаван от изискванията за опазване на ПСВ.

Във връзка с това е наложително ограничаването и "ликвидиране" на пирометалургията и заместването й с хидрометалургични технологии още през 21-ви век.

б) Добивът на въглища и горливи шисти по конвенционален подземен и открит начин се предвижда да затихва и завърши след около 100-150 години – главно поради изчерпване на запасите в достъпните слоеве на земната кора и особено поради все по-сложните условия на залягане, и високите изисквания за опазване на ПСВ, и намаляваща икономическа ефективност.

в) Добивът на нерудни полезни изкопаеми, скалооблицовъчни и ювелирни материали, и на строителни материали ще се развива както досега, според потреблението, но с постепенно ограничаване на мащабите, поради изчерпване на определени запаси и намаляваща рентабилност, както и заради високите изисквания за опазване на ПВС.

2. Минните науки за осигуряване на конвенционалния подземен добив на руди и въглища, от зараждането им през средните векове (идеите на Агрикола и Ломоносов) до края на 19-ти век се развиваха целенасочено и системно във Фрайбергската Минно-Металургична Академия (ММА), (1762 г., Германия) и в Санкт-Петербургската Минно-Металургична Академия (1764 г., Русия), и от средата на 19-ти век – в ММА (Краков, Полша) и ММА (Леобен, Австрия).

Минната наука за откритий добив на руди и въглища се заражда в края на 19-ти – началото на 20-ти век, но се развива интензивно главно през II-та половина на 20-ти век. През целия 20-ти век и до настоящото време минните науки за конвенционален подземен и открит добив на твърди полезни изкопаеми и минно-инженерно образование се развиват в стотици университети, академични и технологични институти главно в САЩ, Канада, Англия, Германия,Франция, Русия и Китай.

Фундаменталните науки и приложните постижения в технологиите, техниката и инженерната дейност осигуряваха все по-висока технико-икономическа ефективност и нарастващи крупни мащаби на подземния и откритий добив на твърди полезни изкопаеми. При това, при все по-сложни геолого-хидрогеоложки, минно-технически и географско-климатични условия, увеличаваща се дълбочина на подземните рудници (до 3000-4000 m, в ЮАР – проект до 5000 m)и на открити рудници – до 800-1000 m.

Минните науки, техниката и технологиите за конвенционален добив в дългосрочен план през 21-ви век постепенно ще достигат своя своеобразен "таван" – връх, относно главните си постижения. Този обобщен основен извод се очертава в посочените дълготрайни прогнози.

Зародилата се, преди 30-40 години, нова минно-техническа революция при добива на някои твърди полезни изкопаеми посредством принципно нови технологии доведе до развитие на принципно ново направление всред минните науки – физико-химическата геотехнология.

II. Същност, обхват и съвременно състояние на геотехнологичния добив на твърди полезни изкопаеми [4]

А. Същност, обхват и промишлени мащаби на Геотехнологичния добив на твърди полезни изкопаеми (ГТД)

Същността се характеризира в превръщане на твърдите полезни изкопаеми (п.и.) "in situ" във флуиди (разсол, метални разтвори, горивен газ, воден пулп и др.) и чрез преработката им – добив на стокови продукти на място в района на находищата.

От началото на 50-те години на 20 век до настоящо време ГТД се развиваше в бързо нарастващи промишлени мащаби! И се утвърди като 2-3-5 пъти по ефективен от конвенционалните подземен и открит добив на твърди п.и. (+ последващите сложни и скъпи технологии на преработка до стокова продукция!). При това се доказа, че екологичните задачи при ГТД са минимизирани (има само текущи, отсъстват крупните и дълготрайни до стотици години техногенни обекти) и може да се осигурява екологична безопасност при разработване на находищата.

Б. Обхват и промишлени мащаби на ГТД

1) Подземно сондажно разтваряне на солни находища, добив на разсоли и солни продукти: обобщено 90-95% от световния добив.

2) Геотехнологичен добив на уран, мед и съпътстващи редки метали, също на злато, сребро, цинк, манган и съпътстващи други метали – чрез подземно излужване на руди и на открито в изкуствени съоръжения и чрез излужване на техногенни обекти и тяхното екологично обезопасяване – пром. мащаби: над 50-60% от световния добив на уран, 30-35% от медта, значителни количества злато, сребро, цинк, манган и голяма група редки метали.

3) Подземна сондажна газификация на въглища и въглищни шисти: от 70-80 години насам, но главно след 1960 г. промишлените мащаби нарастват главно в САЩ, Русия, Украйна, Франция, Китай и др.

4) Подземно сондажно разтопяване и газификация на серни находища: главно в САЩ и Русия (но вече и в други страни) от 70-80 години насам серните находища се разработват само по тази технология, високоефективно и екологично безопасно!

5) Подземен сондажен и минен хидродобив на въглища, уранови, златни, железни и други руди: главно в САЩ, Русия, Украйна, Канада, Полша, Китай и др. Също така от 70-80 години насам, но главно след 1950-60 г. промишлените мащаби ежегодно нарастват и понастоящем са значителни.

6) Сондажен добив на земна топлина във вид на водно-паров флуид от находища на геотермални аномалии и от голяма дълбочина в земната кора: съществуват Геоелектроцентрали в над 120 страни (водещи САЩ, Русия, Италия, Германия, Китай): чрез сондажни системи се разработват (все още и само) находища на високотемпературни подземни води, но се експериментират и системи за добив на земна топлина от скалните масиви на дълбочина 3-5 km!

7) Други разновидности на Физико-химическата геотехнология [2] (с начални промишлени мащаби и дългосрочни

перспективи!): Термо-химически и термо-динамични методи при разработване на находища на тежък нефт, битуми и други каустобиолити, Добив на метали и други полезни елементи от природни минерални води и от техногенни води от рудната, химическата, металургичната и нефтената промишленост. Развиват се водещо в САЩ, Русия и някои други страни.

В. Увреждането на земната повърхност и природните води при геотехнологичното разработване на находища на твърди полезни изкопаеми или не се допускат или са минимизирани само по ограничени компоненти на ПСВ и са напълно възстановими при незначителни разходи – до 10-15% от себестойността.

За разлика от конвенционалните подземен и открит начин на разработване: 1) рудници – огромни насипища, зони на обрушаване, замърсени руднични води; 2) обогатителни фабрики – крупни отпадъчни стопанства; 3) металургични заводи - други отпадъчни стопанства и замърсени води; 4) ТЕЦ на въглища – нови отпадъчни стопанства и огромни количества вредни газове в атмосферата. при това посочените увреждания са дълготрайни – до десетки и стотици години и изискват постоянен мониторинг и значителни ресурси за екологичното им обезопасяване; за някои екологични увреждания това е невъзможно!

Г. Идеите за новите методи за добив на твърди полезни изкопаеми [2] датират от края на 19-ти и началото на 20-ти век: Менделеев (Русия) през 1888 г. развива идеята за подземна газификация на въглищни пластове и добив на горивен газ за битови нужди; Франк (САЩ) през 1891 г. дава идеята за подземно разтопяване на сярно находище и добив на сяра (стопилка); през 1903 г. Обручев (Русия) разработва идеята за добив на земна топлина (от горещи води) за промишлени нужди и за подземно разработване на соли и добив на сол.

Практическата реализация на тези идеи започва през периода 1920-40 г. чрез промишлени експерименти в Русия, САЩ и Германия.

Но промишленото развитие на геотехнологичния добив на твърди полезни изкопаеми и земна топлина (вж. I,Б) започна от 1950-60 г. насам с ежегодно нарастващи мащаби в много и много страни.

Това развитие се дължи на целенасочените комплексни теоретични и научно-приложни изследвания на принципно новите технологии и системи за добив на флуиди от полезни изкопаеми и превръщането им в стокови продукти "in situ" в находищата.

В България такива изследвания се извършваха през периода 1965-1990 г. в ДФ "Редки метали" по добив на уран, през 1965-75 г. съвсем ограничено в КНИПИ "Нипроруда", по добив на мед и през периода 1973-95 г. в МГУ "Св. Иван Рилски", главно в обучението на инженери-геотехнолози (1982-95 г.).

Започна изграждането и развитието на принципно новото направление в минните науки – физико-химическата геотехнология (или просто геотехнология).

III. Физико-химическата геотехнология като наука

Днес, в началото на 1-ви век минната промишленост в света (и в България, разбира се) е в своеобразно кризисно състояние на конвенционалния подземен и открит добив на твърди полезни изкопаеми.

От една страна потреблението на полезни изкопаеми непрекъснато нараства. От друга страна конвенционалния добив на твърди полезни изкопаеми се извършва (преобладаващо) от все по-бедни находища и при все по-сложни геолого-хидрогеоложки и минно-технически условия, с нарастваща себестойност и утежняващи се трудови условия на миньорите.

От трета страна минните науки и техника за конвенционален подземен и открит добив, въпреки изключително високото си ниво, все по-ограничено могат да осигуряват изискванията за рационално разработване, рентабилност (възможно по-висока печалба?) и особено важно – за осигуряване високите изисквания за опазване на ПСВ и безопасност на живота на хората.

Преодоляването (изходът) от това крупно-мащабно кризисно състояние при усвояване на подземните богатства изискваше принципно нови начини на разработване на находищата на полезни изкопаеми, т.е. доведе до зараждането и развитието през II-та половина на 20-ти век до настоящата научно-техническа революция в минното дело – до геотехнологичния добив на твърди полезни изкопаеми "in situ" с 2-5 пъти по-висока икономическа ефективност, екологична безопасност, усвояване на все по-бедни и в сложни условия на залягане находища.

Физико-химическата геотехнология вече е утвърдена нова минна наука! Тя изучава условията, процесите, техническите средства и начини (системи) на разработване на твърди полезни изкопаеми за привеждането им в подвижно състояние и добив на флуиди "in situ" чрез масообменни химически, физически, физико-химически, топлинни и хидродинамични процеси в комплексна зависимост от минералогочни, геоложки, хидроложки и минно-технически фактори, при непрекъснато иновационно развитие на научно-техническите задачи за разширяване и усъвършенстване на геотехнологичния добив.

Геотехнологията има интердисциплинарен характер [2]. Защото нейните методи за изследване и създаване на технологии за добив на флуиди от полезни изкопаеми и на технологии за тяхната преработка до стокови продукти "in situ" съдържат теоретични и приложни знания от много други науки, органично "вплетени" в геотехнологията:

- геоложки (минералогия и петрография, геоморфология, седиментология, проучване, хидрогеология, геофизика, сондиране и др.);
- химически науки (органична и неорганична, физикохимия, аналитична);

- физически науки (електрично и микровълново поле, електротехника, автоматика, механика, газо- и хидродинамика) и др.;
- биологични науки (микробиология, генетика и селекция на микроорганизми, биохимия) и др.;
- аграрни (обработваеми и горски земи и почви, рекултивация, растителна защита и др.);
- минни науки за конвенционален подземен и открит добив (прокарване на минни изработки, пробиване и съоръжаване на технологични сондажи, взривни работи, механика на скалите, скален натиск, устойчивост на откоси, минни машини, минна електротехника и автоматизация, руднична вентилация и техническа безопасност, рудничен водоотлив, минна икономика и др.);
- науки за екологията (опазване и възстановяване на земната повърхност, опазване на повърхностните и подземни води, рециклиране и оползотворяване на техногенни твърди и течни отпадъци, мониторинг и др.);

Основните съставни части на Геотехнологията и тяхното съдържание са представени в таблица 1.

Таблица 1

Основни части (раздели)	Съдържание
Учение за минната среда (геотехнологични обекти)	Характеристика на минната среда (обекта), полезното изкопаемо, скалния масив. Методи и средства за геотехнологични изследвания и оценка на обекта. Микробиологични въздействия Физико-геоложки условия на залягане и фактори за геотехнологично разработване на обекта.
Физико-химични основи на въздействие на минната среда (обекта)	Основи на учението за химически и физически превръщания при взаимодействие на работните агенти с обекта. Теория на процесите на движение на работни и продуктивни флуиди в находището (техногенния обект). Технологични основи на процесите и техническите системи за добив на продуктивни флуиди. Технологични основи на процесите и техническите системи за преработка на продуктивни флуиди.
Учение за физико-химическите методи на геотехнологията	Теория на проектирането на геотехнологични предприятия за находища и техногенни обекти. Разкриване и подготовка на находищата. Подготовка на техногенните обекти. Системи на разработване. Средства за добив и управление. Икономически, екологични и социални аспекти на геотехнологията.

Обектите (минната среда) са находищата на твърди полезни изкопаеми и техногенните суровини от минната, металургичната, химическата и други промишлени отрасли.

Главната дългосрочна цел на геотехнологичната наука е непрекъснато усъвършенстване на съществуващите геотехнологични методи и създаване на нови за постепенно разширяване на мащабите и усвояване на все повече видове твърди полезни изкопаеми.

За поетапно реализиране на главната цел през 21-ви век е необходимо комплексно развитие на теорията на физико-химическата геотехнология, която да обхваща нови идеи и иновационни задачи за изясняване механизмите и закономерностите на геотехнологичните масообменни процеси и техническите системи

Системно и целенасочено геотехнологията се развива след II Световна война главно и водещо в САЩ и Русия. В САЩ центърът за това развитие е Масачузетския технологичен институт с участието на множество научни центрове и лаборатории в други университети и минни корпорации в редица щати. От 1977 г. се издава геотехнологичното списание “In Situ”. Обучението на инженери-геотехнолози и докторанти се изпълнява по заявки от корпорациите с техни средства.

В Русия, в началото на 60-те години в Института по минно дело при АН-СССР се създава направлението “Физико-химически методи за добив на полезни изкопаеми” и в Московския минен институт – катедра с учебни дисциплини в това направление за специалност “Разработване на полезни изкопаеми”. През 1971 г. в Московския геологопроучвателен институт се открива специалност “Геотехнология на рудите” за редовно и задочно обучение на минни инженери-геотехнолози за добива на уран, редки и благородни метали по новата технология. От 2003 г. в Москва е създадена Руска Академия на естествените науки. Към нея работи Институт по геотехнология в целия й обхват.

След войната започнаха и се развиват геотехнологични изследвания и в редица други страни: ФР Германия, Англия, Франция, Чехословакия, Полша, България, Италия, Унгария, Китай, Канада и др. страни – ограничена само по отделни видове полезни изкопаеми.

IV. Главни насоки за развитие на Геотехнологията в бъдеще

Обектите за изследвания, опитно-промишлени работи и внедряване на ГТД на нови видове полезни изкопаеми са, както следва:

1) Подземно разтваряне на находища на бишофит, глауберови соли, сода.
2) Подземно излужване на находища на манган, сулфидни руди на мед, олово, цинк, никел, на руди с титан, живак, редки и разсеяни метали, на редкоземни елементи.
3) Подземна газификация на въглища и въглищни шисти, тежък битум.
4) Сондажен хидродобив на уранови руди, въглища, боксити, разсипи на злато, диаманти, фосфорити и др.
5) Рудничен хидродобив на въглища, железни руди и др.
6) Сондажен добив на земна топлина от земната кора на дълбочина до 3000-5000 m.
7) Добив (оползотворяване) на метали от твърди техногенни суровини от рудата и металургичната промишленост с главна цел тяхното екологично обезопасяване.
8) Добив (оползотворяване) на метали от отпадни води от рудници, металургически и химически заводи

с главна цел тяхното очистване от тежки метали и сулфати до III-II категория.

За България през близките години и в перспектива до 2040-60 година – актуални са обектите и задачите в т.т. 2, 3, 6, 7 и 8.

Приоритетни са задачите за възстановяване на геотехнологичния добив на уран, вероятно през 2014-2015 г. (вж. М.Д., 1, 2009).

Другите приоритетни и особено важни задачи е да започне изграждането на "Комплексна лаборатория за геотехнологични изследвания" и обучението на инженер-геолози в Минно-геоложкия университет "Св.Иван Рилски".

Постановка за други актуални задачи:

1) Повишаване на технико-икономическата ефективност на сондажния разсолодобив в находище "Мирово" (Фирма "Провадсол" АД):

- Внедряване на съоръжения и технология за електромагнитна интензификация на солодобива в подземните добивни камери.
- Геомеханична оценка и технико-икономическа обосновка на нови варианти на камерно-стълбовата система на разработване (със запълване, сдвоени камери и др.) с цел намаляване размерите на междукамерните целици и увеличаване степента на извличане на запасите (от ~ 0,25 сега) до 0,35-0,45.

2) Усвояване на технологията за подземна газификация на въглищни пластове и въглищни шисти:

- Лабораторни изследвания за обосновка на технологията за газификация и добив на горивни газове от въглища и шисти.
- Технико-икономическо проучване и обосновка на възможностите за ефективна подземна газификация в Бобовдолския, Добруджанския и други басейни, и на въглищните шисти в югоизточна България.

Литература

Аренс, В. Ж. 1986. *Скважинная добыча полезных ископаемых.* М., Недра, 279 с.

Аренс, В. Ж. 2001. *Физико-химическая геотехнология.* М., 650 с.

Данов, В. 2006. *Нетрадиционни методи за добив на твърди полезни изкопаеми (Геотехнология).* МГУ "Св. Иван Рилски", 210 с.

Gardner, G., M. Ritcie. 1967. New method of uranium ore leaching in situ. E-M. J, 21 p.

Geotechnology. 1992. Conference in Massachusetts, 501 p.

Sullivan, J. 1983. *Chemical and Physical Features of Cooper Leaching*. M-M.E., 67 p.

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

ГОДИШНИК НА МИННО-ГЕОЛОЖКИЯ УНИВЕРСИТЕТ "СВ. ИВАН РИЛСКИ", Том 52, Св. II, Добив и преработка на минерални суровини, 2009
ANNUAL OF THE UNIVERSITY OF MINING AND GEOLOGY "ST. IVAN RILSKI", Vol. 52, Part II, Mining and Mineral processing, 2009

СЪСТОЯНИЕ НА ДОБИВА НА ЛИГНИТНИ ВЪГЛИЩА В БЪЛГАРИЯ И РУМЪНИЯ

Илиян Джобов

Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София, E-mail: idjobov@hotmail.com

РЕЗЮМЕ. Направен е кратък преглед на въгледобивната индустрия в България и Румъния. Сравнени са работните показатели на двете най-големи предприятия от бранша – мини "Марица Изток" АД и "Национално Лигнитно Дружество на Олтения". От извършения анализ се установи, че българското дружество има една трета по-висока производителност на човек от персонала по въглища в сравнение с румънското. Изветата откривка, падаща се на човек от персонала в НЛД на Олтения е с 8 % по-голяма от тази в мини "Марица Изток".

CONDITION OF LIGNITE COAL MINING IN BULGARIA AND ROMANIA

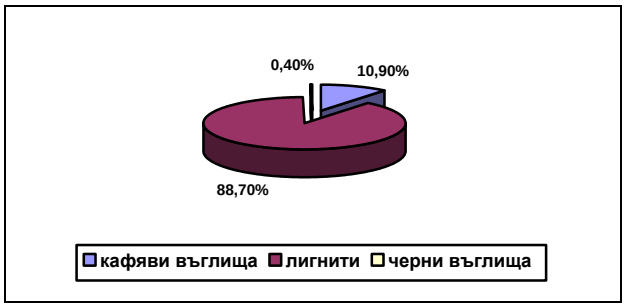
Ilian Djobov
University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, e-mail: idjobov@hotmail.com

ABSTRACT. It is made short review of coal mining industry in Bulgaria and Romania. The working indices of the biggest lignite mining companies in the branch (mini "Maritza Iztok" and National Lignite Society of Oltenia) are compared. It is found that the Bulgarian company has one third bigger lignite productivity per person than Romanian company. The NLS of Oltenia's overburden productivity per person is 8 % higher than that in "Maritza Iztok" respectively.

Въведение

България и Румъния се намират на Балканския полуостров в Югоизточна Европа. Двете страни са членове на Европейският съюз от 2007 г. Румъния притежава значителни запаси от нефт, природен газ и въглища. Това позволява страната да задоволява около 70 % от енергийните си нужди от собствени източници. В Румъния 63,4 % от електроенергията се произвежда от топлоелектрически централи, 11,6 % от АЕЦ и 25 % от ВЕЦ и възобновяеми източници (EURACOAL, 2007). Геоложките запаси на черни и лигнитни въглища са оценени съответно на 801 и 1364 мил. t.

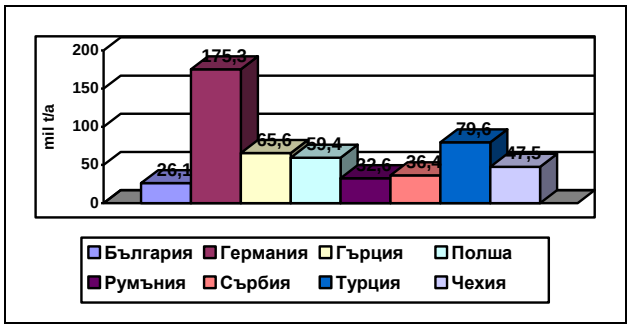
За разлика от северната си съседка, България разполага с ограничени запаси от изкопаеми горива. Основният енергиен източник използван в страната са въглищата. Геоложките им запаси, в работещите минни предприятия се оценяват на 3 милиярда t. От тях 88,7 % са лигнити, 10,9 % кафяви и 0,4 % черни въглища (фиг.1).



Фиг.1 Въглищни запаси в България

Според данни от Министерството на икономиката и енергетиката (Министерство на икономиката и енергетиката, 2007) 33,9 % от електроенергията в България се произвежда от АЕЦ "Козлодуй", 7,7 % от ВЕЦ и възобновяеми източници и 58,4 % от топлоелектрически централи. Около 96 % от изветите лигнити се изгарят в ТЕЦ (от тях се получава 42,8 % от общата електроенергия в страната), 3,2 % се използват за брикети, а 0,8 за други цели.

Горепосочените факти показват голямата зависимост на българската и румънската енергетика от въгледобивния отрасъл. През 2007 г. двете страни се нареждат на 7мо и 8мо място в Европа по производството на лигнити (фиг.2) (Brown, 2009; EURACOAL, 2007).



Фиг.2 Основни производители на въглища в Европа

1. Въгледобивна промишленост в Румъния

Черни въглища

Черни въглища се добиват в Румъния в областта Джиу Вали. Запасите са оценени на 801 мил. t (EURACOAL,

2007). Въглищата залягат в средна и голяма дълбочина при наличие на подземни води. Находището се разработва от "Националната компания за черни въглища" – гр. Петрошани, в която влизат седем рудника. През 2007 г. предприятието е добило 2,5 мил. t въглища. Основни потребители на продукцията са топлоелектрически централи, разположени в градовете Паросени и Минтиа. Производството на черни въглища се дотира от държавата, но правителството е поело ангажимент към ЕС да спре субсидирането на отрасъла през 2010 г.

Лигнитни въглища

Запасите на лигнитни въглища в Румъния се оценяват на 1364 мил. t [5]. Находищата се намират в южната част на страната. Добивът се извършва от две фирми: "Национално Лигнитно Дружество на Олтения" – гр. Търго Жио (НЛД на Олтения) и "Национално Въглищно Дружество" – гр. Плоещ (НВД). През 2004 г. е образувана нова компания, чрез обединяване на три от рудниците влизащи в НЛД на Олтения с три ТЕЦа. Новосъздадената фирма произвежда значителна част от въглищата в страната. Използваната механизация в НЛД на Олтения включва: роторни багери, гумено лентови транспортьори и насипообразуватели. Голяма част от въглищата произведени от рудниците на фирмата се транспортират до тецове в региона.

През 2007 г. добивът на лигнити достига 35,1 t., около 90 % от тях се извличат в откритите рудници: Ровинари, Росия, Пестеана, пиноаса, Мотру, Джилт, Бербешти и Мехединти.

Втората минна компания – НВД притежава седем малки открити рудника и и три подземни в югоизточната, централната и северозападната част на страната. Добитите лигнити се транспортират до топло-електрически централи в Бакау, Брашов и др.

2. Въгледобивна промишленост в България

Във въгледобивната промишленост на България работят около 13600 човека, 96 % от продукцията в отрасъла се добива по открит начин и 4 % по подземен (Катанска, 2009; EURACOAL, 2007).

Кафяви въглища

Находищата на кафяви въглища се намират в западната част на страната (Бобовдолски, Пернишки и Пирински въглищни басейни) и близо до Черно Море (Черноморски въглищен басеин). През 2008 г. в няколко малки подземни и открити рудници са добити 2,1 мил. t въглища. Почти всички минни предприятия са частни.

"Въгледобив Бобов Дол" ООД разработва най-голямото находище на кафяви въглища в страната. Запасите му са оценени на 160 мил. t. Във фирмата влизат два открити и един подземен рудник с обща производителност от 0,94 мил. t през 2008 г.

Лигнитни въглища

По-голямата част от запасите на лигнити се намират в централната (Източно-Маришки въглищен басеин) и западната част на страната (Софийски и Бобов Долски въглищни басейни). През 2008 г. в България са добити 26 мил. t. лигнити, а най-големият им производител е мини "Марица – Изток" ЕАД. В предприятието влизат 3 открити рудника, в които през 2008 г. са иззети 24.67 мил. t въглища и 92,8 мил. m^3 откривка. Мини "Марица – Изток" ЕАД разполага с високопроизводителна минна техника, включваща верижни многокофови и роторни багери, гумено лентов транспорт и насипообразуватели. Изземтите въглища се изгарят в три близкоразположени ТЕЦа.

Мина "Бели Бряг" АД, мина "Чукурово" АД и мина "Станянци" АД са частни компании за добив на въглища в Софийския въглищен басеин. Общата им производителност през 2008 г. е била 1,37 мил. t. Обобщените показатели за въгледобивната промишленост в България и Румъния са представени в таблица 1 (EURACOAL, 2007).

Таблица 1. Показатели за въгледобивната промишленост в България и Румъния (Източник EURACOAL)

Показател	Мярка	Страна	
		България	Румъния
Население	мил.	7,6	21,6
Геоложки запаси от лигнитни въглища Геоложки запаси от кафяви и черни въглища	мил. t	3710 706 (кафяви)	3538 937 (черни)
Годишен добив на лигнитни въглища Годишен добив на кафяви и черни въглища Общ добив	мил. t	26 2,1 (кафяви) 28,1	35,1 2,5 (черни) 37,6
Лигнитни въглища: калоричност пепелно съдържание влага съдържание на сяра	kJ/kg	6700	7000 ÷ 8550
	%	24 ÷ 48 23 ÷ 56 0,9 ÷ 7	30,1 ÷ 40,2 40 ÷ 43 1,2
Произведена електроенергия от лигнитни въглища	TWh	16,2	21,2
Процентен дял от цялата произведената електроенергия	%	37,1	36,1
Добив на въглища на човек от населението	t/човек	3,7	1,74

Анализът на данните поместени в таблица 1 показва, че геоложките запаси от въглища и качествените им показатели в България и Румъния са сходни. Процентният дял на произведената електроенергия, чрез изгаряне на въглища от общата е почти еднаква в двете страни – между 36 и 37 %. Това потвърждава, че енергетиката в двете държави е еднакво зависими от добива на въглища. В България обаче е постигната двойно по-голяма производителност на човек от населението в сравнение с Румъния.

3. Сравнение на показателите постигнати при добива на лигнитни въглища в двете страни

За оценка на работата в откритите рудници за добив на лигнитни въглища се сравняват показателите на най-големите български и румънски минни предприятия в отрасъла през 2007 г. Това са съответно мини "Марица изток" АД и "Национално Лигнитно Дружество на Олтения" (таблици 2 и 3) [Катанска, 2009; Мини Марица Изток АД, 2008; National society of lignite – Oltenia. 2007). В изследването не са отчетени показателите на подземните рудници, влизащи в състава на НЛД на Олтения.

Таблица 2. Технически показатели на рудниците в "Национално Лигнитно Дружество на Олтения"

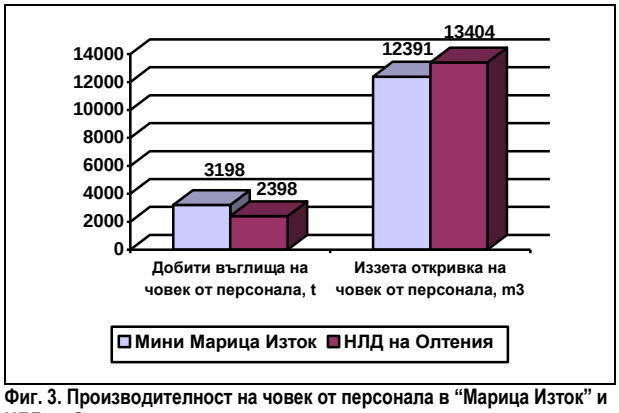
Показател	Мярка	НЛД на Олтения	Открит рудник					
			Рови-нари	Росия	Мотру	Джилт	Бер-бешти	Хъшни-чиора
Промишлени запаси	мил. t	-	180	110	100	100	60	26
Годишна производителност по въглища	мил. t/год.	31,4	8	6,9	5	7	2	2,5
Годишна производителност по откривка	мил. m/год.	175,5	42	40	22	45	14	12,5
Усреднен коефициент на откривка	m^3/t	5,59	5,3	5,8	4,6	6,5	6,7	5
Персонал	бр.	13093	3030	2951	2301	2349	1793	669
Добити въглища на човек от персонала	t/чов.	2398	2640	2338	2173	2980	1115	3737
Иззета откривка на човек от персонала	m^3/чов.	13404	13993	13555	9996	19370	7474	18685

Таблица 3. Технически показатели на рудниците в мини "Марица изток" АД

Показател	Мярка	Мини Марица Изток	Открит рудник		
			Трояново 1	Трояново 2	Трояново 3
Геоложки запаси	мил. t	-	590	1067	464
Год. производителност по въглища	мил. t/год.	23,94	8,6	8,18	7,16
Год. производителност по откривка	мил. m^3/год.	92,76	23,39	33,25	36,12
Усреднен коефициент на откривка	m^3/t	3,87	2,72	4,06	5,04
Персонал	бр.	7486	2300	2900	2100
Добити въглища на човек от персонала	t/чов.	3198	3739	2821	3410
Иззета откривка на човек от персонала	m^3/чов.	12391	10170	11466	17200

Анализът на данните поместени в таблици 2 и 3 показва, че през 2007 г. в мини "Марица Изток" най-много въглища са добити в рудник "Трояново 1" – 8,6 мил. t, а максимален обем откривка е иззета в рудник "Трояново 3" - 36,12 мил. m^3. Усреднениятъ коефициент на откривка за мини "Марица изток" АД е 3,87 m^3/t. В Румъния през същия период най-много въглища са добити в рудник "Ровинари" – 8 мил. t, а максимален обем откривка е иззета в рудник "Джилт" – 45 мил.m^3. Усреднениятъ коефициент на откривка за "Национално Лигнитно Дружество на Олтения" е 5,59 m^3/t. Сравнението показва, че постигнатата максимална годишна производителност по въглища в румънските и българските открити рудници е близка по стойност. По-различни са показателите на двете минни предприя при изземването на откривка. Годишната производителност на рудник "Трояново 3" е около 25 % по-ниска от постигнатата в рудник "Джилт". Това се дължи на различните геоложки условия в минните предприятия.

Въз основа на данните в таблици 2 и 3 се установи, че постигнатата в мини "Марица Изток" производителност на човек от персонала по въглища е с над 30 % по висока от тази в "Национално Лигнитно Дружество на Олтения" (фиг.3). По-различно стои въпроса с изземването на минна маса в двете предприятия. Производителността на човек от персонала по откривка в "НЛД" на Олтения е с 8 % по-висока от тази в "Марица Изток". Причина за това е недостатъчното натоварване на механизацията, работеща по откривка в рудниците на мини "Марица Изток" АД.



Фиг. 3. Производителност на човек от персонала в "Марица Изток" и НЛД на Олтения

Заключение

Извършеният анализ показа, че българската и румънската енергетика са еднакво зависими от добива на въглища. През 2008 г. в България са произведени 26 мил. t лигнити, а в Румъния 35,1 мил. t. Разработваните лигнитни

находища в двете страни са със сходни показатели. Най – голямото въглищно предприятия в България е мини "Марица Изток" АД, а в Румъния "Национално Лигнитно Дружество на Олтения". В двете фирми влизат по няколко открити рудника, които дават над 90 % от общия добив на лигнити в съответната страна. Сравняването на работните им показатели показа, че българското дружество има една трета по-висока производителност на човек от персонала по въглища в сравнение с румънското. Иззетата откривка, падаща се на човек от персонала в НЛД на Олтения е с 8% по-голяма от тази в мини "Марица Изток".

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

Литература

Катанска, Ц., 2009. Производството на въглища нараства. *Добивна индустрия,* 18 – 19

Мини Марица Изток АД. 2008. www.marica-iztok.com., *Годишен Отчет*

Министерство на икономиката и енергетиката. 2007. www.mi.government.bg., *Енергиен микс 2007 г.,* 3

Brown, T. & Co, 2009. World Mineral Production 2003-2007, *British Geological Survey*, Keyworth, Nottingham, 21 – 23

EURACOAL. 2007. Bulgaria & Romania, www.euracoal.be., *EU Statistics*

National society of lignite – Oltenia. 2007. www.cnlo.ro., Annual report

ГОДИШНИК НА МИННО-ГЕОЛОЖКИЯ УНИВЕРСИТЕТ "СВ. ИВАН РИЛСКИ", Том 52, Св. II, Добив и преработка на минерални суровини, 2009
ANNUAL OF THE UNIVERSITY OF MINING AND GEOLOGY "ST. IVAN RILSKI", Vol. 52, Part II, Mining and Mineral processing, 2009

СЪВРЕМЕННИ СИСТЕМИ ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА МИННО-ТРАНСПОРТНИ КОМПЛЕКСИ В ОТКРИТИ РУДНИЦИ

Георги Константинов

Минно – геоложки университет "Св.Иван Рилски", София, България

РЕЗЮМЕ. Описват се съвременните системи за управление на минно-транспортни комплекси в откритите рудници. Дават се някои техни функции на изпълнение. Посочват се възможностите за автоматизиране на работни места.

MODERN SYSTEMS FOR CONTROL OF MINING-TRANSPORT COMPLEXES IN OPEN CAST MINES

Georgy Konstantinov

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

ABSTRACT. The modern systems for control of mining-transport complexes in open cast mines are described. Some of their performance functions are given. The possibilities of automation of the workstations are pointed out.

1. Общи положения

Системите за управление на минно-транспортни комплекси започват да се използват в откритите рудници през последното десетилетие на миналия век. Развитието и внедряването на информационните технологии за планиране и управление на производството се стимулира от намаляването на цените на металите през този период. Резултатът е – икономически спад в миннодобивния отрасъл.

Основните цели при внедряването на тези технологии са:

• повишаване на ефективността в работата на минното предприятие за сметка на подобряване организацията на производството;

• оптимизация при развитието на минните работи;

• намаляване на разходите и загубите на всички етапи от технологичните процеси.

Окончателният резултат е намаляване на себестойността на крайната продукция.

В началото на 90-те години и по-точно след операцията "Пустинна буря", разработените за военни цели системи за глобално позициониране при определяне на координатите и скоростите на движещи се обекти, стават достъпни за граждански нужди. Минната промишленост е една от първите, която ефективно използва навигационните технологии за задачите на мониторинга и диспечеризацията на мобилното оборудване в откритите рудници. Внедряването на системите за управление на минно-транспортни комплекси (МТК) дава възможност на минните компании да повишат с 10 – 15% общата производителност на производството си [2]. По такъв начин, до известна степен се намалява икономическия спад в минните предприятия.

Първоначално системите за управление на МТК се появяват в САЩ (компанията "Modular"), Канада ("Wenco") и Австралия ("Micro Mine"), а по-късно и в Русия ("КАРЬЕР" – разработка на компанията "ВИСТ Групп"). Наша национална гордост е българската система за управление на транспорта Skylinks на фирмата НОАК ЕООД, която успешно премина изпитания в рудник "Асарел – Медет". Същата сега се използва в рудник "Елаците". Характерно за всички системи за управление на МТК е че се използва глобална система за спътниково позициониране. (GPS – Global Positioning System).

2. Същност

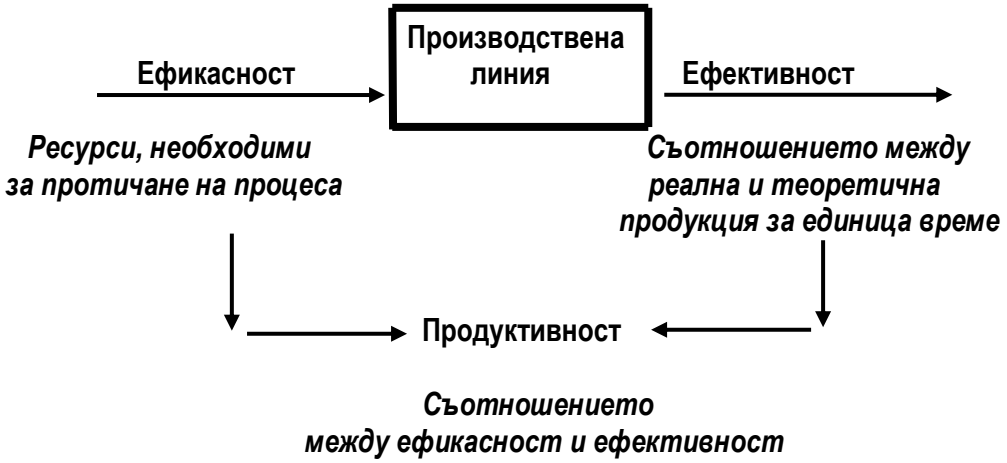
За оценяване и анализиране на успешното внедряване на системите за управление на МТК в открити рудници е важно да се изясни връзката между ефикасност, ефективност и производителност. Според Арно Кох [1]:

- **ефикасността** се определя от времето, парите и ресурсите (материали, човековреме и др.) необходими за постигането на определени резултати. За да изпълним дневната си норма, ние ангажираме определени машини, които от своя страна използват енергия, материали и изискват вниманието на оператори или поддръжка. Например, ако имаме възможност да изработим определената за деня продукция с по-малко ресурси и оператори, ние ще имаме по-голяма ефикасност;

- **ефективността** се дефинира като отношение между това колко една производствена линия или процес

произвежда реално и колко може да произведе максимално. Затова ефективността не ни говори нищо относно ефикасността – сборът от необходимите ресурси за единица продукция. Ако успяваме да произведем повече добри продукти за определен период от време, ефективността ни ще се увеличи;

- **продуктивността** се дефинира като отношение на получената продукция (ефективност) и вложените ресурси за постигане на резултата (ефикасност). С други думи, ако ние можем да реализираме повече с по-малко ресурси, то продуктивността ще се увеличи (фиг.1).



Фиг. 1. Връзката между ефикасност, ефективност и продуктивност

Wenco International Mining System Ltd разработва автоматизирани системи за управление (АСУ) на открити рудници от 1983 г. [2]. Понастоящем компанията е призната за световен лидер в разработването и внедряването на компютърни системи за мониторинг и управление на минно и транспортно оборудване в открити рудници на базата на GPS технологии. Централният офис на Wenco се намира във Ванкувър, Канада.

"Wenco" има клиенти в 12 държави, от 5 континента, от открити рудници добиващи повече от 10 вида минерални суровини. Системите са на няколко езика, включително: английски, испански, френски и руски.

Системите са внедрени в следните открити рудници за добив на желязна руда:

• USX Corporation, United States Steel, Mining Mine, USA;
• Evtac Mines, Thunderbird Mine, Eveleth, Minnesota, USA
• Quebec Cartier Mining Co., Mont Wright Mine, Fermont, Quebec, Canada;
• Wabush Mines, Sculley Mine, Wabush, Labrador, Newfoundland, Canada.

През 2000 г. е била внедрена АСУ Wenco в откритие рудник за добив на злато "Кумтор" в Киргизстан, през 2003 г. – в откритие рудник за мед "Нурказган". През 2004 г. е реализиран проект по създаването на АСУ Wenco в откритие рудник за добив на диаманти "Юбилейный" АК "АЛРОСА" в Република Саха – Якутия. Системата в откритие рудник "Юбилейный" обхваща повече от 80 бр. багери, товарачи, автосамосвали, сонди от различни модели и производители. Системата е била разработена и доставена за 4 месеца. През следващите 4 месеца е била инсталирана, а персоналът – обучен.

Системата изпълнява следните функции:
• управление на багерно-автомобилния комплекс;
• автоматизирано събиране на информацията в режим на реално време;
• управление на оборудването в режим на реално време;
• автоматизирано диспечерско управление;
• управление на качеството на рудата;
• поддържане на ситуационен план на откритие рудник в реално време (Mine View);
• контрол за спазване маршрутите на движение и разтоварните пунктове;
• контрол за скоростите на движение на автосамосвалите;
• мониторинг върху работата на двигателите на автосамосвалите;
• мониторинг върху зареждането и разхода на гориво на автосамосвалите;
• контрол върху натоварването на автосамосвалите;
• контрол върху възможността за кражба на гориво.

Системата позволява да се автоматизират следните работни места:
• началник смяна на рудоуправлението;
• производствен отдел
• мониторинг за експлоатацията на гумите.
• ръководител на рудоуправлението;
• бюро ПВР;
• началник на смяна на сондажния участък;
• началник на смяна, диспечер на цеха за технологичен автотранспорт;
• отдел експлоатация на цеха за технологичен транспорт;
• маркшайдер;
• геоложки отдел на цеха за геологопроучвателни работи в откритие рудник;
• производствен отдел на предприятието;
• директор по производството;
• технически директор.

По искане на потребителя към този списък може да се добавят и допълнителни работни места. Обикновено средният срок за реализация на проекта на системата Wenco за голям открит рудник е 36 седмици.

Гаранционните задължения на компанията към клиента са до 1 година от момента на влизане в експлоатация. Цената за реализация на проекта на подобни системи е от 1,5 ÷ 2,5 млн. долара.

3. Заключение

А) Внедряването на съвременни АСУ на МТК е важна предпоставка за намаляване себестойността на крайната продукция в откритите рудници. Тази задача е особено актуална в условията на ниски цени на металите на Лондонската метална борса.

Б) С оглед разширяване на диапазона на внедряване, производителите на АСУ на МТК трябва да конструират по-евтини системи за нуждите на по-малките открити рудници и кариери.

Литература

Арно Кох OEE/Обща ефективност на оборудването, август 2003 г.

Трубецкой К.Н., Клебанов А.Ф., Владимиров Д.Я. Современные системы управления горно-транспортными комплексами. Санкт-Петербург, “Наука”, 2007.

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

ГОДИШНИК НА МИННО-ГЕОЛОЖКИЯ УНИВЕРСИТЕТ "СВ. ИВАН РИЛСКИ", Том 52, Св. II, Добив и преработка на минерални суровини, 2009
ANNUAL OF THE UNIVERSITY OF MINING AND GEOLOGY "ST. IVAN RILSKI", Vol. 52, Part II, Mining and Mineral processing, 2009

НОВА ПРОБОВЗЕМАЩА СИСТЕМА И МЕТОДИКА ЗА КОНТРОЛ ВЪРХУ КАЧЕСТВОТО НА ВЪГЛИЩАТА В „МИНИ МАРИЦА ИЗТОК" ЕАД

Тенчо Кайряков[1], Павел Карачолов[2], Атанас Смилянов[3], Виолета Иванова[4]

[1,2] „Мини Марица изток" ЕАД, 6260 Раднево, E-mail: pavelk@marica-iztok.com
[3,4] Минно-геоложки университет "Св. Ив. Рилски, 1700 София, E-mail: wivanova@abv.bg

РЕЗЮМЕ. Представени са техническите изисквания към параметрите на предстоящата за изграждане нова пробовземаща система, за опробване на движещ се върху ВГТЛ поток от лигнитни въглища за новата ТЕЦ на АЕС – 3С Марица изток-1. Пробовземащата система ще бъде част от цялостната система за контрол на качеството на въглищната продукция на мините.

A NEW SAMPLING SYSTEM AND METHODS FOR COAL QUALITY CONTROL IN "MARITZA IZTOK" COMPLEX

Tencho Kajrjakov[1], Pavel Karacholov[2], Atanas Smiljanov[3], Violeta Ivanova[4]
[1,2] Maritza Iztok" EAD, Radnevo 6260, E-mail: pavelk@marica-iztok.com
[3,4] University of Mining and Geology "St.Ivan Rilski", Sofia 1700, E-mail: wivanova@abv.bg

ABSTRACT. The technical requirements for the new sampling system parameters are described in the paper. The system will be use for lignite coal sampling on the belt conveyor for the new power station in Maritza Iztok–1. The sampling system will be as a part of the integral system for coal quality control in the mines.

Въведение

Първата пробовземаща система за вземане на проби от движещ се поток е въведена в рудник „Трояново-3" в края на 80-те години на миналия век. Тя е разработка на колектив специалисти от рудника. Тази система не отговаря на изискванията на стандарт БДС-ISO 13909-2 относно времето за вземане на точковите проби и пресичането на целия въглищен поток.

Новите собственици на ТЕЦ "Марица изток-3" изискаха да се въведе пробовземаща система, която напълно да отговаря на изискванията на стандарта. Такава бе проектирана и изградена през декември 2008г. от БЕА – България с технологично оборудване на фирмата „Зиптехник".(Идеите и принципите й на действие са публикувани от Кайряков и др., 2009). С нея пробата се взема от движещия се поток от чуков делител и минава през двустепенно смилане в едновалкови мелници и съответно делене в турникетни делители след всяко смилане. Крайната проба е с големина на частиците 10 mm и тегло 10 kg за опробвана партида от 10000 t. Отбраната партидна проба се разделя ръчно. От нея се отделят три банки по 1 kg, които се изпращат в лабораториите на рудник „Трояново-3",ТЕЦ "Марица изток-3", а третата остава контролна.

Още при пускането й в действие се оказа, че в системата има редица проблеми, свързани главно с полепването на глинестата компонента на въглищата в мелниците и турникетните делители. За избягване на тези проблеми се наложи да бъде подменена едновалковата мелница – производство на „Зибтехник" – с двувалкова, разработена от специалисти в рудник „Трояново-3", а времето за вземане на точковите проби да се увеличи от 3 min и 8 s по стандарт на 5min.

След направата на тези преустройства системата бе тествана и показа добри резултати. Въпреки това в някои смени остава полепнал материал главно в турникетните делители, което се установява едва в края на смяната, след спиране на лентовата система.

В подписаното споразумение за доставка на въглища с бъдещия консуматор – „АЕС 3С Марица изток –1" също е заложено пробвземането на доставените въглища да се извършва в пробовземаща система, която напълно да отговаря на БДС – ISO 13909-2. С цел да се избегнат възникналите проблеми, главно с полепването в пробовземащата система на рудник „Трояново 3", бе направено задание с методика и принципна кинематична схема на пробовземаща система с едностепенно деление на пробата. Едностепенното деление налага в крайната фаза на сборната проба да се извърши ръчно деление. Количество на сменната проба, предвидено за ръчно деление е с тегло от 64,80 kg до 162 kg, в зависимост от големината на лота.

Едно такова деление в края на смяната няма да усложни особено работата на персонала, но ще облекчи пробовземащата система като цяло и ще увеличи нейната надеждност.

Работата по усъвършенстване на пробовземането в процеса на експлоатация на така предлаганата пробовземаща

система ще продължи до достигане на пълната степен на автоматизация и напълно автоматизираното деление до крайната фаза на сменната проба.

Както и при пробовземащата система на рудник „Трояново-3", времето за отбиране на точковите проби е предвидено да бъде 5 минути.

Предвижда се мястото на монтиране на пробовземащата система да бъде на шлеп-трегера на станция 2032, преди претоварач № 205. След изграждане на новия претоварен пункт по направление новата ТЕЦ на АЕС – 3С Марица изток-1, пробовземащата система се предвижда да се измести на задвижваща станция 2003. Затова е предвидено системата да бъде максимално лека за демонтиране и монтиране на новото си постоянно място.

Описание на новата пробовземаща система

Основни технологични параметри

Пробовземащата система с ръчно деление на крайната сменна проба е оразмерена при следните основни параметри:

- материал - лигнитни въглища от Източномаришкия въглищен басейн,
- влага на работно гориво на точковата проба: от 48% до 60%,
- пепелно съдържание на суха маса на точковата проба: от 16% до 60%,
- едрина на материала, транспортиран по лентата: от 0 до 150 mm,
- минимална часова производителност (мощност на потока): 400 t/h,
- максимална часова производителност (мощност на потока): 4000 t/h,
- средна часова производителност (мощност на потока): 2000 t/h,
- ширина на лентата: 1800 mm,
- минимална големина на сменната партида (минимален лот): 6000 t/см,
- максимална големина на сменната партида (максимален лот): 15000 t/см,
- средна големина на сменната партида (среден лот): 10000 t/см,
- околна температура на въздуха: от -15° до + 40° C (температура измерена на сянка).

Технически и технологични изисквания, заложени в пробовземащата система

Основните изисквания са:

- Вземането на проби от пробовземащата система да се извършва в съответствие с действащия стандарт БДС – ISO 13909-2, при интервал на вземане на точковите проби 5 min;
- Всички повърхности на детайли и елементи от пробовземащата система, които са в допир до въглищата да бъдат изработени, или облицовани от материали намаляващи до минимум полепването и не позволяващи задръстването на системата по време на работа;
- Да има лесен достъп за наблюдение и следене за полепване на въглищни частици по делители, ленти, мелници и др.;
- Да има контрол на теглото на всяка крайна точкова проба;
- За почистване от полепналия материал да се осигури възможност за спиране на ножовата мелница, без да се прекъсва работата на системата. Почистването да става ръчно, като се осигурят всички мерки за безопасност, в съответствие с наредбите и инструкциите по ТБ;
- Да бъдат изпълнени изискванията за пожаробезопасност за обект I-ва категория и изискванията за здравословни условия на труд в запрашена среда;
- Да се осигури бързо и лесно почистване на попадналия прах по повърхностите на съоръженията и вътрешността на сградата в края на всяка смяна;
- В проекта да се посочи необходимия персонал за обслужване на системата и необходимата му квалификация;
- Конструкцията на сградата, в която ще се поместват съоръженията да бъде изградена от лесно разглобяеми елементи, което да позволи монтажа й на ново място, преди претоварния пункт.

Елементи на пробовземащата система

Пробовземащата система е конструирана от следните елементи:

- метало-сигнализатор,
- двувалкова трошачка на магистралния въглищен ГТЛ (ВГТЛ),
- лентова везна с тензорни датчици или радиоизотопна везна,
- чуков пробовземач,
- лентов транспортьор – 1,
- двувалова мелница тип ММИ,
- лентов транспортьор – 2,
-чуков делител,
- междинен бункер с ръчно затваряща се клапа в долния край,
- хоризонтална ножова мелница тип ММИ,
- подвижен контейнер с вместимост 200 l за събиране на крайната партидна проба,
- електронна техническа везна с дисплей и връзка с управляващия компютър,
- контейнер за събиране на останалата част от пробата,
- управляващ компютър, софтуер и система за пренос на информацията до диспечерските пунктове на рудник „Трояново север", Централния диспечерски пункт (ЦДП) и ТЕЦ-1 нова,
- стационарен прахов аспиратор,
- система за автоматично измерване и известяване на запрашеността,
- лентов транспортьор – 4 („прашна лента").

Описание на работата на пробовземащата система

Местоположение на пробовземащата система

Предвижда се монтирането на системата да се извърши на площадката на претоварач (нов) 205, който ще претоварва въглищата от ВГТЛ 2032. На тази площадка пробовземащият пункт ще работи до направата на претоварния пункт на ВГТЛ по направление на ТЕЦ-1-нов на лента 2003. Това предполага системата да позволява лесен демонтаж и монтаж на новото й място.

Таблица 1. Тегло на пробите при различна моментна производителност

Количество на сменната партида [t]	Средна мощност на потока [t/h]					1000	Общо количество на крайната сменна проба [kg]
	Чисто работно време [h]	Брой точкови проби	Тегло на една проба [kg]	Общо количество на пробата [kg]	Тегло на точковата проба след: чуковия делител [kg]	ножовата мелица [kg]	
6000	6	72	23,85	1717,56	1,8	0,90	64,80
8000	8	96	23,85	2290,08	1,8	0,90	86,40
10000	10	120	23,85	2862,60	1,8	0,90	108,00
12000	12	144	23,85	3435,11	1,8	0,90	129,60
	Средна мощност на потока [t/h]					1500	
6000	4	48	35,78	1717,56	2,7	1,35	64,80
8000	5	64	35,78	2290,08	2,7	1,35	86,40
10000	7	80	35,78	2862,60	2,7	1,35	108,00
12000	8	96	35,78	3435,11	2,7	1,35	129,60
15000	10	120	35,78	4293,89	2,7	1,35	162,00
	Средна мощност на потока [t/h]					2000	
6000	3	36	47,71	1717,56	3,6	1,80	64,80
8000	4	48	47,71	2290,08	3,6	1,80	86,40
10000	5	60	47,71	2862,60	3,6	1,80	108,00
12000	6	72	47,71	3435,11	3,6	1,80	129,60
15000	7,5	90	47,71	4293,89	3,6	1,80	162,00
	Средна мощност на потока [t/h]					2500	
6000	2,4	29	59,64	1717,56	4,5	2,25	64,80
8000	3,2	38	59,64	2290,08	4,5	2,25	86,40
10000	4	48	59,64	2862,60	4,5	2,25	108,00
12000	4,8	58	59,64	3435,11	4,5	2,25	129,60
15000	6	72	59,64	4293,89	4,5	2,25	162,00
	Средна мощност на потока [t/h]					3000	
6000	2	24	71,56	1717,56	5,4	2,70	64,80
8000	2,67	32	71,56	2290,08	5,4	2,70	86,40
10000	3,33	40	71,56	2862,60	5,4	2,70	108,00
12000	4	48	71,56	3435,11	5,4	2,70	129,60
15000	5	60	71,56	4293,89	5,4	2,70	162,00
	Средна мощност на потока [t/h]					3500	
6000	1,71	21	83,49	1717,56	6,3	3,15	64,80
8000	2,29	27	83,49	2290,08	6,3	3,15	86,40
10000	2,86	34	83,49	2862,60	6,3	3,15	108,00
12000	3,43	41	83,49	3435,11	6,3	3,15	129,60
15000	4,29	51	83,49	4293,89	6,3	3,15	162,00
	Средна мощност на потока [t/h]					4000	
6000	1,5	18	95,42	1717,56	7,2	3,60	64,80
8000	2	24	95,42	2290,08	7,2	3,60	86,40
10000	2,5	30	95,42	2862,60	7,2	3,60	108,00
12000	3	36	95,42	3435,11	7,2	3,60	129,60
15000	3,75	45	95,42	4293,89	7,2	3,60	162,00

Извеждана информация от пробовземащата система

Пробовземащата система започва работа в началото на смяната, автоматично по сигнал от лентовата везна, и след като моментния товар на ВГТЛ надвиши 0.4 t/h. Тогава се задейства отброяването на времето от 5 min за задействане на чуковия пробовземач. В момента на включването на пробовземача се изписват на екрана на компютъра следните данни:

- рудник, смяна и дата,
- час на вземане на точковата проба,
- моментен товар на ВГТЛ,
- изчислено тегло на първичната точкова проба за съответния моментен товар,
- изчислено тегло на крайната точкова проба,

- измерено тегло с електронната техническа везна на точковата проба, попаднала в контейнера,
- разлика между изчисленото и измерено тегло на точковата проба.

Данните се подреждат в таблица за всяка точкова проба. Отразяват се също престоите и спиранията на ВГТЛ, или на пробовземащата система. Отразява се също и времето на спиране на ножовата мелница за почистване. Тази информация се изпраща в „он-лайн" режим до Диспечерски пункт, ЦДП и до ТЕЦ-1 нов.

В края на таблицата се отразяват още следните данни:
- общото количество на експедираната партида въглища по данните на лентовата везна,
- общото изчислено количество на взетите точкови проби от чуковия пробовземач,
- изчисленото тегло на партидната проба в контейнера,
- измереното тегло на партидната проба в контейнера,
- чистото работно време на ВГТЛ,
- чистото работно време на пробовземащата система,
- сумарните престои на ВГТЛ,
- сумарното време на престои на пробовземащата система,
- сумарното време за спиране на ножовата мелница за почистване.

Така съставената таблица се разпечатва на принтера на компютъра и се прилага към протокола за извършеното пробовземане за смяната.

При различна мощност на потока и при различни количества на сменната партида се получават следните количества точкови проби: след чуковия пробовземач, след чуковия делител и след ножовата мелница, които са дадени в таблица 1.

Получената от събирането и смесването на всички точкови проби за смяната - обща сменна проба се дели последователно до получаването на 3 бр. проби по 1 kg и предназначени за лабораторията на ММИ на АЕС и една контролна.

От данните в таблицата се вижда, че броят на точковите проби в повечето случаи е над 30, при което стандартната грешка при определяне на пепелното съдържание е до 1,00% и отговаря на изискванията на стандарта.

Установява се също, че от гледна точка на пробовземането оптималната големина на партидата е около 10000 t въглища за смяна, при средна мощност на потока около 1500 t/h, при което броят на точковите проби е 80, а чистото работно време на добива при тази производителност е 7h.

Изводи

1. Описаната пробовземаща система отговаря на действащите стандарти.
2. Тя е основа за изграждане на цялостна автоматизирана система за управление и контрол на качеството на въглищата.

Литература

1. БДС-ISO 13909-2.
2. Kairakov T., A. Smilianov, Damianov Tsv., V. Ivanova. *On the new principles for control of the quality of coal, mined at the Maritsa east deposit and supplied to the major consumers*. Annals of University "Constantin Brancusi" Turgu-Jiu, Romania ISSN 1842-4856, 2009.
3. Проекти за въвеждане на АСУКВ в рудниците на „Мини Марица-изток" ЕАД. Архив на „Мини Марица-изток" ЕАД. Раднево, 2008.

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

ГОДИШНИК НА МИННО-ГЕОЛОЖКИЯ УНИВЕРСИТЕТ "СВ. ИВАН РИЛСКИ", Том 52, Св. II, Добив и преработка на минерални суровини, 2009
ANNUAL OF THE UNIVERSITY OF MINING AND GEOLOGY "ST. IVAN RILSKI", Vol. 52, Part II, Mining and Mineral processing, 2009

ИЗБОР НА ОПТИМАЛНА СТРАТЕГИЯ ЗА ПОДНОВЯВАНЕ НА БУЛДОЗЕРЕН ПАРК

Евгения Александрова

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

РЕЗЮМЕ: Разработването на находища на полезни изкопаеми по открит начин неминуемо изисква освен прилагането на основна минна механизация (изкопно-товарна, транспортна и насипищна), но и на спомагателни машини като булдозери, грейдери, скрепери и др. Голям брой задачи в областта на минното дело успешно се решават с използване на стохастични модели, описващи случайните процеси (стационарни, марковски, полумарковски), като особен интерес представляват задачите, свързани с възстановяването (обновяването) на допълнителните средства. Такава задача е решена чрез прилагане на математичен модел за избор на оптимална стратегия за подновяване на булдозерния парк в условията на рудник "Трояново-север", мини "Марица-изток" ЕАД.

A STRATEGY OF OPTIMAL SELECTION FOR RENEWAL THE BULLDOZER FLEET

Eugenia Alexandrova
Mining and geology University "St. Ivan Rilski", 1700, Sofia

ABSTRACT: The open-pit mining of deposits requires not only basic mining equipment (excavating and loading, transporting and dumping) but auxiliary machinery such as bulldozers, scrapers etc. Some problems in mining field are solved successfully by using of stochastic models that describes casual processes. The major interest presents the problems connected with renew of the additional means. This type of problem is solved by using of mathematical model for optimal strategy selection for renewal a bulldozer fleet in open-pit "Troianovo-Nord" conditions (mines "Maritza Istok" AD).

Един от належащите проблеми в откритите рудници на Източномаришкия въглищен басейн е изготвянето на оптимална инвестиционна програма за поддържане и развитие на въгледобивната дейност.

Като правило, процесът на възстановяване се разглежда предимно за машинен парк, състоящ се от еднотипни машини (например, самосвали, булдозери, товарачи и др.), от които по-рано или по-късно някакъв брой спира (отказва) да работи, в резултат на неотстраним дефект, твърде дълъг период на работа, аварии, пълно износване и т.н. При това не е важно, коя именно машина се оказва неизправна, а от значение е колко машини ще се нуждаят от технически ремонт или обслужване и колко машини в продължение на определено време ще се наложи да се заменят с нови. Такива осреднени данни могат да се получат въз основа на наблюдения за съвкупност от еднотипни машини, а след това с някаква вероятност да се определи процеса на стареене и откази на изследваните машини.

За да се попълни с нови единици съвкупността от напускащите основни средства, без да се изменя нейния размер, е необходимо да се знае как ще протича процеса на обновяване (възстановяване). Ако износените в даден период от време основни средства се заменят с толкова на брой нови единици, то възстановяването се нарича *просто*, ако във всеки следващ период в съвкупността се въвеждат по-голям брой нови основни средства, отколкото са били напуснали, то следва да се говори за *разширено възстановяване*.

Много важна част от минната механизация е технологичната, състояща се от булдозери, турнодозери, челни товарачи, чистачни устройства, еднокофови багери. Тя осигурява по-добра и по-ефективна дейност на тежкото минно оборудване, като участва в подготовката на трасета, планировка и други. Воденето на минните работи и ритмичността на добива на въглища са немислими без надежден булдозерен парк.

Практическата ценност на теорията за обновяване на основните средства се изразява в използването освен на матрицата на преходната вероятност, но и матрицата на възнаграждение (печалба), зададена за различни решаващи правила (стратегии). Това позволява за който и да е период да се избере такава стратегия, която би могла максимално да се доближи към оптималната и се използва метода на Ховард (Кожневская, 1971).

Нека е известна съвкупност от единици от еднородни средства с възраст от 0 до T-1. Предполага се, че възрастта се взема в дискретни моменти от време и се измерва в някакви единици (години, месеци и т.н.). Съвкупността се разделя на групи в зависимост от възрастта като новите основни средства се отнасят към група 0, а прослужилите 1, 2, ..., T-1 периоди към съответните групи 1, 2, ..., T-1 групи. Очевидно е, че с течение на времето булдозерите преминават от една група в друга (като правило в следващата, но не винаги). Ако машините се намират във възрастова група T-1, то през следващия период те ще достигнат възраст T и трябва да бъдат възстановени, т.е. заменени с нови средства с възраст 0. Аналогично ще излязат от строя булдозери с

възраст j и замяната им с нови ще съответства на прехода от група j в група 0.

Всеки преход в група 0 е свързан с определени разходи за закупуване и въвеждане на нови машини, а преходът в ненулева група е свързан с разходи за ремонт и обслужване. Затова матрицата на вероятностния преход $P=\{p_{ij}\}$, (i, j=0, 1, 2, ..., T-1) от i-тата група в j-тата съответства матрица на печалбата (разходите) $R=\{r_{ij}\}$, (i, j=0, 1, 2, ..., T-1), елементите на която могат да бъдат положителни (стойност от продажбата на основни фондове) и отрицателни (разходи, свързани с ремонти).
Нека $v_i(1)$ е очакваната стойност на разходите, получени при изтичането на 1-ия период от време, при условие, че в началния момент единиците от основни средства се намират в i-тата група; $v_i(n)$ - общите разходи, получени при изтичане на n периода от изходния момент 0, ако в (n-1)-ия период единиците от основни средства са били в i-тата група.

Единица от основните средства (дадена машина - булдозер), която в началния момент се намира в i-тата група, може да премине в нулева група с вероятност p_{io}, което е свързано с разходи r_{io}; в първата група - с вероятност p_{i1} и разходи r_{i1}; в групата T-1 с вероятност $p_{i,T-1}$ и разходи $r_{i,T-1}$.

По този начин, очакваните разходи, свързани с напускане на един булдозер от i-тата група при изтичане на един период са:

$$v_i(1)=\sum_{j=0}^{T-1}p_{ij}r_{ij}=q_i \qquad (i=0,1,2,...,T-1) \tag{1}$$

Аналогично очакваната стойност на всички разходи при изтичане на n периода, ако през (n-1) -ия период машините са били в i-тата група се съставя:

$$v_1(n)=q_i+\beta\sum_{j=0}^{T-1}p_{ij}v_j(n-1) \qquad (i=0,1,2,...,T-1), \tag{2}$$

където: β *е коефициентът на преоценка* ($0\le\beta\le1$)*;*
$v_j(n-1)$ *- очакваните общи разходи при изтичане на n-1 период, ако в n-2-ия период машините са се намирали в j-тата група.*

С отчитането на β =1 възнаграждението (печалбата) за n периода ще бъде β^n единици и общите средни възнаграждения ще бъдат ограничени. Изборът на стойността на коефициента β е самостоятелна задача.

Уравнение (2) за i=0, 1, 2, ..., T-1 е система от рекурентни уравнения с първоначални условия $v_j(0)=0$ за j=0, 1, 2, ..., T-1.

Във векторна форма система (2) има вида:

$$v(n)=q+\beta Pv(n-1) \tag{3}$$

при начално условие v(0)=0.

В краен случай:

$$v_i=q_i+\beta\sum_{j=0}^{T-1}p_{ij}v_j \tag{4}$$

Използването на формули (2) и (4) позволява да се изчислят граничните разходи v_i (i=0, 1, 2, ..., T-1) при експлоатацията на булдозерите за продължителен период от време. Затова първоначално се определят предполагаемите разходи след един период от време (т.нар. преки разходи):

$$\begin{aligned}
&q_0=p_{00}r_{00}+p_{01}r_{01}+...+p_{0,T-1}r_{0,T-1};\\
&q_1=p_{10}r_{10}+p_{11}r_{11}+...+p_{1,T-1}r_{1,T-1};\\
&.....\\
&q_i=p_{i0}r_{i0}+p_{i1}r_{i1}+...+p_{i,T-1}r_{i,T-1};\\
&.....\\
&q_{T-1}=p_{T-1,0}r_{T-1,0}+p_{T-1,1}r_{T-1,1}+...+p_{T-1,T-1}r_{T-1,T-1},
\end{aligned} \tag{5}$$

където: q_0 *са очакваните разходи за експлоатация на нови машини през следващия период;*

q_i *- очакваните разходи за експлоатация на машини (с възраст i) през следващия (i+1) период.*

След това в резултат на решаване на системата от линейни уравнения се намират очакваните разходи за експлоатация на булдозерите в продължение на дълъг период от време:

$$\begin{aligned}
&v_0=q_0+\beta(p_{00}v_0+p_{01}v_1+...+p_{0,T-1}v_{T-1});\\
&v_1=q_1+\beta(p_{10}v_0+p_{11}v_1+...+p_{1,T-1}v_{T-1});\\
&.....\\
&v_i=q_i+\beta(p_{i0}v_0+p_{i1}v_1+...+p_{i,T-1}v_{T-1});\\
&.....\\
&v_{T-1}=q_{T-1}+\beta(p_{T-1,0}v_0+p_{T-1,1}v_1+...+p_{T-1,T-1}v_{T-1}).
\end{aligned} \tag{6}$$

Следва да се отбележи, че разгледаната матрица на вероятностен преход P в съчетание с матрицата R не позволява да се намесваме в процеса на функциониране на системата за обновяване на основните средства, тъй като дадения модел не предвижда избор, а само описва изменението на системата за n последователни периода като функция на изходното състояние v(0).

Нека процесът на функциониране на системата предполага наличието на няколко алтернативни правила, определящи поведението на системата при възможност за избор на решение. Естествено е, че тези решения определят елементите както на матрица с преходна вероятност P, така и на матрицата на разходите (възнаграждението или печалбата) R. По този начин за всяко k-решаващо правило се задава k матрицата P и R, т.е. $P^{(1)}$, $R^{(1)}$; $P^{(2)}$, $R^{(2)}$, ..., $P^{(k)}$, $R^{(k)}$, където горният индекс k показва поредния номер на решаващото правило. В този случай се появява възможност във всеки временен период да се избере най-доброто решение от k зададените, така че да се използва метода на целенасочения подбор.

В матричен вид посоченото оптимално решение се определя от уравнението:

$$v(n) = \max_k \left\{ q^{(k)} + \beta P^{(k)} v(n-1) \right\}, \qquad (7)$$

където по-рано изчислените стойности за v(n-1) се извършват по една n независима максимизация.

Изборът на оптимални от гледна точка на разходите решения (стратегии) по метода на Р.А.Ховард може да се приложи при теорията за обновяване на основните средства.

Нека в началото на всеки период n=1, 2, ... за всяка възрастова група от основни средства j=0, 1, ..., T-1 се допуска избор на едно от k решения (стратегии). При това за всяко решение зададената закономерност на преход на машини в друга група, се определя от матрицата на вероятностен преход $\{p_{ij}\}$ съвместно с матрицата на разходите $\{r_{ij}\}$ (i, j=0, 1, ..., T-1; k=1, 2, ...).

В началото на всеки период за всяка вероятностна група i е необходимо да се избере едно от k-то решение и да се фиксират очакваните разходи $v_i(n)$, а също така съответстващите им поредни номера на стратегиите d(n) (вектор на оптималните решения).

Първият етап на избор е произволен, но опитът показва, че в качеството на първо приближение за дадения i период е целесъобразно да се избере това от k решения, за което съответстващата му стойност $q_i^{(k)}$ е най-голямо. По формула (1) се изчислява k матрицата $P^{(k)}$, $R^{(k)}$, при което, стойностите на елементите на матрицата G от вида T x k:

$$G = \begin{bmatrix} q_0^{(1)} & q_0^{(2)} & \dots & q_0^{(k)} \\ q_1^{(1)} & q_1^{(2)} & \dots & q_1^{(k)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ q_i^{(1)} & q_i^{(2)} & \dots & q_i^{(k)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ q_{T-1}^{(1)} & q_{T-1}^{(2)} & \dots & q_{T-1}^{(k)} \end{bmatrix} \qquad (8)$$

Избира се от всеки i стълб максималната стойност q_i^* и се фиксират съответстващите им поредни номера на решенията k, определящи вектора от оптимални стратегии $d(1) = \{d_0(1), d_1(1), \dots, d_{T-1}(1)\}$. Едновременно за получаване на q_i^* се фиксират съответстващите им стойности за стълбовете p_{ij}^*.

След първия етап на решение d(1) има ред от T стойности, съдържащи различни комбинации от числа 1, 2, ..., k. Например за k=3 това може да бъде (1, 3, 3), или (3, 2, 1) или (3, 3, 3) и т.н.

През втория етап, съществуват за всяка стойност на i изчислителни стойности q_i^* и съответстващите им фиксирани стойности p_{ij}^* (j=0, 1, ..., T-1), т.е. i-ия стълб от единична матрица $P^{(1)}$, $P^{(2)}$, ..., $P^{(k)}$, след което се определя $v_i(1)$ като решение от система линейни уравнения:

$$v_i = q_i^* + \beta \sum_{j=0}^{T-1} p_{ij}^* v_j \qquad i = 0,1,\dots,T-1.$$

В резултат на решаване се получава: $v_0(1), v_1(1), \dots, v_{T-1}(1)$. През третия етап при дадени $v_j = v_i(1)$ се максимизират изразите за всяка стойност на i:

$$q_i^{(k)} + \beta \sum_{j=0}^{T-1} p_{ij}^{(k)} v_j \qquad i,j = 0,1,\dots,T-1, \qquad (9)$$

т.е. изчисляват се елементите на матрицата от вида Txk по формула (8) за i, j=0, 1, 2, ..., T-1 и във всеки ред i се избира максималната стойност, за която фиксираме p_{ij}^* и поредния номер на оптималното решение:

$$d(2) = \{d_0(2), d_1(2), \dots, d_{T-1}(2)\}.$$

По-нататък процесът за избор на оптимални решения се осъществява циклично: през четните етапи се изпълняват действията, както през втория етап, а през нечетните - както през третия етап.

Р.А.Ховард показва, че такъв процес съвпада, т.е. води до такава ситуация, когато две последователни комбинации от решения съвпадат, при което се получава най-доброто решение.

Реализацията на предложената методика за избор на оптимална стратегия за обновяване на булдозерния парк е въз основа на структуриране на използваните булдозери в рудник "Трояново-север", мини "Марица-изток" ЕАД. За единица възраст е приет период от 12 години за експлоатация, съответстващ на срока на служба на един булдозер преди извършването на капитален ремонт.

Задават се две решаващи правила (стратегии):

- k=1 - първа стратегия - прилага се правилото "не се заменят булдозерите до следващия период на експлоатация"; освен това са известни закономерностите на преминаване на булдозерите от една група в друга група, т.е. зададена е матрицата на вероятностния преход $P^{(1)}$ и матрицата на разходите $R^{(1)}$ (млн.лв.):

$$P^{(1)} = \begin{bmatrix} 0{,}55 & 0{,}45 & 0 & 0 & 0 \\ 0{,}0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0{,}6 & 0 & 0 & 0{,}4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R^{(1)} = \begin{bmatrix} -0{,}48 & -0{,}52 & 0 & 0 & 0 \\ -0{,}12 & 0 & -0{,}88 & 0 & 0 \\ -0{,}47 & 0 & 0 & -0{,}53 & 0 \\ -0{,}17 & 0 & 0 & 0 & -0{,}83 \\ -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

- k=2 - съответства на правилото " замяна на булдозер през всеки нов период". Задават се следните матрици:

$$P^{(2)} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \qquad R^{(2)} = \begin{bmatrix} -0{,}25 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -0{,}08 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -0{,}28 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -0{,}06 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -0{,}4 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Изборът на оптимална стратегия ще се основава при условие, че се използва коефициент на преоценяване β=0,5.

I етап: Използвайки формула (5) за всяка възрастова група i=0, 1, 2, 3 и 4 се изчисляват очакваните разходи $q^{(k)}$ след един период на експлоатация за първата и втората стратегия.

За k=1

$$q_o^{(1)} = 0{,}55.(-0{,}48) + 0{,}45.(-0{,}52) = -0{,}498$$
$$q_1^{(1)} = 0$$
$$q_2^{(1)} = 0{,}6.(-0{,}47) + 0{,}4.(-0{,}53) = -0{,}494$$
$$q_3^{(1)} = 0$$
$$q_4^{(1)} = -1$$

За k=2

$$q_o^{(2)} = 1.(-0{,}25) = -0{,}25$$
$$q_1^{(2)} = 1.(-0{,}08) = -0{,}08$$
$$q_2^{(2)} = 1.(-0{,}28) = -0{,}28$$
$$q_3^{(2)} = 1.(-0{,}06) = -0{,}06$$
$$q_4^{(2)} = 1.(-0{,}4) = -0{,}4$$

Сравняваме получените стойности за $q_i^{(k)}$ за всяка възрастова група и приемаме това решение, за което $q_i^{(k)}$ е по-голямо. В нулевата група (i=0) за k=1 $q_o^{(1)} = -0{,}498$, а за k=2 $q_o^{(2)} = -0{,}25$. Тъй като -0,25 > -0,498 се избира решение 2 (k=2), т.е. $d_0(1)$=2. За втората група $q_1^{(1)} = 0 > q_1^{(2)} = -0{,}08$, т.е. избира се решение $d_1(1)$=1 и т.н.

По този начин $q_0^* = -0{,}25; q_1^* = 0; q_2^* = -0{,}28;$ $q_3^* = 0;$ $q_4^* = -0{,}4$. Оптималното решение е:

$$d\begin{pmatrix} 2 \\ 1 \\ 2 \\ 1 \\ 2 \end{pmatrix} = (2,1,2,1,2).$$

II етап. Изчисляване на очакваните разходи $v_o(1)$, $v_1(1)$, $v_2(1)$, $v_3(1)$, $v_4(1)$ след първия период на експлоатация на булдозерите.

Необходимо е да се състави система от линейни уравнения (ф-ла 6) като се използват получените стойности за q_i^* и редовете от матрицата $p_{0j}^{(1)}, p_{1j}^{(1)}, p_{2j}^{(1)}, p_{3j}^{(1)}, p_{4j}^{(1)}$ (j=0, 1, 2, 3, 4) съответстващи на оптималното решение d(1)= $(2,1,2,1,2)$.

$$v_0(1) = -0{,}25 + 0{,}5v_0(1)$$
$$v_1(1) = 0$$
$$v_2(1) = -0{,}28 + 0{,}5v_0(1)$$
$$v_3(1) = 0$$
$$v_4(1) = -0{,}4 + 0{,}5v_0(1)$$

В резултат на решението се получава

$$v_0(1) = -0{,}5; v_1(1) = 0;\ v_2(1) = -0{,}56; v_3(1) = 0$$
и $v_4(1) = -1{,}6$.

III етап. Изчисляване на стойностите на $v_i(1)$ - представят се като за всяка i-та група максимизираме относително възможните решения за k=1 и k=2. За нулевата група се получава:

за k=1
$$-0{,}498 + 0{,}5\left[0{,}55.(-0{,}5) + 0{,}45.(0)\right] = -0{,}6355$$

за k=2
$$-0{,}25 + 0{,}5\left[1.(-0{,}5)\right] = -0{,}5$$

Следователно за нулевата група се избира второто решение (k=2), т.е. $d_0(2)$=2, тъй като -0,5>-0,6355.

За първата група:

за k=1
$$0 + 0{,}5\left[0.0 + 0.(-0{,}56)\right] = 0$$

за k=2
$$-0{,}08 + 0{,}5[1.0] = -0{,}08.$$

Следователно за първата група се избира първото решение (k=1), т.е. $d_1(2)$=1, тъй като 0>-0,08.

За втората група:
за k=1
$$-0{,}494 + 0{,}5\left[0{,}6.(-0{,}5) + 0{,}4.(-0{,}14)\right] = -0{,}672$$

за k=2
$$-0{,}28 + 0{,}5\left[1.(-0{,}5)\right] = -0{,}53$$

Следователно за втората група се избира второто решение (k=2), т.е. $d_2(2)$=2, тъй като -0,53>-0,672.

За третата група:

за k=1

$$0+0,5[0.0+0.0+0.0]=0$$

за k=2

$$-0,06+0,5[1.0]=-0,06\ .$$

Следователно за третата група се избира първото решение (k=1), т.е. $d_3(2)=1$, тъй като 0>-0,06.

За четвъртата група:

за k=1

$$-1+0,5[1.(-0,5)+0.(-0,14)]=-1,25$$

за k=2

$$-0,4+0,5[1.(-0,5)]=-0,65$$

Следователно за четвъртата група се избира второто решение (k=2), т.е. $d_4(2)=2$, тъй като -0,65>-1,25.

По този начин и през третия етап се получава същото оптимално решение както през първия етап, т.е. $d(2)=(2,1,2,1,2)$, поради което не се налага по-нататъшно прицизиране при избора на стратегия за обновяване на булдозерния парк.

Литература

Кожневская И. Теория обновления основных фондов и рекурентные уравнения. М., Статистика, 1971.

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

ГОДИШНИК НА МИННО-ГЕОЛОЖКИЯ УНИВЕРСИТЕТ "СВ. ИВАН РИЛСКИ", Том 52, Св. II, Добив и преработка на минерални суровини, 2009
ANNUAL OF THE UNIVERSITY OF MINING AND GEOLOGY "ST. IVAN RILSKI", Vol. 52, Part II, Mining and Mineral processing, 2009

КОМБИНИРАНА ТЕХНОЛОГИЯ НА ДОБИВ НА СКАЛНИ БЛОКОВЕ – ВЕРИЖНА КАМЕНОРЕЗНА МАШИНА С "ДИАМАНТЕНА" ВЪЖЕНА РЕЗАЧКА

Ивайло Копрев

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

РЕЗЮМЕ. С цел избягване недостатъците на класическите технологични схеми за добив на скални блокове в световната практика често се прибягва до комбинирани схеми, при които се използват предимствата на две и повече технологии за добив. Резултатът е понижена стойност на разрезите за добив на 1 m^3 скална маса.

MULTIPURPOSE TECHNOLOGIES FOR PRODUCTION STONE BLOCKS CHAIN SAW "DIAMOND" WERE

Ivaylo Koprev

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

ABSTRACT. The classic technology schemes for production stone blocks have some defects. To remove these shortcomings the world practice often run over to multipurpose schemes which give priority of two or more technologies for production. The result is low prime cost of 1 m3 mine mass.

Практиката е показала, че за кариера "Мура – север" най-подходяща е комбинираната технологична схема за добив на скални блокове - хоризонталните разрези се извършват с верижни каменорезни машини, а вертикалните разрези с "диамантени" въжени каменорезни машини, при константни дължина на работния блок – 7 m и широчина на работния блок – 1,7 m. Стойностите на дължината и широчината на работния блок са оптимизирани при изследването на класическите технологични схеми на добив на скални блокове – с верижни каменорезни машини и с "диамантени" въжени каменорезни машини.Изследва се различната височина на стъпалото в границите 2,5 ÷ 7 m. Целта е да се определи рационалната височина на добивното стъпало така че разходите за разрези необходими за добив на 1 m3 да са минимални.

Участък "Мура - север" се намира на 35 km северно от гр. Сандански и на 22 km северозападно от с. Струмяни. Най-близкото селище е с. Илинденци.

В геоложкият строеж на участъка вземат участие протерозойски скали от Горната пъстра свита Pt4 и свитата на масивните мрамори Pt5.

Мраморите имат ясно изразен пластов характер.

В участъка са установени две естествени декоративни разновидности на мрамори: бели – J1 и сиви - J2.

Белите мрамори J1 са дребнозърнести с масивна текстура и гранобластова структура, здрави. Разкриват се в западната част на кариерата по данни от сондаж № 4 с интервал от 28 - 43 m.

Сивите мрамори J2 определят основния облик на участъка. Те са дребно до среднозърнести. Текстурата е масивна, структурата гранобластова. Мраморите от тази марка са основните запаси в участъка.

Установени са първични и наложени структури, обуславящи монолитността на масива.

Първичните структури се изразяват с установени три системни пукнатини AB, AC и BC.

Размерите на кариера "Мура-Север" са приблизително И-З – 230 m, С-Ю – 100 m. Площта на находището е наклонена и запада на Ю – ЮЗ. В границите на концесията площта на участъка е 234,6 dka.

В района на "Мура – Север" мраморите имат ясно изразен моноклинален характер с ъгъл на западане ЗСЗ - 295˚ и ъгъл на разпространение 55 ÷ 80˚. Те попадат в относително спокойното западно бедро на Синанишката антиклинала.

По посока на западане мраморите се проследяват на разстояние 600 – 700 m и до 500 – 600 m по простирането им. Общата им дебелина е около 400 – 500 m. Така описаната площ е разделена по средата от разломна зона, която има посока ССИ и е с мощност 10 –15 m.

В резултат на извършените геоложки проучвания в находище "Илинденци" – за участък "Мура - Север", и извършеното през 1999 година преизчисляване на запасите в него, са утвърдени запаси от мрамор за добив на блокове с протокол НБ – 14/99 на МОСВ в промишлени категории 111 и 211, както следва:

Категория 111 – 741 500 m^3;
Категория 211 – 2 437 500 m^3.

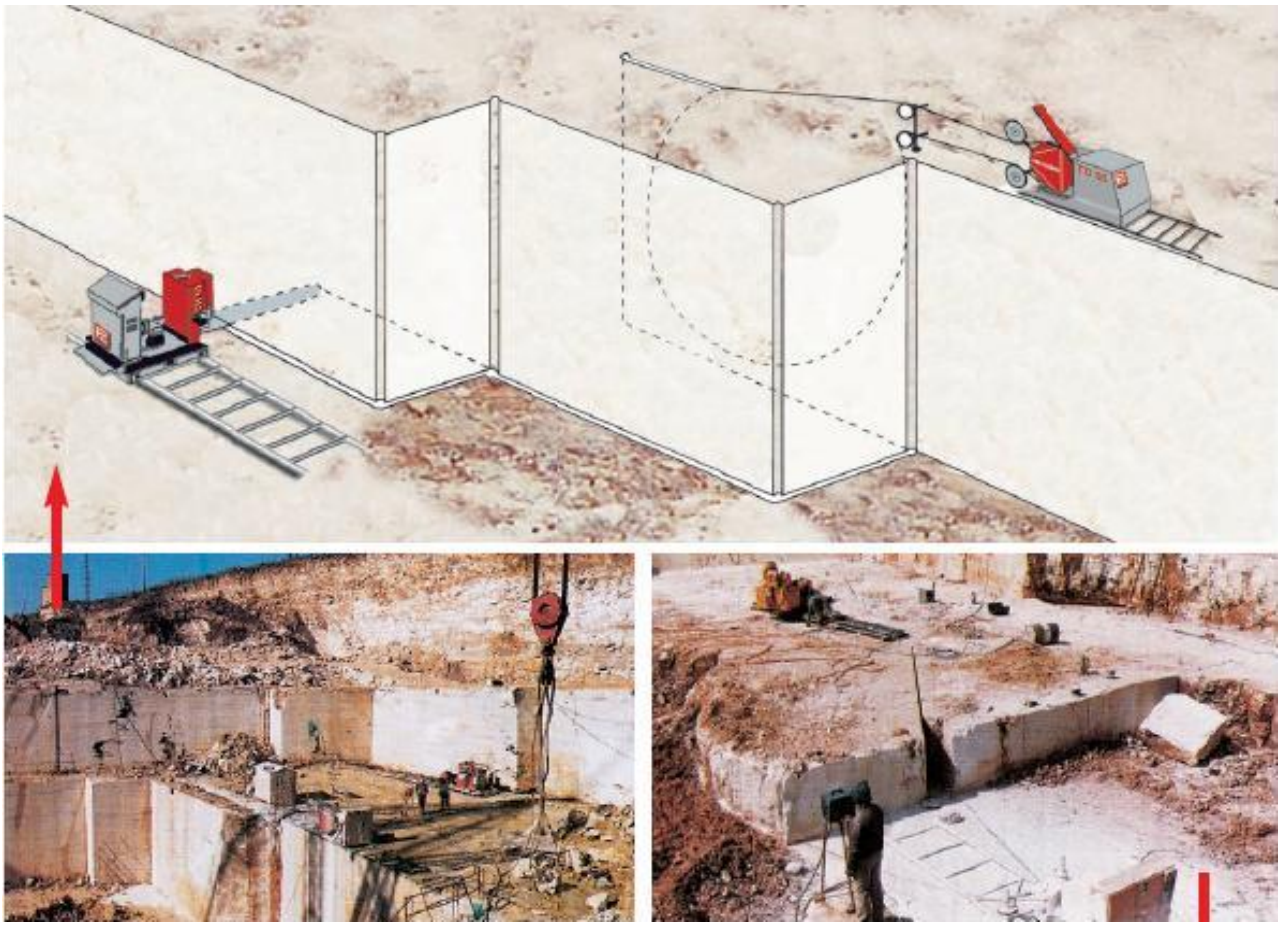
Параметрите на системата на разработване на кариерите за добиване на скални блокове при комбинираните технологични схеми зависят от конкретните минно – геоложки условия на даденото находище и прилаганите машини и съоръжения. При рационално съчетание комбинираните технологични схеми за добив на скални блокове са по-ефективни, тъй като позволяват да се приложи най-рационалната технология за разработване на дадено находище и за получаване на по-висок рандеман на скални блокове.

При комбинираните схеми с използване на каменорезни машини се подбират такива, които най-ефективно извършват хоризонтални и вертикални разрези. За извършване на вертикални разрези най-добри показатели се получават при верижните каменорезни машини. За извършване на вертикалните разрези най – подходящи са "диамантените" каменорезни машини. За условията на кариера "Мура – север" избираме следните машини:

За извършване на хоризонтални разрези - верижна каменорезна машина "Benetti" CSM 962 и вертикални разрези с "диамантена'' вързена каменорезна машина "Benetti VIP 920". Пробивните работи се извършват с пробивна сонда "Benetti PP 630" с диаметър 76 mm, с производителност 10 ÷ 12 m/h.

Технология на добив на скални блокове с верижна каменорезна машина и "диамантена" вързена каменорезна машина е следната:

Първо се извършва хоризонталния разрез с верижната каменорезна машина. След хоризонталния разрез сондата прокарва вертикален сондаж с диаметър dc = 76 mm и дължина на сондажа равна на височината на стъпалото (2,5 ÷ 7 m). Сондажите се прокарват на разстояние дължината на един добивен блок.след напредване на верижната каменорезна машина с разстояние равно на дължината на един добивен блок се извършват вертикални надлъжни разрези с "диамантена" вързена каменорезна машина, разположена на горната площадка. Вертикалните напречни разрези се извършват от същото работно положение на "диамантената" вързена каменорезна машина.



Фиг.1 Общ вид на комбинираната технология за добив верижна каменорезна машина – "диамантена" вързена резачка

Отделянето на добития скален блок от скалния масив се осъществява с челен товарач КАТЕРПИЛАР. За запазване целостта под него се поставя достатъчно количество земна маса.

Разделянето на добитите блокове на стандартни блокове се осъществява, чрез "диамантени" вързени резачки, при което се получават 6 гладки повърхности.

Изследването на ефективността на комбинираната технологична схема за добива на скални блокове се прави при следните параметри дадени в табл. 1.

Общата стойност на разрезите за добиване на 1 m^3 скална маса от едно работно стъпало (работен блок) при комбинирана технологична схема:

$$C_{об.въж.} = t_{обвж}\frac{P_{мсм}}{T_{см}} + C_{пр} = \left(\frac{1}{hQ_{чх}} + \frac{1}{l_{бл}Q_{чв}} + \frac{1}{bQ_{чвн}}\right)\frac{P_{мсм}}{T_{см}} + \left[\frac{N_c.l_c}{V_{ск.м}}\left(\frac{P_{мсмсон}}{Q_{см}} + \frac{C_{дл}}{l_{дл}}\right)\right], \text{ лв/m}^3,$$

където:
$Q_{чв}$, $Q_{чвн}$ – часови производителности на въжената каменорезна машина при извършване на напречни и надлъжни вертикални разрези, m^2/h;
$Q_{чх.}$ – часови производителности на верижна каменорезна машина при извършване на хоризонтални разрези, m^2/h;
$t_{обвж}$ – време за извършване на разрезите, h;
$P_{мсмдвр}$ – стойност на машиносмяната на "диамантена" въжена каменорезна машина, лв.;
$P_{мсмвер}$ – стойност на машиносмяната на верижна каменорезна машина, лв.;
$T_{см}$ – продължителност на смяната, h;
h – височина на добивното стъпало, m;
$l_{бл}$ – дължина на работния блок, m;
$b_{бл}$ – широчина на работния блок, m;
N_c – брой на сондажите, бр.;
l_c – дължина на сондажите, m;
$V_{скм}$ – обем на добиваният блок, m^3;
$P_{мсмсон}$ – стойност на машиносмяната на сондата, лв.;
$Q_{см}$ – сменна производителност на сондата, m/см;
$C_{дл}$ – стойност на пробивното длето, лв.;
$l_{дл}$ – разход на длето, m/m^3.

Таблица 1

№ по ред	$H_{ст}$, m	$b_{бл}$,m	$l_{бл}$,m	V, m^3	$l_{отн}$, m^2/m^3	Време за извършване на разрезите, h	Стойност на 1 m^3 на база сондажни работи	Стойност на 1m^3 добит с верижна каменорезна машина	Стойност на 1m^3 добит с ДВР	Общ разход за добив на 1 m^3
1	2,5	1,7	7	29,75	1,131	2,72	0,59	3,33	6,54	9,87
2	3	1,7	7	35,7	1,064	3,26	0,59	3,23	6,34	9,57
3	3,5	1,7	7	41,65	1,017	3,81	0,59	3,18	6,20	9,37
4	4	1,7	7	47,6	0,981	4,35	0,59	3,15	6,09	9,24
5	4,5	1,7	7	53,55	0,953	4,89	0,59	3,13	6,01	9,13
6	5	1,7	7	59,5	0,931	5,44	0,59	3,11	5,94	9,05
7	5,5	1,7	7	65,45	0,913	5,98	0,59	3,10	5,89	8,99
8	6	1,7	7	71,4	0,898	6,53	0,59	3,09	5,84	8,93
9	6,5	1,7	7	77,35	0,885	7,07	0,59	3,09	5,80	8,89
10	7	1,7	7	83,3	0,874	7,61	0,59	3,08	5,77	8,85

където:
$H_{ст}$ – височина на добивното стъпало , m
$b_{бл}$ – широчина на заходката, m
$l_{бл}$ – дължина на заходката, m
V – обем на добитата ламела, m^3
$l_{отн}$ – относителен разход на разрези, m^2/m^3

Резултатите от табл. 1 показват, че при добива на скални блокове с комбинираната технология разходите се променят от 8,85 – 9,87 лв/m^3 скална маса.

За определяне на часовата производителност на кариерата при комбинирана технологична схема с използването на една верижна каменорезна машина и една "диамантена" въжена каменорезна машина се използва формулата:

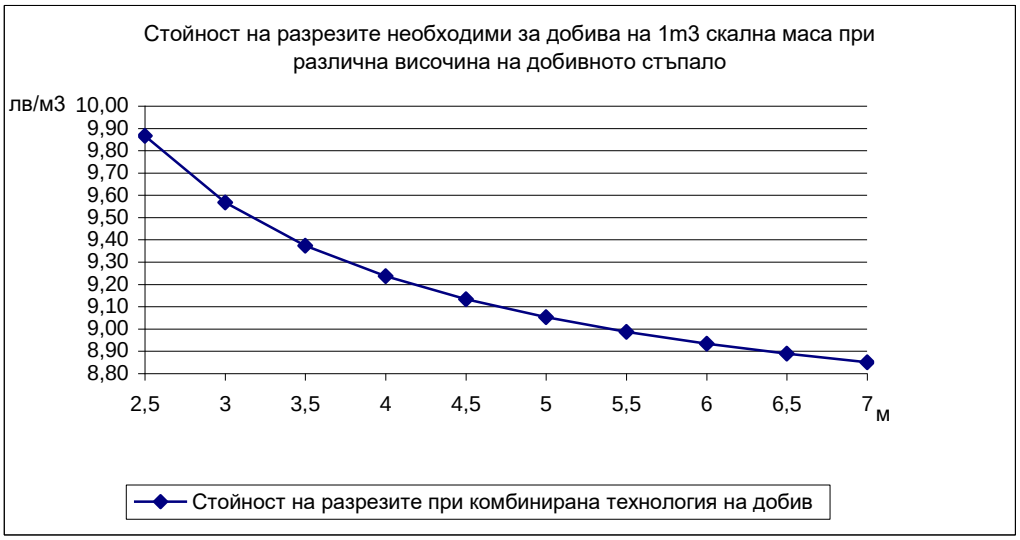
$$Q_{чбл} = \frac{S_o.K_и.K_{co}}{T_{доб}.l_{отн}}, \text{ m}^3/\text{h},$$

където:
S_o – обща площ на разрезите, m^2;
$K_и$ – коефициент на извличане на блокове (рандеман);
K_{co} – коефициент на съвместяване на операциите хоризонтално, вертикално рязане и пробивни работи (0,9 ÷1,5);
$T_{доб}$ – време за извършване на всички операции, h;
$l_{отн}$ – относителна площ на разрези, m^2/m^3.

За определяне на времето необходимо за всички операции при добиването на един работен блок предлагаме формулата:

$$T_{доб} = T_{пр} + T_{хор} + T_{вн} + T_{внап} = \frac{h}{Q_{ч.пр}} + \frac{b.l}{Q_{ч.вер.хор}} + \frac{l.h}{Q_{ч.двр.вн}} + \frac{b.h}{Q_{ч.двр.внап}}, \text{h},$$

където:
$Q_{ч.пр}$ – часова производителност на сондата , m/h;
$Q_{ч.хор}$ – часова производителност на верижна каменорезна машина при извършване на хоризонтални разрези, m^3/h;
$Q_{ч.вн}$ – часова производителност на "диамантена" въжена каменорезна машина при извършване на вертикални надлъжни разрези, m^3/h;
$Q_{чвнап}$ – часова производителност на "диамантена" въжена каменорезна машина при извършване на вертикални напречни разрези, m^3/h;
l – дължина на работния блок, m;
b – широчина на работния блок, m;
h – височина на работното стъпало, m.



Фиг. 2 Стойност на разрезите необходими за добива на 1 m³ скална маса при константни дължина и широчина на работния блок и променлива височина на добивното стъпало при комбинирана технологична схема – хоризонтално рязане с верижна каменорезна машина и вертикални разрези с "диамантена"въжена каменорезна машина

Анализът на фиг. 2 показва, че в зависимост от изменението на височината на добивното стъпало, стойността на разрезите необходими за добива на 1 m³ скална маса се изменя в границите от 8,85 ÷ 9,87 лв/m³.

Комбинираната технологична схема на добив е ефективна при по-малка височина на добивните стъпала (до 3,8 m), защото пробивните работи са по малко при по ниските стъпала. При голяма височина на добивното стъпало стойността на разрезите необходими за добив на 1 m³ скална маса се понижава до 8,85 лв/m³.

Комбинираната технологична схема се характеризира със своята плавност в промяната на стойностите на разрезите необходими за добива на 1 m³ скална маса в сравнение с рязкото понижаване на стойността при използване на технология за добив с "диамантена"въжена каменорезна машина.

Литература

Bradley, F. 2004. "Marble quaring",Carrara.
Zusi, G. 1999. "Planet stone" Verona.

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

ГОДИШНИК НА МИННО-ГЕОЛОЖКИЯ УНИВЕРСИТЕТ "СВ. ИВАН РИЛСКИ", Том 52, Св. II, Добив и преработка на минерални суровини, 2009
ANNUAL OF THE UNIVERSITY OF MINING AND GEOLOGY "ST. IVAN RILSKI", Vol. 52, Part II, Mining and Mineral processing, 2009

ГЕОТЕХНОЛОГИЧНАТА НАУКА В МГУ "СВ. ИВАН РИЛСКИ" – НЕОБХОДИМОСТ И ПЕРСПЕКТИВИ ЗА РАЗВИТИЕ НА ОБУЧЕНИЕТО НА МИННИ ИНЖЕНЕРИ - ГЕОТЕХНОЛОЗИ И НА НАУЧНИТЕ ИЗСЛЕДВАНИЯ ПО ФИЗИКОХИМИЧЕСКА ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

Владимир Данов

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

РЕЗЮМЕ. В доклада се разглеждат следните основни въпроси: същност и промишлени мащаби на геотехнологичния добив на твърди полезни изкопаеми in situ в света и в България, справка за развитието на геотехнологичните изследвания в България, характеристика на специализацията "Геотехнология" в МГУ в миналото (1982-95 г.) - магистърска специалност за студенти по минно инженерство и геоложки специалности, актуални задачи и перспективи за развитие на физикохимическата геотехнология в МГУ „Св. Иван Рилски" за обучение на минни инженери – магистри и за комплексни научни изследвания.

THE GEO-TECHNOLOGY SCIENCE AT THE MINING AND GEOLOGY UNIVERSITY "ST.IVAN RILSKI" – NECESSITY AND PERSPECTIVE FOR DEVELOPMENT OF TRAINING FOR MINING ENGINEERS GEO-TECHNOLOGISTS AND SCIENTIFIC RESEARCH IN PHYSICAL AND CHEMICAL GEO-TECHNOLOGY

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

ABSTRACT. In the paper are reviewed the following fundamental problems: essence and industrial scale of geo-technological production of hard raw materials in situ in the World and Bulgaria, information about the geo-technology research in Bulgaria, characteristics and the specialization "Geo-technology" at MGU in the past (1982-95) – masters specialization of mining engineering students and geology specialists, current problems and perspectives for development of physical and chemical geo-technology at MGU "St. Ivan Rilski" for training engineers in a masters program and the complex research and development

I. Същност, обхват и промишлени мащаби на Геотехнологичния добив на твърди полезни изкопаеми (ГТД) в чужбина и у нас [1, 4, 5]

1) **Същността** се характеризира в превръщане на твърдите полезни изкопаеми (п.и.) "in situ" във флуиди (разсол, метални разтвори, горивен газ, воден пулп и др.) и чрез преработката им – добив на стокови продукти на място в района на находищата.

От началото на 50-те години на 20 век до настоящо време ГТД се развиваше в бързо нарастващи промишлени мащаби! И се утвърди като 2-3-5 пъти по ефективен от конвенционалните подземен и открит добив на твърди п.и. (+ последващите сложни и скъпи технологии на преработка до стокова продукция!). При това се доказа, че екологичните задачи при ГТД са минимизирани (има само текущи, отсъстват крупните и дълготрайни до стотици години техногенни обекти) и може да се осигурява екологична безопасност при разработване на находищата.

2.) **Обхват и промишлени мащаби на ГТД**

А. **Подземно сондажно разтваряне на солни находища**, добив на разсоли и солни продукти: обобщено 90-95% от световния добив.

В България – находище Мирово и Фирма "Геосол" АД (гр.Провадия): едно от най-големите в света (годишен добив 10-12 млн.m^3 в продължение на няколко десетилетия, сега е намален); осигурява сол за битови нужди за страната и химическите производства в гр.Девня; перспективи за 50-60 години и повече.

Б. **Геотехнологичен добив на уран, мед и съпътстващи редки метали**, също на злато, сребро, цинк, манган и съпътстващи други метали – чрез подземно излужване на руди и излужване на открито в изкуствени съоръжения и чрез излужване на техногенни обекти и тяхното екологично обезопасяване – пром. мащаби: над 50-60% от световния добив на уран, 30-35% от медта, значителни количества злато, сребро, цинк, манган и голяма група редки метали.

В България: ГТД на уран се разви изключително бързо от 1970 г. до "ликвидацията" (?!) през 1992 г. и още към 1980 г. достигна 67-70%, и България излезе на **I-во място в света** (!); 3-4 пъти по-евтин добив от конвенционалните подземни рудници (+...).

Перспективите за възстановяване и развитие на ГТД на уран до 2040-50 г. и в по-далечно бъдеще са обективно обосновани (налични запаси 21000 t и перспективни в нови находища 50-60000 t – може да осигуряват АЕЦ-ли за 20-25 години от наличните запаси и за още 50-60 години от

перспективните запаси). ГТД на уран може да започне отново (примерно) през 2014-2015 г. – множество фирми от България и от чужбина са представили в МИЕ и МОСВ съответни заявления, очакват се решения на МС.

В България: ГТД на мед се развива от 1974 г. насам само чрез излужване на извънбалансови насипища (откривка) и труднообогатими руди (инсталациите Елшица, Медет, Асарел и Цар Асен); от 2005 г. – и чрез излужване на флотационния отпадък "Медет".

Но перспективите са крупно-мащабни: всички медни находища (извлекаеми запаси над 1,2 млн.t, дадена е концесия за най-голямото находище Прохорово, над 600000 t мед), крупните насипища Медет, Асарел и Елаците (извлекаеми над 0,6 млн.t), крупните флотационни стопанства Медет (след закриването им), Асарел, Елаците и Челопеч, старите на Бургаски медни мини, други в Средногорието, + металургичните отпадъци в Пирдоп, Кърджали и Пловдив – обобщено извлекаемите запаси в отпадъчните стопанства са над 0,6-0,7 млн.t мед. Конвенционалният открит добив в Елаците-мед, Асарел-Медет и Челопеч-Майнинг ще приключи след 15-20 години.

Бъдещият добив на мед през 21 век ще бъде високоефективен и екологично безопасен **само по геотехнологичен начин "in situ".** При това с усвояване производството на съпътстващи редки и разсеяни метали ефективността ще се увеличи още повече.

В. **Подземна сондажна газификация на въглища и въглищни шисти**: от 70-80 години насам, но главно след 1960 г. промишлените мащаби нарастват главно в САЩ, Русия, Украйна, Франция, Китай и др..

У нас тази геотехнология не бе развита досега, но перспективите са напълно реални: например (в началото) в стръмната част на Бобовдолския басейн може да започне подземна газификация на въглища и добив на горивен газ! И на въглищните шисти в Ю-И България.

Г. **Подземно сондажно разтопяване и газификация на серни находища**: главно в САЩ и Русия (но вече и в други страни) от 70-80 години насам серните находища се разработват само по тази технология, високоефективно и екологично безопасно!

Д. **Подземен сондажен и минен хидродобив** на въглища, уранови, златни, железни и други руди: главно в САЩ, Русия, Украйна, Канада, Полша, Китай и др. Също така от 70-80 години насам, но главно след 1950-60 г. промишлените мащаби ежегодно нарастват и понастоящем са значителни.

У нас тази геотехнология не е развивана и дали има перспективи не е изяснено!

Е. **Сондажен добив на земна топлина** във вид на водно-паров флуид от находища на геотермални аномалии и от голяма дълбочина в земната кора: съществуват Геоелектроцентрали в над 120 страни (водещи САЩ, Русия, Италия, Германия, Китай): чрез сондажни системи се разработват (все още и само) находища на високотемпературни подземни води, но се експериментират и системи за добив на земна топлина от скалните масиви на дълбочина 3-5 km!

У нас тази геотехнология все още не се прилага! Но реалните перспективи са налице: в геотермалната аномалия на Ерморенческия руден район и съществуващите подземни оловно-цинкови рудници; добив на гореща вода чрез предварителен топлинен дренаж (охлаждане) на добивните блокове. Другият перспективен район са Средните Родопи с високотемпературни подземни води; има и много други райони, недостатъчно проучени.

Ж. **Други разновидности на Физико-химическата геотехнология** (с начални промишлени мащаби и дългосрочни перспективи!): Термо-химически и термо-динамични методи при разработване на находища на тежък нефт, битуми и други каустобиолити, Добив на метали и други полезни елементи от природни минерални води и от техногенни води от рудната, химическата, металургичната и нефтената промишленост. Развиват се водещо в САЩ, Русия и някои други страни.

У нас все още не се прилагат! Но перспективите са налице и са особено актуални и неотложни (за добив на метали и за екологично обезопасяване преди всичко!) за замърсените и непрекъснато замърсяваните води от закритите уранови рудници, от металургичните заводи, изтичащите от насипищата води на урановите рудници, на Медет, Асарел и Елаците, от действащите хвостохранилища на Челопеч, Елаците и Асарел, от много закрити хвостохранилища в страната.

II. Обобщена справка за развитието на геотехнологичните изследвания в България

1) Физико-химическата геотехнология, като **приложна наука**, се развиваше само по добива на уран: крупномащабно, комплексно и много интензивно в ИО "Редмет" (при ДФ "Редки метали"). Тя бе родена в началото на 60-те години на 20 в. като Научно-производствено предприятие. След 1970 г. нейният състав много бързо нарасна до около 300 инженери - изследователи, научни сътрудници III, II и I степен в лабораториите, ст.н.с. II и I степен, доктори, инженери и висш Научен Съвет. В проектантската организация (към ИО "Редмет") работеха 500-600 проектанти.

Главният научен и приложен резултат бе крупномащабното развитие на сондажния уранодобив в хидрогенните находища с естествена проницаемост в Горно-Тракийската низина – находища със сложни хидрогеоложки условия и 2-3 пъти по-бедни от аналогичните в чужбина и които е невъзможно да се разработват по конвенционален подземен начин. И това бе изключително постижение!

Това развитие продължи до 1992 г., до необоснованата "ликвидация!?" на ДФ "Редки метали".

Научните изследвания по уранодобива у нас бяха на най-високото световно равнище на физико-химическата

геотехнология във водещите САЩ и СССР, и по редица задачи у нас – с оригинални постижения, в т.ч. изобретения и патенти.

Главните проблеми, по които от 1965-70 до 1990 г. се извършваха комплексни изследвания, опитно-промишлени работи и поетапно внедряване в геотехнологичните рудници и участъци, се обобщават в следените направления:

- технологии за сярно-кисело и алкално излужване на разнородните типове руди в естествено състояние "in situ" и на разрушени и магазинирани руди в подземни блокове, в купове и в траншеи на открито;
- бактериална интензификация на излужването - в р-к "Симитли" бе внедрен промишлен биореактор;
- технологии за сорбционна преработка на продуктивните разтвори до незавършената продукция "уран в смола";
- обосновка и внедряване на най-ефективни варианти на сондажните системи и на системите за подземно излужване на магазинирана руда;
- мембранни технологии;
- усъвършенстване на производствените процеси в заводите "Металург" (гр.Бухово) и "Звезда" (с.Елшица, Разложко);
- автоматизирани системи за проектиране на геотехнологични рудници за сондажен уранодобив (начални разработки);
- технологии за производство на ванадий, рений, редкоземни елементи, злато, сребро, волфрам, алуминиева стипца – през 1985-87 г. започна опитно-промишлено производство.

Особено заслуга в това развитие имат групата до 15-20 специалисти и научни работници от сродни научни организации от СССР, работили у нас дълговременно (по 2 – 4 години) до 1990 г.

2) В КНИПИ "Нипроруда" през периода 1965-75-80 г., също така бяха развивани целенасочени геотехнологични изследвания само на проблема купово излужване на трудно-обогатими медни руди и на откривка, и на добива на меден концентрат (вж. по-горе, новото е от 2000 г. насам с преустройството на инсталациите в "Цар Асен" и "Асарел" за производство на мед, както и технологията за излужване на флотационния отпадък "Медет" и производство на мед).

3) Във ВМГИ (сега МГУ) през същия период в Катедра "Обогатяване на полезни изкопаеми" Проблемната лаборатория по минерална биотехнология извърши ограничени изследвания по задачата за бактериална интензификация на излужването на мед от трудно-обогатими руди (обектите на Нипроруда). Следва да се отбележи недостатъка, че не бе реализиран никакъв проект за третираните обекти.

Съвместно са катедра "Минно дело" (по нейна идея) бе разработена технология и работен проект за подземно излужване на магазинирана руда в (затворения) р-к "Издремец" (над гара Бов); след извършено строителство и пред пускане, обектът бе спрян силово от "Центъра".

И още една крупна Програма по метода бе спряна "силово": Национална програма за геотехнологично разработване на медните находища и добив на мед 1985-2000 г." – подготвена от катедра "Подземно разработване на полезни изкопаеми и геотехнология" и парафирана от НИС-ВМГИ и от Ген.Директор на ДСО "Минерални суровини". По тази програма се предвиждаха дългосрочни комплексни геотехнологични изследвания, поетапно проектиране и внедряване.

III. Специализацията "Геотехнология" във ВМГИ, в миналото (1982-1995 г.) – развитие на физикохимическата геотехнология за обучение на инженери-геотехнолози

С Решение на МС/VI.1982 г., предвид достигнатия крупен мащаб на ГТД на уран във ВМГИ бе открита специализация Геотехнология, за потребностите на действащите 39 геотехнологични рудници за добив на уран (в смола) "in situ" и за научната и проектантска организация ИО "Редмет"; също и за меднорудните предприятия.

В специализацията бяха обучавани всички студенти-стипендианти (+ други желаещи) на ДФ "Редки метали" и меднорудните предприятия от специалностите РПИ, ОПИ, ТТС и ХИГ, завършили IV курс (и първо дипломиране по основната специалност в 9-ти семестър). Годишно по 15-30 студенти в сборни групи.

Учебният план на специализацията включваше 10 геотехнологични (нови) дисциплини, с общ хорариум 1200 часа, изучавани през 9 и 10 семестър и през 11 семестър – 4-месечна (платена) преддипломна практика и разработване на дипломните проекти на място в геотехнологичните рудници; защитите (второ дипломиране) се провеждаха в Централата на фирмата в гр.Бухово през м.януари.

Изграждането на учебните дисциплини се развиваше ежегодно с пряката помощ от катедра "Геотехнология на рудите" в Московския геолого-проучвателен институт (сега Университет): адаптирани учебен план и учебни програми и подобрявани съобразно сборния състав студенти от различни специалности във ВМГИ.

Редовни преподаватели: Доц.Вл.Данов (Ръководител на специализацията, кат. "ПРПИ и Г"), гл.ас. Ст.Станков (същата катедра); доц.Д.Асенов (същата катедра, в първите години хоноруван преподавател от ИО "Редмет"-главен проектант); доц.Б.Великов (кат. "Химия"); проф.П.Хаджиев, доц.Фр.Генчев и ст.н.с Ст.Грудев (кат. "ОПИ"), проф.Ив.Димов (кат. "ТМ"), доц.Р.Гълъбов (кат. "РВТБ"), гл.ас. С.Гагов (кат. "Автоматизация").

Хонорувани преподаватели: ст.н.с.Л.Кузманов (Зам. Директор на ИО "Редмет") и инж.Хр.Марчев (главен "сондьор" на фирмата).

Гост-преподаватели от МГРИ (кат. Геотехнология):проф.Л.И.Луньов (2 пъти); проф.В.П.Небера и ст.н.с.М.Каше - по за 1 месец.

От 1982/83 г. до 1994/95 г. бяха обучени 169 инженери-геотехнолози - магистри на съвременно равнище (тогава и днес), въпреки много трудните условия на учебно-преподавателската работа и подготовката на изпитите. Всеки студент получаваше ксерокс-копия на 6-7 учебни помагала от МГРИ и няколко монографии по уранодобива, издадени на руски език.

След това някои от Колегията – преподаватели издадоха следните учебници (изд. "Техника"): Прокарване и съоръжаване на геотехнологични сондажи – Хр.Марчев, 1985 г.; Хидрохимия – Б.Великов, 1986; Проектиране на геотехнологични рудници – Д.Асенов, 1986 г. Физически процеси в геотехнологията – Ив.Димов, 1987 г.

През 1987 г. ВАК утвърди научната специалност "Геотехнология и минерална биотехнология".

През 1995 г. специализацията бе закрита, поради "ликвидацията" (?!) на ДФ "Редки метали" и подземните медни рудници (изкл. Челопеч).

IV. Актуални задачи и перспективи за развитие на Физикохимическата геотехнология в МГУ "Св.Иван Рилски"

А. Актуални основни задачи

(1) Необходимостта от възстановяване на обучението на инженер-магистри по Физикохимическа геотехнология

(2) Изграждане на "Комплексна лаборатория по геотехнологични изследвания

Б. Актуални задачи по обучението на минни инженери-геотехнолози в дългосрочна перспектива

В зависимост от програмите за възстановяване на уранодобива и от програмите за геотехнологично разработване на медните находища (Прохорово, Бърдце и др.) и на техногенни отпадъци, по договори с фирмите-концесионери, съчетано с държавните заявки (за нуждите на МГУ), следва да се развива обучението на минни инженер-геотехнолози.

Най-близките задачи, според нас, следва да бъдат:

1) Подобряване на учебните планове на специалностите "Разработване на полезни изкопаеми" и "Минерални технологии" с цел:

а) На равнище "бакалавър" да се въведе като задължителна (а не избираема!) дисциплината "Физикохимическа геотехнология" с хорариум минимум 4+2 часа седмично в 7 (8) семестър още през 2009-10 учебна година. Обучението на тази дисциплина е осигурено със следните книги, издадени от Вл.Данов: Геотехнология (учебник, теория и практика, МГУ, 2006 и Геотехнология (ръководство за упражнения по проектиране на технологията за излужване на руди), Илинден-2000, 2007.

б) На равнище "магистър" да се изградят учебни планове с 5-6 дисциплини (в 9 и 10 семестър) за същите специалности с цел обучение на инженер-геотехнолози по:

(1) "Геотехнологично разработване на рудни находища и техногенни суровини и добив на метали in-situ";

(2) "Хидрометалургична преработка на продуктивни разтвори и добив на метали in-situ".

За целта от 2010/11 учебна година нататък от двете специалности да се обучават магистърски групи по 5-6 студенти по двете магистърски специалности (1) и (2).

2) В преподаваните дисциплини по Минно дело (Минни технологии, Подземен добив, Открит добив) за студентите от други специалности в МТФ, ЕМФ и ГПФ да се изгради (макар и кратък!) раздел от няколко лекции по Физико-химическа геотехнология.

3) В ГПФ по заявки от фирми-концесионери за проучване и геотехнологично разработване на уранови и медни находища е целесъобразно периодично обучение на инженери-магистри по специалностите ГППИ, ТТС и ХИГ, в 9 и 10 семестър.

4) В Комплексния център за обучение и квалификация (КЦОК) през 2014-2015 и следващите години е необходимо да се провеждат 2-3 месечни очно-задочни курсове за осъвременяване на знанията на инженери-геолози, завършили специализация "Геотехнология" (1982-1995 г.), които са приети на работа във фирмите от Корпорацията по уранодобива. Хорариум – 60-90 часа очни занятия (по 1 седмица в месец); ръководство – кат. "ПРПИ". Курсовете завършват с дипломен проект за геотехнологичен рудник (участък) или за сорбционна инсталация за добив на уран в смола и мед.

5) В КЦОК от 2014-2015 г. нататък (примерно) е необходимо провеждане на очни курсове (с откъсване от работа) за обучение на технологични работници (завършили средно образование) за геотехнологичните рудници и сорбционните инсталации – по заявки и договори с фирмите от Корпорацията по уранодобив и от "медните" фирми.

6) Целесъобразно е (периодично) обучение на докторанти в целия обхват на обучението на инженери-магистри, за нуждите на Комплексната лаборатория , на катедрите – за преподаватели, както и за потребностите на фирмите за ГТД на уран и мед.

Обучението на инженери-магистри и докторанти по Физико-химическа геотехнология следва да се планира и изпълнява чрез публично-частно партньорство по Перспективен план на МГУ.

В. Изграждане на Комплексна лаборатория за геотехнологични изследвания по Иновационната стратегия за геотехнологичен добив на метали от рудни находища и техногенни отпадъци

За целта е необходимо актуализиране и утвърждаване на Проекта от 1983 г. (Ръководител тогава доц.Вл.Данов) и осигуряване на необходимите помощения, назначаване на Ръководител на лабораторията.

В нея, по дългосрочен план следва да се извършват приложни научно-технически изследвания по задачите на Иновационната стратегия, чрез публично-частно партньорство.

Особено важно е дългосрочно взаимно-изгодно сътрудничество с Института по геотехнология в Руската академия на естествените науки и с катедра "Геотехнология на рудите" в Московския държавен геолого-проучвателен университет, с която МГУ имаше много резултатно сътрудничество през 1982-90 г., по специализацията "Геотехнология".

Особено полезно може да бъде взаимноизгодното сътрудничество по геотехнологичните изследвания с научни центрове (по урана, медта и редките метали) в САЩ, Канада и Австралия.

Статут на лабораторията: на централно функциониране с публично-частно финансиране, но на принципа на самоиздръжка. Необходимо е взаимодействие с ЦНИЛ "Геохимия", РТЕМА, УИЛ по ФМ и РСА и ЕМ, както и учебно-изследователските лаборатории към катедри "Минерални технологии", "Химия", "Инженерна геоекология", "ХИГ", "Автоматизация" и др.

По ключови перспективни задачи (комплексни реагенти, йонообменни материали, извличане и производство на редки и разсеяни метали, екологични технологии и др.) е целесъобразно взаимно-изгодно сътрудничество с лаборатории от ХТМУ, ЛТУ, СУ, Геоложкия и Химическите институти на БАН.

Много полезно може да бъде взаимно-изгодното сътрудничество с промишлените лаборатории на геотехнологичните предприятия за добив на мед. Елшица (от насипище), Медет (от насипище и флотационен отпадък), Асарел (от насипище), Цар Асен (от насипище), както и с лабораториите на Челопеч-Майнинг, Елаците-мед и Асарел-Медет.

Г. Иновационна стратегия за научно-приложните изследвания по геотехнологичен добив на метали от рудни находища и техногенни суровини

В настоящата стратегия са синтезирани основните иновационни задачи за развитие на геотехнологичния добив на уран, мед и други метали до 2040-2050 година.

1) По технологиите за излужване на метали:

а) Теоретични, лабораторни и опитно-промишлени изследвания на киселинни, алкални и комплексни реагентни състави за излужване на уран, мед и редки метали от всички видове руди и находища, с цел постепенно повишаване степента на извличане на запасите до възможния максимум 80-90%.

б) Изследвания за внедряване на допълнителни химически окислители към реагентните състави.

в) Целенасочено развитие на минералната микробиология с цел селекциониране и внедряване на нови видове тионови бактерии, по възможност, за пряко окисление на металите в разнородните руди.

2) По технологичния режим: изследвания и промишлени експерименти за оптимизиране параметрите на хидродинамичния (нагнетателния), гравитачния (оросителния) и хидростатичния (цикличния) технологични режими, с цел подобряване параметрите и конструктивните елементи на системите на разработване за подземно излужване и на открито.

3) Комплексно усъвършенстване на известните и внедряване на нови варианти на системи на разработване за подземно излужване при условията на разнородните уранови и медни находища, особено важно за усвояване на нови хидрогенни залежи в Горно-Тракийската низина на дълбочина до 600-650 m, както и на системите за излужване на открито.

4) Комплексно усъвършенстване на тръбопроводните комплекси и помпените станции и съоръжения на повърхността и в подземните рудници, вкл. дренажните съоръжения, хидроподемните шахти и рудничните дворове, с цел поевтиняване и осигуряване на дългосрочно и безремонтно обслужване на тръбопроводите и добивния процес.

5) Интензификация на добивния процес чрез физически методи: въздействие с електрично поле, сондажно-взривно, хидродинамично и пневмодинамично разтърсващо въздействие в добивните блокове с цел подобряване на филтрационните свойства и кинетиката в добивните блокове.

6) Усъвършенстване на съществуващите и по възможност създаване на нови видове йонообменни материали (смоли и течни екстрагенти) за високоефективно селективно извличане на урана, медта и други полезни и вредни компоненти от продуктивните разтвори.

7) Заедно с това – усъвършенстване на техническите съоръжения (колони, реактори, вани и др.) и на самите хидрометалургични процеси – селективна сорбция, течна екстракция и спомагателните процеси.

8) Комплексна автоматизация и внедряване на автоматизирани системи за проектиране и управление на геотехнологичните предприятия.

9) Методи и средства за решаване на екологичните задачи в геотехнологичните предприятия за добив на метали.

10) Изготвяне на проекти за геотехнологични рудници и хидрометалургични инсталации – по договори с фирмите-концесионери.

11) Изследвания за комплексна оценка на рудни находища и техногенни суровини за геотехнологичен добив на уран, мед, цинк, манган, леки цветни метали и особено за добив на съпътстващи редки и разсеяни метали.

Литература

Аренс, В.Ж. Физико-химическая геотехнология (монография, 650 с.), М., 2001.

Данов, Вл. Нетрадиционни методи за добив на твърди полезни изкопаеми (Геотехнология). Учебник, МГУ "Св.Иван Рилски", 2006

Данов, Вл. Ръководство за упражнения по нетрадиционни методи за добив на полезни изкопаеми (Геотехнология). МГУ "Св.Иван Рилски", 2007.

Коротков Н. И и др. Горно-химическая геотехнология урана. М., Недра, 2007.

Небера, В.П. Преработка продуктов физико-химической геотехнологии. М., МГГРУ, 2004.

Sullivan, J. Chemical and physical features of cooper leaching, M-M.E., 1983.

Geotechnology - conference in Massachusetts, 1992 (Сб.доклади).

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

ГОДИШНИК НА МИННО-ГЕОЛОЖКИЯ УНИВЕРСИТЕТ "СВ. ИВАН РИЛСКИ", Том 52, Св. II, Добив и преработка на минерални суровини, 2009
ANNUAL OF THE UNIVERSITY OF MINING AND GEOLOGY "ST. IVAN RILSKI", Vol. 52, Part II, Mining and Mineral processing, 2009

РАЗРАБОТВАНЕ ПО ПОДЗЕМЕН НАЧИН НА ПРИКОНТУРНИ ЗАПАСИ ОТ КОНЦЕСИОННАТА ПЛОЩ НА ОТКРИТ РУДНИК

Кръстю Дерменджиев [1], Георги Стоянчев [2]

[1] Минно-геоложки университет "Св.Иван Рилски", 1700 София, e-mail:: krderm@mgu.bg
[2] Минно-геоложки университет "Св.Иван Рилски", 1700 София, e-mail:: mina_belavoda@mail.bg

РЕЗЮМЕ. При разработване на приконтурни части на руднични полета с площно развитие на минните работи, комбинираният добив в много случаи е рационален и ефективен. В доклада, при ясно формулирани изисквания на инвеститора е представено едновариантно проектно решение за подземно разработване на приконтурния участък на мина "Св.Елизабета" с открит добив на въглища.

UNDERGROUND MINING OF PROFILE MINERAL RESERVES OF AN OPENCAST MINE OF CONCESSION AREA

Krustyo Dermendjiev [1], Georgy Stojanchev [2]
[1] University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, e-mail: krderm@mgu.bg
[2] University of Mining and Geology "St' Ivan Rilski", 1700 Sofia, e-mail: mina_belavoda@mail.bg

ABSTRACT. In the many cases the combined production is rational and effective when underground mining of profile mineral reserves takes place. The paper presents one optional project decision for underground mining of profile area of " St. Elizabeth" opencast coal mine after clearly formulated investor`s requirements.

Уводни бележки

Мина "Св.Елизабета" разработва по открит начин запасите в концесионна площ "Гладно поле" от Пернишкия въглищен басейн. Мината към .м.ноември 2007 г. е достигнала откъм южната си част до крайната технологична граница на концесионния контур. В тази част на площадката с кота 720 се разкриват в откоса на стъпалото въглищни пластове "А" и "В" със сумарна мощност 3,5-4 m. Над пласт "В", в рамките на откоса се разкриват покриващите скали, характерни за площта, с мощност между 7-9 m.

При тази ситуация с цел доизземването а тези остатъчни запаси без нарушаване на концесионните граници, се наложи към основния проект на мина "Св.Елизабета" да бъде проектирана и приложена добивна технологична схема за подземен добив на въглища в приконтурната част на участъка.

Към проектните решения операторът на концесията предяви следните изисквания:

1. Минните изработки да се вписват максимално добре в минногеометричните и миннотехнологичните условия при осигурена устойчивост на масива без нарушаване на повърхността.

2. Чрез системата на разработване и добивната технология да се изземат най-пълно запасите в приконтурната част на концесионната площ.

3. Добивната технология да осигурява заетост на повече работна ръка при относително ниска степен на механизация и ефективно използване на работната сила.

4. Обучение на работната сила при реализация на проекта със спазване на всички изисквания по безопасност и условия на труд.

Минно-геоложки и миннотехнически условия

Мина "Св. Елизабета" е разположена в гр.Перник, в местността "Гладно поле", между кварталите "Стара Тева" и "Рудничар", (фиг.1). От геоложките данни и експлоатационни работи в концесионната площ са установени всички, намиращи се в Пернишкия басейн, въглищни пластове, а именно: шистозен (m = 1 m); пласт "А" (m = 2 m); пласт "В" (m = 3 m); и пласт "Д" (m = 3 ÷5 m).

Според [3] в участък "Гладно поле" добивни работи са водени в периода 1925-1932 г. по открит начин. Обектът на разработване е бил пласт "Д" с работна дебелина около 6,5 m и откривка с дебелина до 15 m. Под него, на дълбочина 16-18 m се е намирал пласт "В". В периода 1933-1936 г., част от пласт "Д" е изземван по подземен начин от рудник "Бели брег". В този район от същия рудник е бил експлоатиран по подземен начин, със система "стълбчарене" и пласт "В".

Работите в участък “Гладно поле” са спрели през 1936 г. След 1952 г. в участъка е разработван пласт “А”, със използване на “фронтова” система. През 1962-1963 г. в рамките на рудник “Бели брег”, в района са изземвани по подземен начин полета по пласт “А” и пласт “В”.

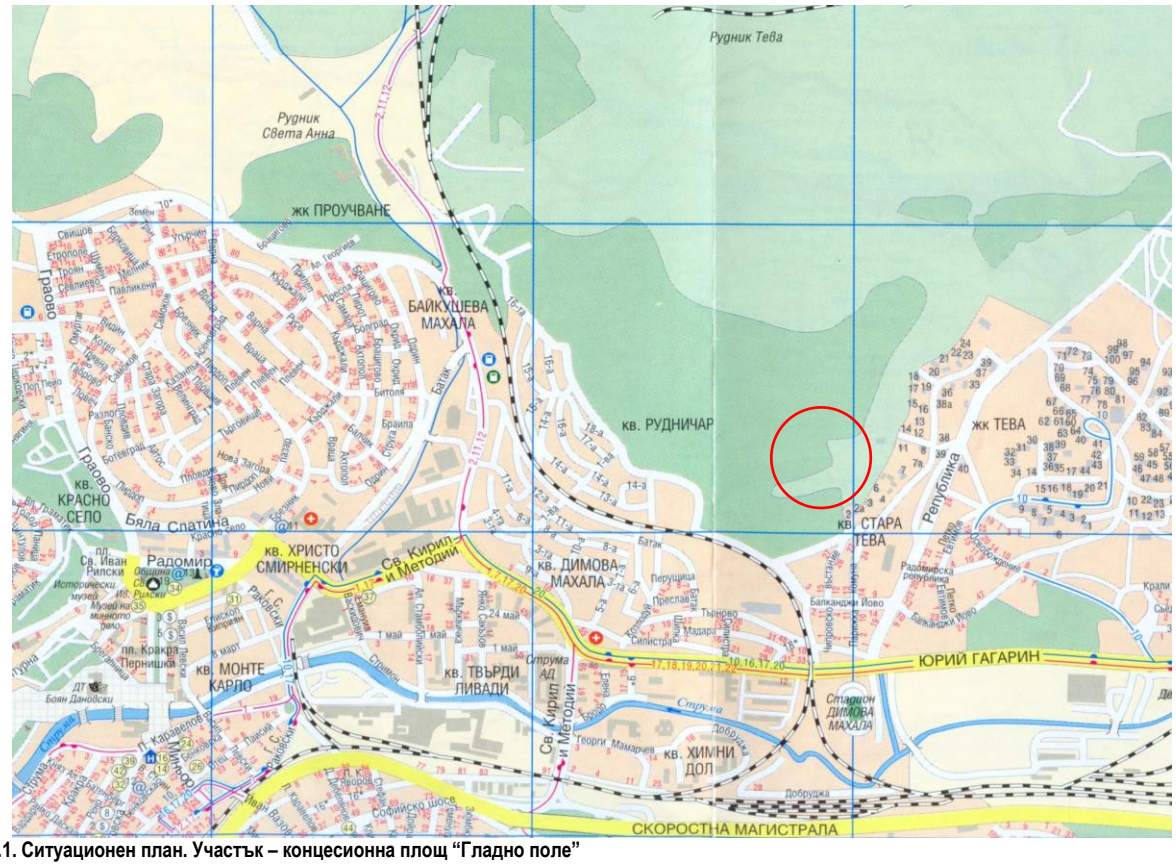
Характерно за четирите пласта в района е, че в южната му част те афльорират и са изразени в общ комплекс, като пласт“Д” преминава в изветряла част – т.нар. “чернилки”.

Западането на комплекса пластове е с наклон около 6^0 в посока “Изток-Запад”.

В тази част на рудника междупластията, вместващите скали, долнището и горнището на пластовете не са така характерно изразени, както в останалата част на басейна и варират от глини в повърхностния слой на пласт “В”, до песъклив и здрав мергел в междупластието на пласт “А” и “шистозен”.

Добивните работи в мина “Св.Елизабета” се извършват по открит начин. Обектът на изземване е пласт “В”, а минните работи са достигнали до южната граница на концесионния контур.

В неработният южен борд на откритя рудник, в откоса на стъпалото на кота 720 се разкриват целиците и запълнените камери в отработвания по подземен начин пласт “В”. Пластът е сравнително чист и е със средна дебелина от около 3,5 m. Над него залягат жълтеникави песъкливи глини с дебелина от около 4 m, сили глини с дебелина 2-3 m и наноси – хумусен слой с дебелина до 1 m. Откосът на стъпалото е с ъгъл между 60-75^0 и е със сравнително добра устойчивост. В долнището на пласта се откриват здрави песъкливи мергели. Сравнителната оценка на въглищата и скалите от горнище показва, че въглищата в целика имат по-голяма якост и устойчивост.



Фиг.1. Ситуационен план. Участък – концесионна площ “Гладно поле”

Система на разработване и добивна технология

Предвид минно-геометричното състояние на минните работи в откритя рудник, изземването на запасите по пл.”А” и пл.”В” от приконтурните части на концесионната площ може да бъде осъществено само по подземен начин. Затова може да бъде приета за прилагане система на разработване с използване на добивни изработки (щолни, наклонени шахти) с пряк изход на повърхността (фиг.2). Тъй като запасите са били обект на разработване с камерно-стълбова система – стълбчарене преди повече от 70 години, то добивните изработки ще бъдат разполагани в целиците.

При ширина на целика до 6 m добивните изработки ще бъдат коридорни, а при целици с по-голяма ширина добивните изработки ще бъдат с ляво-десни ниши, които ще се изкопават при обратния ход на допълнително изземване на целика и погасяване на камерата.

Основната система на разработване ще бъде дълги единични добивни изработки с изход на повърхността.

Добивната технологична схема в участъка е следната:

При добре шкарпирани и обезопасени откоси на пласта и горнището на стъпалото на основната площадка, в пласта се очертава напречното сечение и задава направление на добивната изработка. Проектната форма на напречното сечение на изработката е правоъгълна с ширина 2,5 и височина 1,2 метра. Сечението се позиционира по вертикала откъм горнището на пласта с оставяне на таванска пачка въглища от 0,3 до 0,5 m и по ширина в центъра на целика.

Началните – портални 2-3 m (3-4 рамки) ще бъдат прокарвани със забивен крепеж от тръби и таванки. При необходимост от осигуряване на устойчивост на порталната част на изработката ще бъде монтиран преносим портал от 4 бр. арки обединени в обща рама и обшити с ламарина.

По-нататък изработката ще бъде прокарана с ръчно изкопаване на въглищата и закрепвана с правоъгълни рамки обшити разредено с дървени таванки. Рамките са съставени от 2 бр. хидравлични стойки с вътрешна хидровложка, тип ГСК и капа сдвоена-съставна от стоманени греди с камбанообразен профил THN-16, съединени помежду им с два броя хамутни връзки;

Натоварването на изкопаните въглища ще бъде ръчно с въглищарска лопата в ръчни колички, с което ще става извозването на въглищата от забоя до площадката на повърхността. За облекчаване на движението на количките, по пода на камерата се предвижда поставянето и поддържането на релсова шина с П-образен профил.

Изкопаването на въглищата в рамките на черното сечение на камерата ще се осъществява с шилка на ръка. В процеса на работа, ако не се установи наличието на газ метан в изработката се предвижда изкопаването да се осъществи с електрически или пневматични къртачи.

Проветряването на изработката ще се осъществява с помощта на вентилатор за местно проветряване тип ВМ-4М, при нагнетателен режим на работа и гъвкави вентилационни тръби ∅ 400 mm.

При достигане на камерата на проектната дължина (контур на запаси, край на целика или изклиняване на пласта, 10-30 m), работите по напредване спират и започва напускането на камерата.

Поради сравнително голямата дебелина на пласта и с цел повишаване степента на извличане на запасите напускането на камерата ще се извършва на два етапа: напускане с допълнително изземване на въглища от пода на изработката и окончателно напускане с ликвидация на изработката.

При първия етап на напускане при поддържане на устойчиво състояние на камерата от дъното в посока на изхода циклично ще се извършва изкопаване – натоварване и изземване на въглища от целика в пода на изработката. Предвижда се да се оформя в пода добивна канава с ширина около 1,0 m и дълбочина до 1,0 m, по почти цялата дължина на камерата.

През втория етап ще започне окончателно напускане с ликвидация на камерата.

Предвид малката дълбочина на добива (7-10 m), сравнително голямата дебелина на пласта, размера на сечението и обема на добивните камери и опасността от възникване на ендогенни пожари се предвижда камерите да бъдат запълвани със скална маса от откривката в обекта.Запълването ще бъде механично с използване на минни товаро-транспортни машини тип “Bobcat”.

Технологичната схема на запълване на камерата е следната:

С помощта на товаро-транспортната машина ще започне запълването на канавата в пода на камерата. Насипването и уплътняването на запълнението ще се извършва в прав ред от входа към дъното на камерата.

След достигане на дъното ще започне разполагане на запълнението в основното сечение, последователно от дъното на изработката до нейния изход. Преди запълването ще бъде изваждан крепежа на изработката. Крачката на запълване ще бъде 2-3 рамки, или 1,4 до 2,1 m по дължината на камерата.

Входът – порталът на камерата ще бъде подсипван допълнително със скална маса за постигане на добра изолация на иззетото пространство и въглищния целик от влиянието на атмосферните условия.

След пълното ликвидиране на добивната камера ще започне прокарването на съседната добивна камера по същата добивна технологична схема, паспорт на крепене и управление на скалния натиск и схема на запълване и ликвидация.

За осигуряването на устойчивостта и безопасността на работа в съседни камери, между тях ще бъде оставян лентов целик с ширина равна или по-голяма от ширината на добивната изработка.

Предвижданата последователност и очакваната продължителност на минно-добивните работи в участъка за изземване и погасяване на добивните изработки с дължина до 20 m при едносменна работа и напредък от 0,7 m на смяна са представени в план-графика даден по-долу.

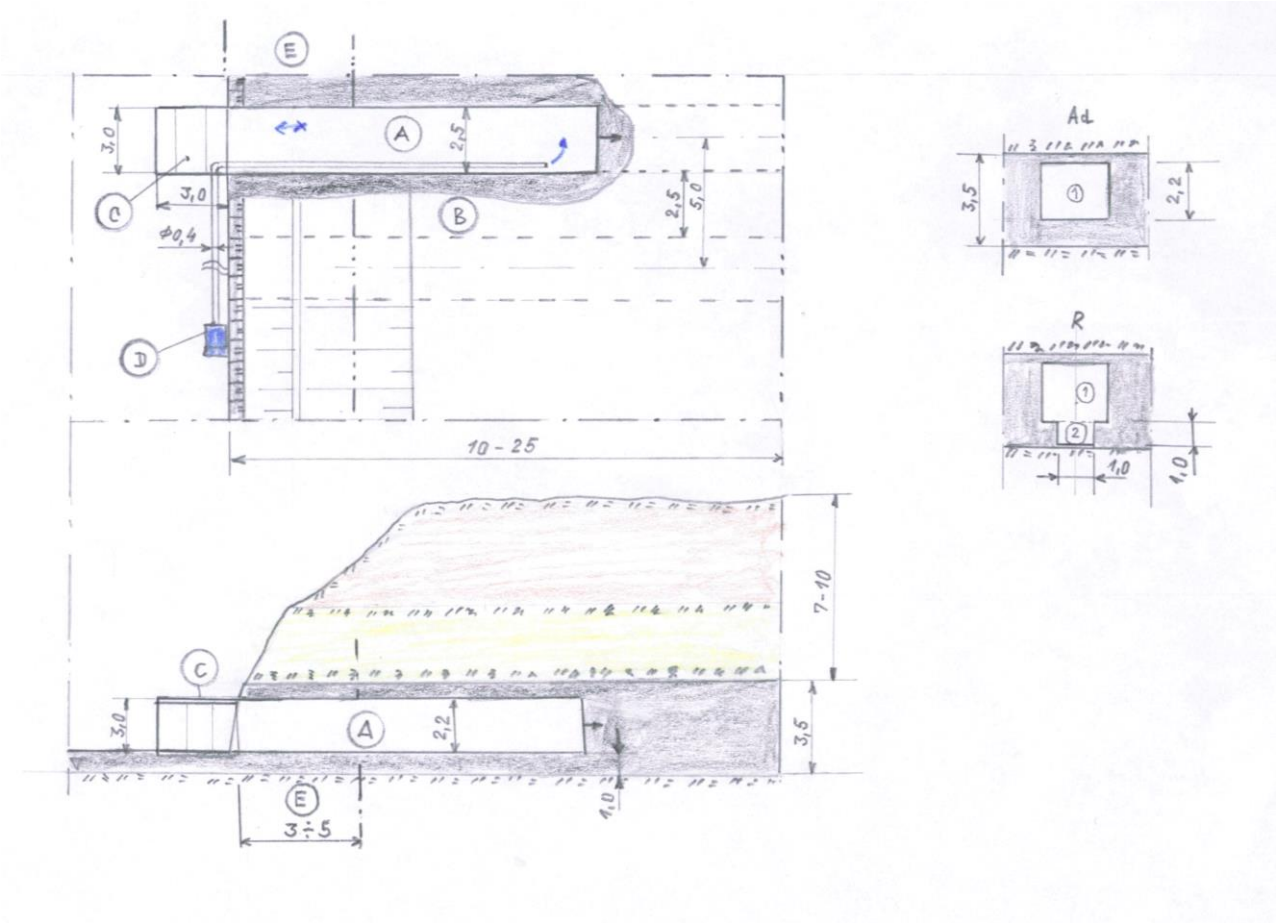
Запълване на камерите

Запълването на камерите ще става механично, с използване на минни товаро-транспортни машини тип S-100 и S2005 на фирмата “Bobcat”. по-важните технически данни на тези машини са представени на табл.1.

За запълвачен материал ще бъде използвана скална-минна маса от откривка на откритие рудник, която ще бъде доставяна с автосамосвали на площадката на добивния участък.

Запълването ще се извършва последователно по етапите, описани в раздел II. Продължителността на запълването и ликвидирането на добивна камера ще бъде

около 4 дни – машинно-смени. Запълването ще бъде чрез възлагане на работата на специализиран изпълнител, при строг контрол на инвеститора. Предвижда се да бъде постигната висока степен на запълване достигаща до 80%.



Фиг.2. Система на разработване с използване на добивни изработки (щолни, наклонени шахти) с пряк изход на повърхността

Таблица 1.

№	Основни технически показатели	Димен-сия	Данни по показатели за "Bobcat" тип:	
			S-100	S-250
1	Капацитет на кофата	kg	450	930
2	Оперативно тегло	kg	1860	3015
3	Скорост на движение	km/h	6.0	7-10
4	Мощност	hp	33.5	61.0
5	Двигател (дизел)	тип	V1505	V2403-M-DI-T
6	Дължина	mm	2260	2588
7	Дължина с кофата	mm	2800	3310
8	Ширина с кофата	mm	1270	1730
9	Височина на операторска кабина	mm	1880	1940
10	Радиус а завиване	mm	1820	2000

Ориентировъчният план-график за извършване на минно-добивните работи в участъка, включващ единична добивна изработка в прокарване, запълване и ликвидация е даден по-долу в таблица 2.

Участъкова добивна технологична схема

Участъковата добивна технологична схема е основана на системата на разработване с коридорни-глухи добивни изработки с пряк изход на повърхността. Добивната технология е ръчна с крепене и запълване на добивните изработки.

Таблица 2.

Ориентировъчният план-график за извършване на минно-добивните работи в участъка

№	Основни минни работи	Продължителност, дни (смени)																															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
1	Оформяне на портал																																
2	Прокарване на порталната част на изработката																																
3	Прокарване – добив																																
4	Прокарване на канава – добив																																
5	Запълване и трамбовка на канава с "Bobcat"																																
6	Запълване на основното сечение с демонтиране на крепеж																																

Параметри на участъка

Изходът на изработките ще се оформя в откоса на стъпалото в средата на целиковата част от пласт "В". Дължината на изработките ще се лимитира от дължината на целика, а разстоянието между тях от ширината на целика. Предвижда се ширината на лентовия целик между глухите добивни изработки-камери, да бъде не по-малка от ширината им. Общата дължина на участъка по линията на долния ръб на работното стъпало е около е 70 m и ще се определи оперативно в зависимост от степента на отработеност на пласта в борда. Добивните изработки ще бъдат с правоъгълна форма на напречното сечение. Височината ще се поддържа в размер от 2,2 m, а ширината – 2,5 m. Сечението в черно ще се поддържа в размер 5,5 m^2.

Крепене и управление на скалния натиск

Добивните изработки ще бъдат закрепвани с индивидуален крепеж от хидравлични стойки и съставни метални капи. Гъстотата на крепежа е 1,4 рамки на метър линеен. Рамките ще се монтират през 0,7 m и обшиват разредено с дървени таванки. В порталната част на изработката и при преминаването на нарушени зони ще се използва забивен крепеж. Паспортът на крепене на добивна глуха изработка с изход на повърхността, графично е представен на фиг.3.

Управлението на скалния натиск в участъка ще се извършва чрез пълно механично запълване на добивните изработки. Като запълвачен материал ще бъде използвана откривка от откривните работи на мината, а неговото разполагане в изработките с товаро-транспортни машини тип "Bobcat".

Запълването ще бъде на 2 етапа. На първия, в прав ред, ще се запълва и трамбова траншеята в пода на изработката, а при обратния ход ще се запълва основното сечение на камерата. При обратния ход преди запълването ще се демонтира и изнася индивидуалния крепеж. Демонтирането на крепежа и запълването на изработката по дължина ще се извършва на участъци с дължина от 2 до 3 рамки (1,4 – 2,1 m). При порталната част на изработката и прилежащия й въглищен лентов целик ще бъдат нарочно изолирани с насипана и шкарпирана скална маса.

Добивна технология

Добивните работи се изразяват основно в прокарване на глухата добивна изработка и изкопаването на траншейната част в пода й. Прокарването ще става ръчно, закрепването ще е с метални рамки от хидравлични стойки и съставни стоманени капи.

Основния технологичен цикъл включва следните дейности:

1. Изкопаване на въглищата от забоя.
2. Натоварване и изнасяне на изкопаните въглища.
3. Закрепване на изработката.

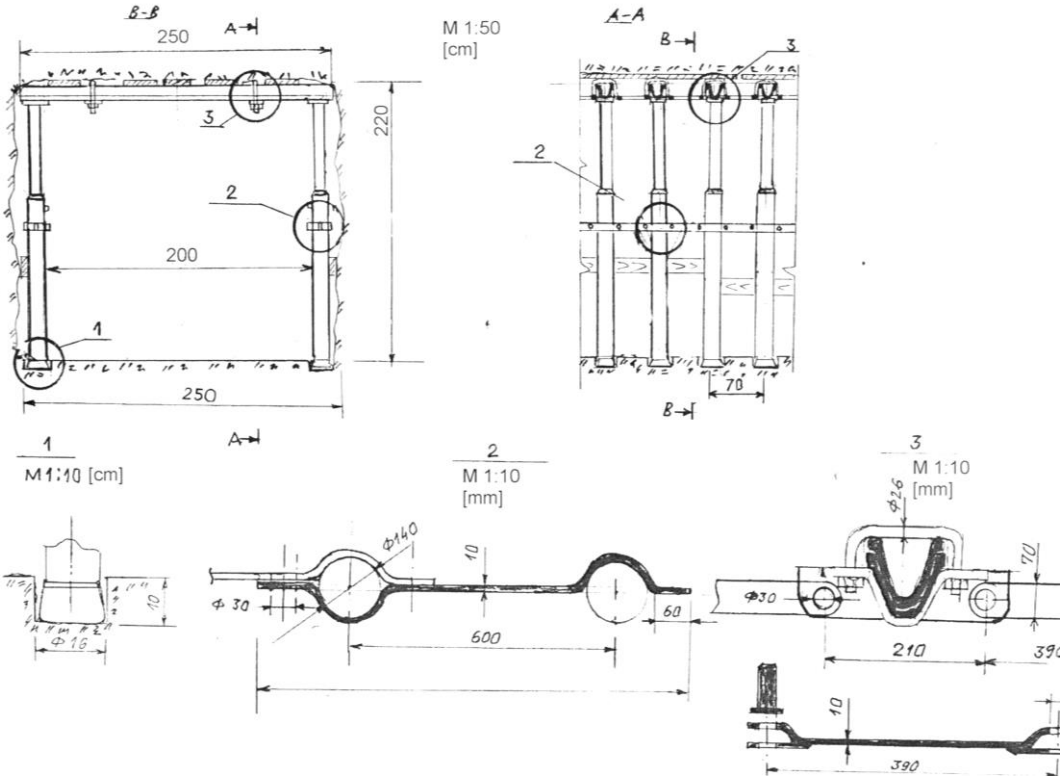
Преди да започне изкопаването на въглищата, се оглежда добивния забой и изработките, и при констатирани нарушения на крепежа, обшивката или проветряването на изработката, същите се отстраняват незабавно, след което се започва работа.

Редът на изземване на въглищата е следния:

1. Изкопават се въглищата от цялото сечение на изработката, натоварват се и се изнасят на площадката. Дълбочината на цикъла ще бъде 0,7 m. Минималното незакрепено пространство ще бъде 0,1 m, а максималното – 0,8 m. Изчистват се въглищата в долнището на изработката.

2. Закрепването започва с монтиране на металната капа, която предварително е разтеглена до необходимата дължина и са стегнати хамутните й връзки. капата се монтира върху фиксираната дървена греда, захваната със специални скоби за капите на последните две монтирани рамки.

След монтирането на капата се разпъват хидравличните индивидуални стойки и се монтират хамутните връзки. Галерията се обшива разредено с дървени таванки в горнище и с метална мрежа или дървени таванки странично. монтират се металните разпънки между рамките. Блокират се празните задкрепежни пространства със скални късове.



Фиг.3. Паспортът на крепене на добивна глуха изработка с изход на повърхността

3. Закрепване на забоя при порталната част на изработката. При отпочване на галерията задължително ще се използва забивен крепеж. Същият ще се изгражда от метални тръби ∅ 2", заострени в предния им край. Тръбите се набиват в горнището на изработката, на дължина минимум 1 m и на разстояние 0,2 m една от друга. Набиването на тръбите ще става ръчно или с хидравличен чук.

След изграждането на забивния крепеж се изземват въглищата от сечението на изработката и се монтират първите 3 бр. метални рамки, като разстоянието между тях е 0,2 m. Отбиването на материала и закрепването на забоя в началото на галерията е задължително да става рамка за рамка (дълбочина на цикъла 0,4 m).

4. Проветряване на забоя. Подготвителната галерия и добивната камера ще се проветряват от самостоятелна система за местно проветряване, състояща се от вентилатор и въздухопровод. Вентилаторът ще работи на нагнетателен режим, като същия ще бъде монтиран на минимум 10 m от устието на изработката. Въздухопровода е от гъвкави вентилационни тръби с ∅ 400 mm. Въздухопроводът изостава от забойната стена на не повече от 8 m.

Необходимото и достатъчно количество въздух за проветряване на добивната изработка е определено на $Q_н = 30$ m^3/min, при максимален брой на работниците $n_р$=5 бр.

Избраният вентилатор за местно проветряване е с производителност $Q_{вент}$ = 100 m^3/min и ще осигурява нормално проветряване $Q_{вент} > Q_н$.

Организация на работа в добивната изработка

При прокарването на изработката – добивни работи се предвижда едносменен режим на работа, при продължителност на смяната 7 часа (начало 9,00 ч. , край – 16,00 ч.). Съставът на бригадата включва майстори миньори – 3-ма и спомагателни работници – 2-ма.

Поради ръчното извършване на всички основни и спомагателни процеси и сравнително ниската начална квалификация на работниците се предвижда да бъде изпълняван един цикъл с напредък от 0,7 m (изкопаване на 3,75 m^3 плътна въглищна маса и монтиране на 1 бр. рамка). При изкопаването на траншеята в пода на изработката при предвиждано сечение 1 m^2 ще се осигурява напредък от 5 m по дължина на изработката. Проектната циклограма на работа при прокарване на добивната изработка е дадена по-долу (табл.3).

При изпълнението на технологичната схема в рамките на участъка-камера се очаква да бъдат постигнати технико-икономическите резултати, показани в таблица 4.

Таблица 3.

Проектната циклограма на работа при прокарване на добивната изработка

№	Процеси	Про-дължи-телност		Бр.заети работници	Първа смяна
		h	min		9 10 11 12 13 14 15 16
1	Оглеждане и обезопасяване	0	15	3	
2	Изкопаване на въглища (за 1 рамка $b_н$=0,7 m)	3	45	3	
3	Монтиране и обшивка на 1 бр. рамка, (10 бр.тав.)	2	30	3	
4	Натоварване и извозване на въглища с количка	4	45	2	
5	Снабдяване с креп. матери-али ръчно	1	30	2	
6	Резервно време	0	30	5	

Таблица 4.

Очаквани технико-икономически резултати

№	Показател	Мярка	Коли-чество
1	Изземвана дебелина на пласта	m	2,2
2	Средна плътност	t/m^3	1,35
3	Сечение на камерата-щолня	m^2	5,5
4	Напредък за цикъл	m	0,7
5	Брой цикли за смяна	бр.	1
6	Напредък за смяна	m	0,7
7	Изкопаван тонаж за смяна	t/см.	5,2
8	Брой на работниците в смяна	бр.	5
9	Сменна производителност на работник	t/ч.см.	1,04

Мероприятия по безопасност на труда

За осигуряване на безопасна и ефективна работа в рамките на участъка ще се спазват всички изисквания на ПБТ, при подземно разработване на въглища [2].

Всекидневно ще бъдат спазвани следните изисквания:

1. Забранява се влизането в галерията при неработещ ВПМ.
2. Преди започване на работната смяна галерията и добивната камера се оглеждат от техническо лице, което дава разрешение за работа.
3. При констатирани нередности по крепежа и при спиране на ВМП работите се преустановят незабавно и хората се извеждат извън галерията.
4. Преди започване на смяната работниците се инструктират от техническото лице на обекта.
5. При започване на прокарването на галерията е задължително изграждането на забивен крепеж.
6. Всички работници се оборудват с необходимите по правилник лампи и лични предпазни средства.

Заключение

Проектът, представен по-горе е разработен, като са изпълнени изискванията на концесионера. При по-голям обем на работите по добив, в подобни ситуации, проектът в технологичната си част може да бъде обезпечен с гъвкава добивна и транспортна механизация и да получи нова организационна схема. В новите условия и при променените технико-технологични проектни решения може да бъдат постигнати изключително добри резултати.

Литература

1. Правилник за безопасността на труда при разработване на находища по открит начин, МТСГ, ГИТ, София, 1996.
2. Правилник по безопасността на труда в подземните въглищни рудници (В.01.01.01), том 1 и том 2 “Технически инструкции”, КЕ, С., 1992.
3. 50 години мини Перник, 1891-1941
4. Цялостен проект за разработване на участък “Св.Елизабета”, концесионна площ “Гладно поле”

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

ГОДИШНИК НА МИННО-ГЕОЛОЖКИЯ УНИВЕРСИТЕТ "СВ. ИВАН РИЛСКИ", Том 52, Св. II, Добив и преработка на минерални суровини, 2009
ANNUAL OF THE UNIVERSITY OF MINING AND GEOLOGY "ST. IVAN RILSKI", Vol. 52, Part II, Mining and Mineral processing, 2009

СЪВРЕМЕННИ КОНСТРУКТИВНИ РЕШЕНИЯ ПРИ ДЪРВЕНИТЕ ПОДОВИ КОНСТРУКЦИИ (ДПК) В ЖИЛИЩНОТО СТРОИТЕЛСТВО

Асен Стоянов

Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София, asen_dragomirov@mail.bg

РЕЗЮМЕ. В условията на съвременно строително производство се налагат високата технологичност, бързина и елиминиране (или минимизиране) на мокрите процеси, екологичност, както и не на последно място - поевтиняване на крайния продукт.
Дървените конструкции, максимално се доближават до гореупоменатите изисквания.
В статията, явяваща се част от дисертационен труд, подробно са разгледани съвременни конструктивни решения, свързани с подпиранията на дървени греди от гредореда на ДПК, както и съвместната работа на дървото и други материали.

CONTEMPORARY CONSTRUCTIONAL CONCEPTIONS IN THE WOODEN FLOOR CONSTRUCTIONS IN THE HOUSING FIELD

Asen Stoyanov
University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", Sofia, asen_dragomirov@mail.bg

ABSTRACT. In the conditions of the contemporary construction sector, there are some new improvements that are making their way to the market such as high usage of technology, speed, elimination (or minimisation) of the wet processes, ecology and last but not least - making the end product cheaper.
The wooden constructions are getting closer and closer to all those conditions.
In this article, which is part of a dissertation assignment, is taken special account of those contemporary construction conceptions connected with propping of wooden beams from the trimmer joists of the wooden floor constructions and the joint work of wood and other materials.

1. Въведение

В световен мащаб, дървесината заема важно място в строителното производство.

От таблица №1, се вижда големият пазарен дял, който заемат конструкции изградени от дърво в държави, като САЩ, Канада, Австралия Норвегия и Швеция. От поместените данни е направен извода, че в развитите държави 70% от жилищата са изградени от дървени елементи, при представени 150 милиона къщи (http://www.sustainablehomes.co.uk/upload/publication/Timber%20Frame%20Housing.pdf –1).

Дървесината със своите естетически и екологични качества, присъства в съвременните интериорни решения. Не рядко може да се видят "разчупени във височина

Таблица №1

Страни	Жители	Жилища в наличност	Годишно започване на строителство на жилища	Пазарен дял на дървени конструкции
	в милиони	в милиони	в хиляди	%
Австралия	17,84	6,09	135,6	90
Канада	29,25	9,91	110,4	90
Ирландия	3,57	0,87	35,5	10
Япония	124,96	40,54	1464	45
Норвегия	4,34	1,82	19,2	90
Швеция	8,78	3,86	12	90
САЩ	260,71	97,31	1356	90
Обединеното кралство	58,39	21,39	169,2	8

големи обеми" именно с изпълнение на дървени подови конструкции (ДПК) или вътрешни чардаци от типа "преходен коридор", комбинирани с дървени стълби, всичките изпълнени в условията на масивно строителство.

У нас в последно време започнаха да се утвърждават на строителния пазар, фирми занимаващи се както с проектиране, така и с изпълнение на сглобяемо строителство на малки дървени къщи, както и такива

произвеждащи комбинирани конструктивни елементи, например от дърво и стомана (http://www.nortop.com – 8) за нуждите на общественото строителство (офиси, сглобяемо -разглобяеми конструкции, супермаркети, павильони и др.).

В статията се разглеждат конструктивни детайли и технологии, свързани с ДПК (по-специално с гредите от гредореда).

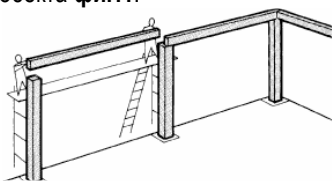
2. Цел

Целта на настоящата разработка се заключава в:

- Проучване и анализ на съвременни конструктивни решения и технологии в областта на ДПК.

3. КОНСТРУКЦИИ ИЗГОТВЕНИ ПОЕЛЕМЕНТНО – ОТ КОЛОНИ, ГРЕДИ И ОБШИВКИ

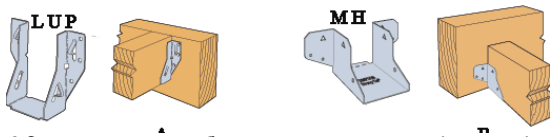
По тази технология отделните градивни (дървени) елементи се заготвят в работилници, а след това се сглобяват на обекта **фиг.1**.



Фиг.1 Конструктивна система "колона-греда"

Тази строително-конструктивна система е с традиционно приложение в Япония, САЩ, Канада, а така също и в Скандинавските страни през летните месеци. При нейната реализация се използват обикновени инструменти, лека механизация, а транспортните разходи са сведени до минимум (1).

Фирмата SIMPSON предлага различни връзки, използвани при изграждане на дървени конструкции по тази система. На **фиг.2** е показано приложението на опорните устройства **LUP** и **MH**, предназначени за свързване на главни и второстепенни дървени греди/ребра (ДГ/Р) (http://www.strogtie.co.uk/pdf/LUP.pdf – 2).



Фиг.2 Окачени дървени ребра и съответните връзки (окачвачи)
А – горно изравняване с LUP; В – долно изравняване с MH;

LUP (2) е направена от предварително поцинкована мека листова стомана с дебелина 1,0 [mm]. Тя има четири остри зъба, изрязани и закривени машинно от стоманения лист, от който е щампована. Посредством тях **LUP** подлежи на много лесен и бърз монтаж, както към главната така и към напречната (второстепенната) греди. Към главната греда, закрепването става освен с два зъба и чрез четири пирона с размери 3,75/30 [mm], а към второстепенната, с два зъба **фиг.2**.

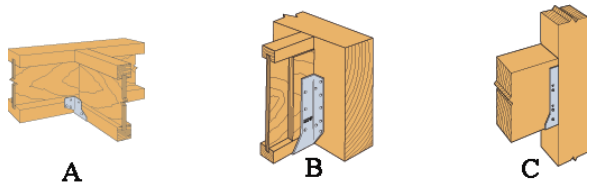
MH (2) **(**в буквален превод мини закачалка) е изпълнена също от листова стомана с дебелина 1,0 [mm] и се използва за подпиране на второстепенни греди при оформяне на тавани или гредоскари **фиг.2**.

Здравото монтиране на **MH** става с 6 броя пирони, заковани към главната и 4 броя към второстепенната греда с размери 3,75/30 [mm], а в триъгълните отверстия се заковават предварително предписани по проект пирони.

За да се осъществи превенция над усукването, е необходимо да се изпълни изискването дълбочината на опората да е най-малко 60% от височината на второстепенната греда. Ако тя не отговаря на предходното изискване е необходимо второстепенната греда допълнително да бъде укрепена в горния си край (може да бъде монтирана към главната греда, същата връзка в горния край на второстепенната греда, обаче обърната обратно – с цел да се ограничи движението на последната).

Работното натоварване при двете опорни устройства зависи от експлоатационния период и се движи в границите – 2,3÷3,3 [kN].

На **фиг.3** са показани свързвания между две лепени греди, между лепена и пълностенна и между лепена греда и дървена колона (http://www.strogtie.co.uk/pdf/U.pdf – 3).



Фиг.3 Връзки - MH HU HUC между дървени елементи от конструкцията: А – между Л"Т"ДГ с MH; В – между Л"Т"ДГ и ПДГ с HU; С – между ребро и дървена колона (стойка) с HUC;

В случай **А** връзката **MH** свързва две лепени двойно "Т" дървени греди (Л"Т"ДГ) и е прикована към долния пояс на гредите, като е необходимо да се укрепи горния край на напречната греда по вече описания начин.;

При случай **В** е показано свързването на Л"Т"ДГ с пълностенна дървена греда (ПДГ), като към опорния край на Л"Т"ДГ са залепени накладки от шперплат (с цел обиране на луфта), за да бъде свързването надеждно.

В случай **С**, **HUC** е монтирана челно за колоната.

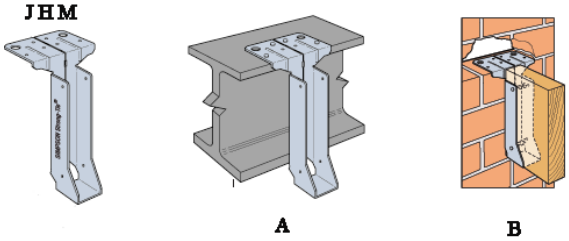
Връзките **HU** са мощни опорни устройства, които се прилагат там където се използват по-големи натоварвания - 0,9 ÷ 24,91 [kN]. За тях (**HU**) се използва също мека стомана, предварително галванизирана, с дебелина (в зависимост от модела) 2,0 [mm] или 1,5 [mm].
Изискването за дълбочина на опората важи по същия начин и тук.

За да могат да се постигнат максимално обявените натоварвания във връзките, е необходимо да се прилагат предписаните съгласно техническите изисквания скрепителни елементи (например винтове).

Към допълнителните качества на **HU** (3) спадат възможностите им да бъдат монтирани косо в хоризонталната равнина (под ъгъл наляво или надясно, достигащ до 67,5 ^{0}), а така също (може и едновременно) и във вертикална равнина до 45 ^{0} - нагоре и надолу.

Разрешава се заковаването на всички напречни греди към връзките, да става откъм страната на външния ъгъл, ако тяхната косост в хоризонтална равнина надвишава 15^0.

На **фиг.4** е показано приложението на връзка **JHM**, която е направена от мека, предварително галванизирана стомана с дебелина – 2,5 [mm].



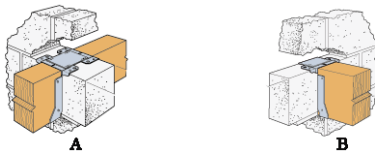
Фиг.4 Опорно устройство JHM и възли: А - между дървено ребро и стоманена двойно "Т" греда чрез JHM ; В – същото устройство, предава натоварването от реброто на зидана стена;

Както се вижда в случай **А**, **JHM** може да се монтира към стоманени греди посредством пистолет **Hilti**. Това става чрез специални 12 mm пирони от типа X-EDNI, изстреляни в отвори осигурени предварително в горния край на връзката, като дебелината на стоманата към която се прикрепя тя, не трябва да е по-голяма от 4 [mm].

Допустимото работно натоварване, за случай **А** е 5,17 [kN].

За случай **В**, се изисква да бъдат иззидани минимум три реда от здрави тухли (675 [mm] зидария) над **JHM**, след което варовия разтвор между тях трябва да бъде стегнал, преди връзката да поеме експлоатационното натоварване.

Връзките от **фиг.5**, дават възможност за надеждно предаване на товарите върху зидария (без да бъде нарушавана нейната цялост) и бърз монтаж на гредите.

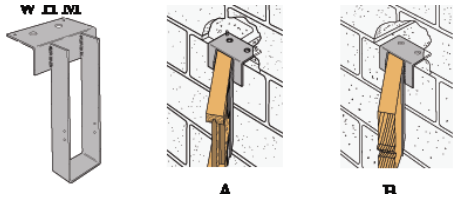


Фиг.5 Подпиране на греда към зидария: А – начин на подпиране на прекъсната ПДГ от стена иззидана от газобетон посредством опорно устройство JHMS; В – подпиране на ПДГ в газобетонна стена чрез опорно устройство JHMR;

За случай **В**, изискванията са към дебелината на тухлите, тя трябва да е най-малко еднаква с тази на извитата част на опората. В случай **А** минималната ширина на "седлото" на опорите е 100 [mm].

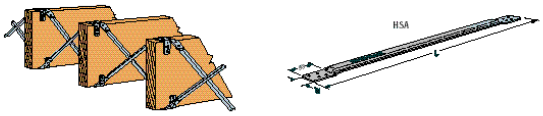
За захващане на участъка от опората, който е в зидарията, се използват специални квадратни и усукани по оста си пирони - 3,75/30 [mm].

Връзката **WHM** показана на **фиг.6**, е направена от 3,0 [mm] мека стомана. Тя е "гъвкава" по отношение на "специални" размери и конфигурации. С нея се дава наклон, както по вертикала, така и по хоризонтала (http://www.strogtie.co.uk/pdf/WHM.pdf).



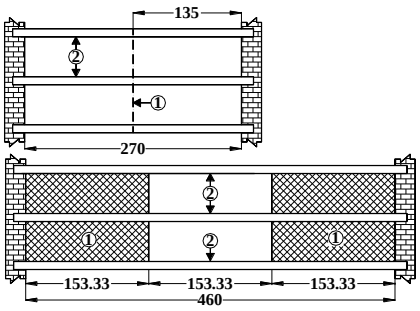
Фиг.6 Връзката WHM и нейното използване за монтаж на дървени гредови елементи под ъгъл: А – лепена двойно "Т" греда; В - ребро;

HSA (http://www.strogtie.co.uk/pdf/HSA.pdf – 5) **фиг.7** се явява алтернативно решение на традиционното конструктивно укрепване с коси дървени подпори на гредореда при домашния под.



Фиг.7 Връзката HSA и пространственото укрепване с нея на дървени ребра.

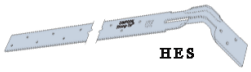
Препоръчва се укрепването чрез **HAS** (5) да се прилага при големи "светли" отвори на носещите греди при подове за битови (домашни) нужди. То се извършва по средата на отвора, ако носещите греди надхвърлят 2,5 [m], когато обаче дължината на отвора надхвърли 4,5 [m], се препоръчва укрепването да се осъществи на две ивици от гредите, като се оставя неукрепен интервал по средата, с дължина 1/3 от тази на отвора (5) - **фиг.8**.



Фиг.8 Два начина на укрепване на гредореда с връзка HSA в зависимост от дължината на светлия отвор: 1) линия (зони) за укрепване; 2) дървени греди;

Връзката **HES фиг.9** се предлага от SIMPSON. Тя е уякчена чрез усилващи ребра в прегъвката, с които гарантират съпротива срещу изтръгване при опън. Може да поеме до 8 [kN] и покрива изискването BS EN 845.

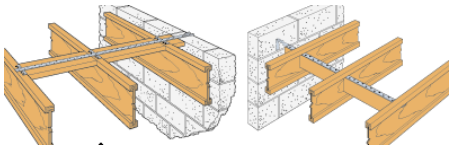
HES е обработена срещу корозия и е с тегло 40% от това на стария модел **фиг.9**.



Фиг.9 Връзка HES

Използва се успешно при газобетонни зидарии.

Тя може да бъде прикована, минавайки над/под стеблото на носещите греди към напречни дъски **фиг.10**.



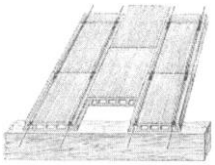
Фиг.10 Укрепване с HES и напречни дъски: А – укрепване на натисковия пояс с хоризонтално разположени дъски; В – укрепване на натиснатата част от стеблото с вертикално разположени дъски;

4. КОМПОЗИЦИОННИ РЕШЕНИЯ ПРИ ПОДОВИТЕ КОНСТРУКЦИИ (ПК)

Днешните строителни технологии дават възможност да се използват както нови, така и комбинация от класически материали. Често, носещата конструкция на сградата е изпълнена от стоманобетон, стомана и дърво. Оптималното използване на тези материали води до леки, ефективни и елегантни решения **фиг.11**.

Фиг. 11 Съчетаване на различни материали в конструкцията на сграда: 1) стоманобетонна колона; 2) носеща стена (зидария); 3) второстепенни носещи ДГ; 4) стоманена главна носеща греда с двойно Т сечение;

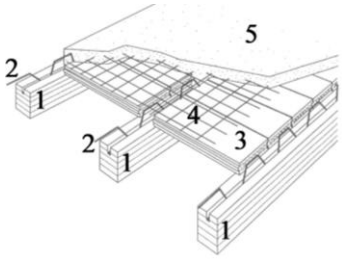
Интерес представлява съвместната работа на дървесина и тухла при изграждане на ДК **фиг.12** (http://www.copertureinlaterizio.it/COP/UserFiles/File/BIBLIOTECA/Articoli/Tecnologia/57_226_29.pdf - 6).



Фиг. 12 Под изпълнен от армирани плоски тухли и ДГ

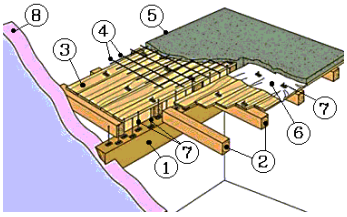
Двата материала имат различни модули на линейна деформация и при проектирене на такива конструкции, трябва да се съобразим с деформацията на дървото.

За да отговори на съвременните конструктивни изисквания, тандемът дървесина - тухла преминава към смесеното решение дървесина – тухла (изпълнява ролята на кофраж, топло/звукоизолация) - стоманобетонна плоча. Последното може да бъде реализирано, както без **фиг.13**, така и с връзка **фиг.15** между носещата греда и стоманобетонната плоча (6).



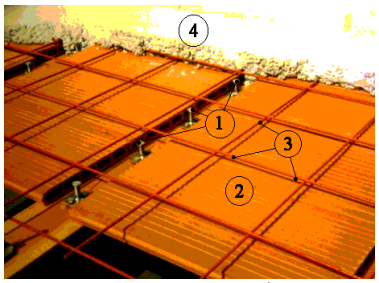
Фиг. 13 Изпълнение на подова конструкция от лепени греди, керамика и стоманобетон: 1) лепени греди от ламели; 2) монтажна арматура (подържа арматурната мрежа на "работно" ниво във височина); 3) плоски тухли; 4) арматурна мрежа от ø 6 [mm]; 5) тънка бетонна плоча;

Подовата кострукция от **фиг.13** се явява елемент от ново строителство, или като начин за повишаване на коравината на съществуваща ДПК **фиг.14** (технологията е особено актуална в Италия, където се прилага с цел реконструкция на стари сгради).



Фиг. 14 Дървен гредоред от главни и второстепенни пълностенни греди, дъсчена обшивка и стоманобетонна плоча: 1) главна греда с монтирани дюбели; 2) второстепенна греда; 3) дъсчена обшивка (дюшеме); 4) арматурна мрежа; 5) излят бетон; 6) полиетиленово фолио; 4) дюбели монтирани върху главна греда, както и дюбели монтирани през дъските към второстепенните греди;

На **фиг.15** е показана реализацията на тази технология в условията на ново строителство.



Фиг.15 Дървени греди с монтирани връзки (стоманени дюбели) - етап от изливане на плочата: 1) връзки между гредата и армираната плоча; 2) плоска тухла; 3) арматурна мрежа от ø 6 mm; 4) тънка бетонна плоча;

Както се вижда от **фиг.13**, височината на лепената гредата от ламели, може да се променя предварително (като се отнемат, или добавят елементи), а оттам и нейния инерционен момент. По този начин се дава възможност да се получат греди с различна коравина на огъване при еднаква ширина, което удовлетворява определени конструктивни изисквания и поевтинява крайния продукт.

Ламелите използвани при изграждане на гредата са с минимум естествени недостатъци, което води до подобряване физико – механичните им показатели.

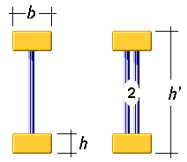
Съвременните технологии откриват нови възможности за използване на дървесината. В Италия през 2002 г. е

призната за изобретение технология по системата ARMALAM (http://www.armalam.it/). Тази система дава възможност гредата да се замонолити в двата си края посредством "чакаща" арматура в бетоновия пояс и по този начин да осъществява по-надеждно антисеизмично укрепване на сградата. Дървесината работи добре на натиск, а опъна в случая се поема от арматурата. По отношение на естествената дървесина гредите изпълнени по тази технология по-слабо се влияят от изменението на влагата. Тези Armalam греди показват добра коравина [7].

Технологията Armalam се изразява във фрезоване на канали в първите и последни двойки ламели от пакета, в които се поставят оребрени арматурни пръти (предварително намазвани с лепило на епоксида основа), по цялата дължина на гредата. Следващият етап е слепване на отделните повърхности на ламелите (предварително покрити с лепило) при подходящ температурен режим и натиск.

Друго съвременно приложение на дървото се явява дървено стоманения трегер (ДСТ) (8). Това всъщност представлява греда, в която поясите са от иглолистна дървесина, а стеблото е от гофрирана стоманена ламарина, която в горния и долния си край има остриета.

Под двустранен натиск приложен върху поясите, стеблото (гофрираната ламарина) се забива в тях и по този начин се оформя ансамбъла **фиг. 16**.



Фиг. 16 Едностеблен и двустеблен ДСТ

Тази технология се прилага в България за лицензно производство на ДСТ от фирмата НОРТОП (8) - **фиг. 17**.

Фиг. 17 Дървено стоманена греда предлагана от НОРТОП

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Извършеният анализ ни дава основание да направим следните изводи:

● Съвременните скрепителни средства и технологии извеждат на преден план конструктивното използване на дървесината в строителното производство, там където това е обосновано.

Днес чрез използване на подходящи конструктивни решения и материали, въпросите свързани с изпълнение на противопожарни указания и изисквания, намират своето трайно разрешаване.

● Необходимо е разглежданите конструктивни решения - водещи до намаляване на себестойността на крайния продукт, да навлязат масово в строителството у нас.

Литература

http://www.sustainablehomes.co.uk/upload/publication/Timber %20Frame%20Housing.pdf
http://www.strogtie.co.uk/pdf/LUP.pdf
http://www.strogtie.co.uk/pdf/U.pdf
http://www.strogtie.co.uk/pdf/WHM.pdf
http://www.strogtie.co.uk/pdf/HSA.pdf
http://www.copertureinlaterizio.it/COP/UserFiles/File/BIBLIOTECA/Articoli/Tecnologia/57_226_29.pdf
http://www.armalam.it/
http://www.nortop.com

Препоръчана за публикуване от Катедра "Подземно строителство", МТФ

ГОДИШНИК НА МИННО-ГЕОЛОЖКИЯ УНИВЕРСИТЕТ "СВ. ИВАН РИЛСКИ", Том 52, Св. II, Добив и преработка на минерални суровини, 2009
ANNUAL OF THE UNIVERSITY OF MINING AND GEOLOGY "ST. IVAN RILSKI", Vol. 52, Part II, Mining and Mineral processing, 2009

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ОПАСНОСТТА ОТ СКАЛНИ УДАРИ ПРИ РАЗРАБОТВАНЕТО НА МАДАНСКОТО РУДНО ПОЛЕ

Венцислав Иванов

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

РЕЗЮМЕ. Извършени са комплексни изследвания за определяне на опасността от скални удари в пет подземни рудника на Маданското рудно поле. Приложен е съвременен методологичен подход за идентификация и определяне на рисковите геомеханични фактори, обуславящи индуцирана сеизмичност на системата "Вместващ масив/ Подземни изработки". На база комплексна оценка на получените резултати е прогнозирана опасността от възникване на скални удари и е извършено класиране на изследваните рудници по категория на геомеханичния риск.

RESEARCH IN THE RISK OF ROCK BURSTS AT THE MADANSKOTO ORE FIELD MINING

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

ABSTRACT. Complex researches are made in order the risk of rock bursts in five underground mines of Madanskoto Ore Field to be determined.A modern methodological approach is applied for identification and determination of the risky geomechanical factors causing the induced seismicity of the Host Mass/Underground Workings System. The risk of rock burst origin is predicted on the basis of the complex assessment of the results obtained and classification of the mines researched is made on the category of the geomechanical risk.

Увод

В минната наука и практика с определението "динамични прояви на скалния натиск" се описва всяко разрушаване с взривоподобен характер – от "стрелянето" на парчета скала от стените и забоя на изработките, до същинските скални удари, разрушаващи обширни участъци от масива и изработките в него.

Определението е коректно, тъй като в механизма на тези явления съществена разлика няма. Те се различават най-вече по магнитудите си, които при скален удар могат да достигнат до 5 ^{та} степен по скалата на Рихтер [5, 11].

Главните причини за развитие на типичен скален удар са естествено напрегнат масив, съдържащ пренапрегнати зони на концентрация на напрежения (индуцирани от минни работи) и изграждащи го здрави, крехки и еластични скали, способни да се освобождават взривоподобно от акумулираната в тях деформационна енергия.

С увеличаването на дълбочината на експлоатация, скалните удари, в описаните условия, са често явление и се превръщат в основна опасност за персонала и режима на разработване на находището.

Обект на настоящото изследване са пет рудника от Маданското рудно поле, в някои от които, с навлизането на добива в дълбочина, са наблюдавани динамични явления. На база лабораторни и in situ изследвания, публикувани данни и устни съобщения е извършен комплексен анализ на геомеханичната обстановка в проблемните находища.

Кратка геоложка характеристика на Маданското рудно поле

Маданското рудно пале е разположено в най-южната част на Централни Родопи, то е с площ 300 km^2 и включва 50 находища и 40 рудопроявления [1]. Находищата са плутогенно-хидротермални, като залежите са жилни и метасоматични. Рудните жили са стръмно западащи (70^0 - 90^0), често прекъсващи се, с брекчовиден строеж и ясни контакти. Преобладават жилите с дебелина до 3 m , но има и такива, с дебелина до 10-15 m. Характерна особеност са апофизните им отклонения, със значително количество руда в тях и кондиционно орудяване.

Вместващият масив е изграден основно от метаморфни свити скали, представени от разновидности гнайси – ивичести, дребнозърнести, инжекционни, гранитогнайси, амфиболити и пегматити. Масивът е претърпял интензивни тектонски въздействия и е пресечен от четири системи разломи, от които основните рудовместващи са т.н. Северозападни разломи (A=320^0 – 340^0).

Подземните води в рудниците са обособени в два водоносни хоризонта. Първият е в кватернерните наслаги, захранва се от инфилтриращи се повърхностни води, има непостоянен дебит и е без съществено значение за хидрогеоложките условия на рудното поле. Вторият водоносен хоризонт е развит в разломите и рудоносните зони на метаморфния комплекс и е основен за

находищата. Неговият дебит също е колеблив, за отделните рудници, и се движи средно между 9 и 24 l/s.

На фиг. 1 е показана част от Маданското рудно поле, с разположение на рудниците, обект на изследването.

I. Изследвания и анализи на получените резултати

I.1 Определяне степента на ударност на скалите

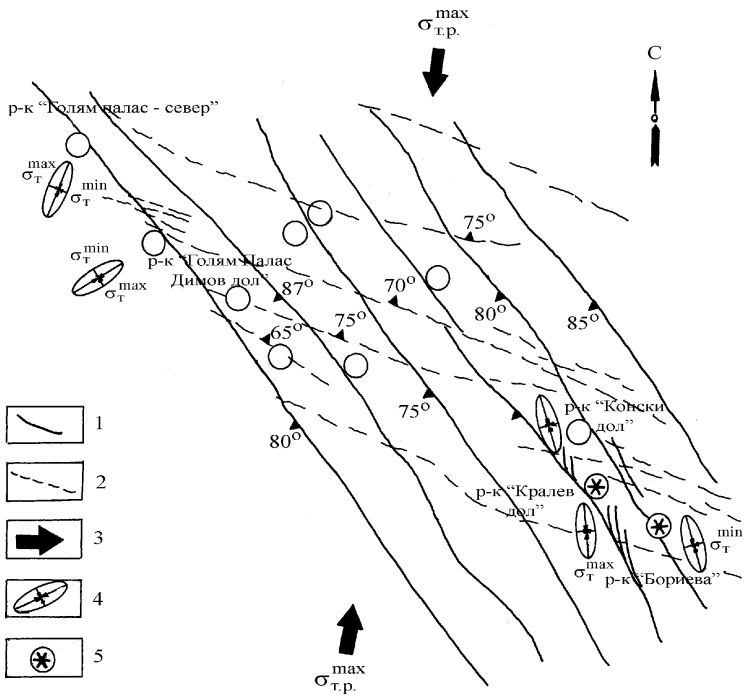
За целта се използват различни скàли на удароопасност, в които, чрез зависимости, базирани на лабораторно определяните якостно-деформационни параметри, изграждащите скали се категоризират по склонност към скални удари.

Основните характеристики, използващи се в съвременната световна практика [3, 4, 5], са:

- Плътност на деформационната енергия $SED = \sigma_c^2 / 2E \quad [kJ/m^3]$
- Якостен индекс $RSI = 3\sigma_{\max} / \sigma_c$ I.1.1
- Напреженов индекс $SI = \sigma_c / \gamma H$
- Индекс на крехкост $BI = \sigma_c / \sigma_t$,

където: σ_c е якост на едноосов натиск[MPa]; E – модул на Юнг [MPa]; $\sigma_{\max}$ - максимално главно напрежение[MPa]; γH - тегло на стълба на горележащи скали [MPa] и σ_t - якост на чист опън[MPa].

На база собствени [4, 6, 7] и публикувани [1, 2] резултати от лабораторни определяния на физикомеханическите свойства на образци от изследваните находища е извършена оценка и категоризиране на скалите по описаните критерии. Резултатите от тези изчисления са дадени в таблица 1.



Фиг. 1 Разположение на изследваните рудници
1 – рудоносни разломи; 2 – безрудни разломи; 3 - разпределение на регионалното поле на напрежения; 4 – локални полета на напрежения; 5 – реализирани налични явления

Таблица 1.
Склонност на скалите към удароопасност

Критерий / Рудник	$SED \quad [kJ/m^3]$	RSI	SI	BI
"Голям палас – север"	100	0,37	8,35	6,75
"Голям палас, Димов дол"	132	0,42	6,13	6,6
"Конски дол"	154	0,49	7,2	7,8
"Кралев дол"	173	0,49	6,35	12,3
"Бориева"	176	0,59	6,42	12,6

Изграждащите скали във всичките пет рудника са здрави, крехки и еластични, способни удароподобно да се освобождават от натрупаната в тях деформационна енергия. Най-висока удароопасност имат скалите от рудници "Бориева" и "Кралев дол", в които по рейтинговата скàла на Wang [3], за плътност на

деформационна енергия (SED), потенциала им за опасност от скален удар е най-висок. В останалите рудници енергонасищането, обуславящо потенциален скален удар се изменя от ниско ("Голям палас – север"), умерено ("Голям палас, Димов дол"), до средно ("Конски дол").

По якостният индекс (RSI) на Hawkes [12] скалите в рудници "Бориева" и "Кралев дол", а и "Конски дол" са съответно с висок и умерен рейтинг, докато тези в рудници "Голям палас-Север" и "Голям палас-Димов дол" са със среден потенциал.

Параметърът напреженов индекс (SI), за определяне на удароопасността, предложен от Yoon [5] като отношение на $\sigma_c / \gamma H$ в областта на тунелостроенето е модифициран от нас. Ние възприемаме подхода и рейтинговата скàла на автора, но разполагайки с големината на измерените напрежения сме модифицирали критерия чрез съотношение между $\sigma_c / \sigma_{\max}$. Получените резултати категоризират потенциала на всички рудници като достатъчен за т. н. "мек" скален удар, т.е. скален удар, при който разрушената зона е ограничена.

Накрая, най-склонни по индекс на крехкост (BI) са пак скалите от рудници "Бориева" и "Кралев дол" ($BI > 10$), докато в останалите рудници удароопасността по крехкост е от ниска ("Голям палас-север") до средна ("Голям палас, Димов дол" и "Конски дол").

I.2 Структурни характеристики на скалите

Геомеханичният статус на масива се характеризира с т.н. параметри на състоянието, които са от две групи. Първите са физикомеханичните свойства на ненарушените скали, определени чрез лабораторни изпитвания. Вторите характеризират естественото механично състояние на масива и се определят чрез многопараметрови геомеханични класификации, за получаване на т. н. интегрални характеристики, даващи реалните му свойства, с отразяване на неговата нарушеност [8].

Структурните характеристики на находищата са определени чрез RMR системата на Биенявски [9], на база анализ на публикувани [1, 7] и собствени [4, 6, 7] данни от изследвания. Използвани са три групи параметри – RQD, RMR и GSI. Резултатите за нарушеността ((RQD), качеството (RMR) и реалната якост (GSI) на масива в отделните рудници са дадени в таблица 2.

При оценката на структурните свойства на масива, в известните публикации, неговата нарушеност и "качество" (клас) се оценяват чрез параметрите RQD и RMR [5, 10, 15].

Таблица 2.

Интегрални характеристики на масива

Параметър / Рудник	RQD [%]	RMR	GSI
"Голям палас-север"	72	63	58
"Голям палас - Димов дол"	74	62	57
"Конски дол"	70	65	60
"Кралев дол"	77	67	62
"Бориева"	83	73	68

В случая, се въвежда един нов показател - GSI (геоложки индекс за якост) [9], отразяващ влиянието на горните два върху якостта на реалния, нарушен масив. От резултатите показани в таблица 2 и предоставените ни сведения* за реализирани динамични явления в рудниците установено, че те са настъпили в масиви с $RMR > 61$ (II клас масиви), $RQD > 70\%$ и $GSI > 60$.

I.3 Изследване на напрегнатото състояние на масива

За определянето на напрегнатото състояние са извършени следните аналитични и експериментални изследвания:

- Реконструкции на естествените полета на напрежения

По данни от изучаването на тектониката на разкъсване, чрез методи, базирани на анализ на елементите на залягане на системите тектонски разломи [14, 6] е определено разпределението на регионалното поле.Впоследствие чрез метода за реконструкция на съвременните полета, основан на данни от инклинометрията на проучвателните сондажи, прокарвани от повърхността [16] са определени локалните полета на изследваните рудници.

- In situ измервания на напреженията в масива

Магнитудите и ориентацията на действащите напрежения са определени чрез метода на частично разтоварване [4, 6, 7]. Извършени са измервания в рудник "Голям палас-север" (две замерни станции) и рудник "Кралев дол" (4 замерни станции).

Извършените реконструкции на палеополето на естествени напрежения установяват, че напрегнатото състояние е от тектонски генотип и се обуславя от взаимодействието между гравитационна (вертикална) и тектонски (хоризантални) компоненти. Изследването на разпределението на тектонските компоненти на регионалното поле показва, че максималният тектонски натиск $\sigma_T^{\max}$ е действал субмеридианно и в геоложката история, ориентацията му е била в диапазона $\alpha\sigma_T^{\max} = 346^0 - 30^0$. Изменението на направлението на минималното тектонско напрежение (на относителен опън) е било с диапазон $\alpha\sigma_T^{\min} = 256^0 - 300^0$. Резултатите от това изследване са показани на фиг. 1 и

* Сведенията за наблюдаваните динамични явления са ни предоставени от маг.инж. Петър Петров – почетен член на БМГК, тогава Зам.-директор ПТБ, МОК "Горубсо"

са обозначени със стрелки, показващи ориентацията на тектонските компоненти. Получените разпределения, макар и важни, са параметри на палеополето. Характеристиките на съвременните полета в отделните рудници са получени, както бе отбелязано, чрез реконструкцията им, по данните от инклинометрия на проучвателните вертикални сондажи, от повърхността (добив все още липсва). Получените резултати са показани също на фигурата, чрез сеченията на елипсоидите на полетата им, за всеки от изследваните рудници.

Резултатите от разпределенията на напреженията на регионалното и локалните полета са в общо съгласие. Това обстоятелство е използвано за определяне на местата на замерните станции и рудниците, в които са извършени измерванията на действащите напрежения. Експерименталните резултати за магнитудите на главните напрежения са показани в Таблица 3.

Анализът на данните потвърждава тектонския тип на полетата на напрежения, във всичките изследвани рудници. Всички измерени гравитационни компоненти са отклонени от вертикалната ос от 10^0- 24^0,също типично за полетата от тектонски генотип и надвишават теглото на горележащите скали 1,5 – 2,0 пъти. Полетата на напрежения в рудниците разположени на север ("Голям палас-север" и "Голям палас – Димов дол") са с по-нисък интензитет от тези на юг – "Бориева", "Кралев дол", "Конски дол". Максималното тектонско напрежение в северните рудници е съизмеримо с гравитационното, докато в тези на юг, то е значително по-голямо от вертикалното.

Относително малкото разстояние между изследваните рудници позволява съвместна интерпретация и анализ на всички получени експериментални резултати [9].
Напрегнатото състояние на масива е нехомогенно, с различни съотношения между магнитудите на σ_1, σ_2 и σ_3, изменящо се от 2,7:1,4:1 , за северните до 5:1,9:1 (рудник "Кралев дол", респ. р-к "Бориева"), където тектонските компоненти доминират. Известно е друго изследване [13] за определяне напрегнатостта на масива, чрез оценка нивото на максималното напрежение по дискуването на сондажната ядка. Оценката е за рудник "Бориева" и резултатът от него е съпоставим с получените от нас.

I.4 Технологичин въздействия, обуславящи индуцирана сеизмичност във вместващия масив

Подземните изработки нарушават целостта на масива и равновесието на естественото му напрегнато състояние. С това се индуцира ново разпределение на действащите напрежения. Интензитета на индуцираното поле е в пряка зависимост от степента на нарушаването на масива от мрежата различни минни изработки, прилаганата технология на добив, мащаба и режима на експлоатация и конфигурацията на мрежата, спрямо разпределението на естественото поле на напрежения. Индуцираното поле на напрежения и "реакцията" [15] на масива се инициират с прокарването на подготвително-нарезните изработки.

Известни са изследвания на разпределението на напреженията около такива изработки в тектонски напрегнати масиви [14]. В тях е установено, че индуцираното поле на напрежения е с висока сеизмичност и концентрациите на напрежения нарастват до 2,5 пъти, с което се създават условия за интензивни разрушения [14,12].

За оценка на описаните въздействия, на база събрана информация от практиката на рудниците за минно-техническите характеристики на рудните жили, за относителния разход и ефективността на изработките и добиваното количество руда е определен относителния обем на подготвително-нарезните работи, за отделните рудници, в зависимост от конкретните прилагани системи на разработване. Получените резултати, отразяващи степента на техногенното нарушаване на масива са дадени в таблица 4.

II. Рискови фактори и механизъм на взаимодействието им

Потенциалът на системата "Вместващ масив /Подземни изработки" (ВМ/ПИ), обуславящ вероятността за динамични явления, вследствие разработването на залежите в разглежданите рудници, ще се определя от нивото на индуцираната сеизмичност, функция на нейното напрегнато-деформирано състояние $(НДС)$.

Общите геомеханични фактори, формиращи $НДС$ на споменатата система, установени и описани в текста са:

- Изграждащи скали, притежаващи определена степен на удароопасност;
- Полета на напрежение с високи магнитуди, от тектонски генотип;
- Структурните характеристики на масива за полева оценка на индуцирана сеизмичност;
- Степента на техногенната му нарушеност от мрежата изработки и взривяванията при прокарването им.

Изброените фактори, в своето взаимодействие, формират $НДС$ на системата и наред с динамичните наслагвания на различни по магнитуда и ориентация напрежения от взривовете, обуславят конкретните зони на концентрация, в които напреженията значително надвишават якостта на скалите и индуцират появата на сеизмичност.

Индуцираната сеизмичност най-напред се проявява по стените на подготвителните и нарезни изработки, доближаващи зоните на концентрация чрез т.н. "прекурсори" [11] или индикатори [10]. Това са люшенията, отслояванията и "стреляниятa" на парчета скала от стените и забоя, дискуването на ядката, увеличен водоприток и др.Индикаторите на сеизмичност предхождат потенциалния скален удар и техният интензитет расте с нарастването на потенциала за неговата проява [11].

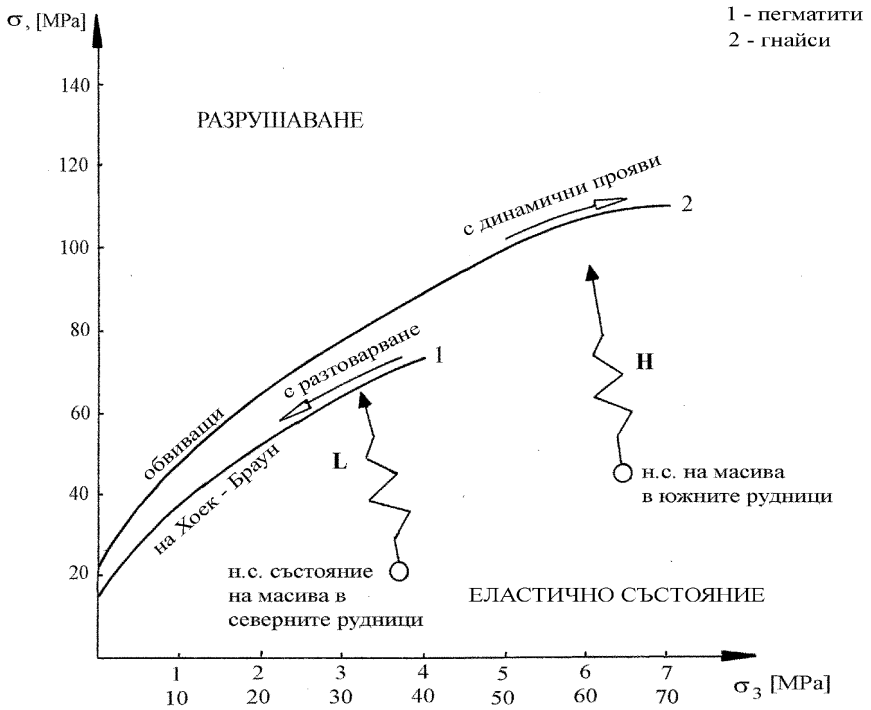
В зависимост от мащаба и обхвата на съчетаването на рисковете геомеханични фактори е възможно да се прогнозират механизмите и типа на разрушаване на масива чрез метода “напреженова траектория” (Stress Path) [8,17]. Приложението на метода е показано на фиг.2.

Таблица 3.
Резултати от измервания in situ на напрегнатото сътояние

Главни напрежения / Рудници	σ_1 (MPa)	σ_2 (MPa)	σ_3 (MPa)	Забележки
“Голям палас-север”	11 - 15	7 - 9	4 - 5	σ_{max} е вертикално
“Кралев дол”	20 - 24	13 - 19	6 - 7	σ_{max} е хоризонтално $A = 360^0$

Таблица 4.
Техногенни въздействия върху НДС на системата ВМ/ПИ

Характеристика / Рудник	Система на разработване	Дълбочина на минните работи [m]	Добита руда [kt]	Относителен обем на подготвително-нарезните работи $[m^3/kt]$
“Бориева”	с магазиниране на рудата	700	6499	21
“Конски дол”	с магазиниране и запълване	300	5071	25
“Голям палас – север”	със слоево обру-шаване	500	5934	30
“Голям палас –Димов дол”	със слоево обру-шаване и запълване на слоевете	500		32
“Кралев дол”	С подетажно обрушаване	500	3747	56



Фиг. 2 Механизми на разрушаване на масива в изследваните рудници

Паспортите на якост (диаграмите на разрушаване) с координати главните напрежения σ_1, σ_3 са изобразени чрез критерия на Хоек – Браун [9] по преобладаващите представени разновидности скали – пегматити в зоната на северните ("Голям палас – север" и "Голям палас – Димов дол") рудници и за разновидностите гнайси, изграждащи масива в рудниците юг – "Бориева", "Кралев дол" и "Конски дол".

Преди подготовката, скалният масив е в еластично (неразрушено) напрегнато състояние $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$, - показано на фигурата.

Прокарването на изработките ще наруши това състояние, ще се увеличи разликата $\sigma_1 - \sigma_3$ и ще се формират зони на концентрация, в които ще възникнат тангенциални напрежения, растящи с нарастването на дивергенцията между $\sigma_1 - \sigma_3$. Зоните $\sigma_1 - \sigma_3$ ще се развиват, с развитието на мрежата изработки, до пресичане на обвиващата, с което ще настъпва разрушаване на масива.

Режимът на разрушаване ще е различен в зависимост от съчетаването на рисковите геомеханични фактори, определящи механизмите на акумулиране и начина на освобождаване на деформационната енергия на системата "Вместващ масив/ Подземни изработки", породена от технологичните операции. Както се вижда от графиката, режимът на разрушаване може да се реализира по две напреженови траектория.

Напреженовата траектория H е индикативна за рудниците "Бориева", "Кралев дол" и "Конски дол", където системите ВМ/ПИ са в условията на интензивни полета на напрежения, с най-високи физико-механични свойства и най-добри структурни характеристики. При тези дадености системите не са способни да се разтоварват от натрупваната сеизмичност, съпътстваща развитието на мрежата изработки. Процесите на разрушаване най-вероятно ще се развиват внезапно, удароподобно, динамично т. е. ще се реализират скални удари.

Напреженовата траектория L е характерна за масивите на северните рудници, които са в по-благоприятни общи геомеханични условия: напрегнато състояние с по-нисък интензитет (разликата $\sigma_1 - \sigma_3$ е по-малка), скалите са с по-лоши структурни характеристики и по-ниски якостно-деформационни показатели. При установените дадености с развитието на технологичните въздействия системата "Вместващ масив/Подземни изработки" ще има псевдопластично деформационно поведение. Това обуславя най-вероятен режим на загуба на устойчивост и разрушаване, като постепенен, на "порции", с което ще се създават условия за поетапно разтоварване без динамични явления.

III. Изводи

Описани са и са изследвани основните рискови фактори, обуславящи индуцирана от минните работи сеизмичност, в подземните рудници на Маданското рудно поле.

За оценка опасността от скални удари е приложена съвременна методология, съдържаща модифициран и нововъведен от нас критерий за удароопасност с възможност за приложение за всички рудници с аналогични геомеханични условия.

Извършените изследвания показват, че в рудници "Голям палас-север" и "Голям палас-Димов дол" потенциалът на системата ВМ/ПИ не създава условия за проява на динамични явления. Обратно, в рудниците "Бориева", "Кралев дол" и "Конски дол" е установено, че геомеханичните условия, в съчетание с технологичните въздействия обуславят значителен потенциал, за възникване на скални удари от индуцираната сеизмичност. Комплексната оценка на геомеханичния рисков потенциал от скален удар позволява следната класификация на проблемните рудници:

№	Рудник	Категория на геомеханичния риск
1	"Голям палас-север"	нисък
2	"Голям палас-Димов дол"	нисък до умерен
3	"Конски дол"	среден
4	"Кралев дол"	висок
5	"Бориева"	много висок

IV. Заключение

Определението на потенциала на системата "Вместващ масив/Подземни изработки" за внезапни, неконтролируеми разрушавания на масива е от съществено значение за условията на работа, безопасността на персонала и икономиката на рудника.

Изследванията, идентификацията и оценката на рисковите фактори, обуславящи критично състояние на системата ВМ/ПИ, имат две приложения при геомеханичното осигуряване на добива:

- Прогнозиране на опасността, мащаба и местоположението на вероятен скален удар;
- Планиране на ефикасни и ефективни технологични решения за превенция, минимизиране на последиците и предотвратяване на инциденти и/или катастрофи от индуцирана сеизмичност, в зависимост от интензитета и дълбочината на експлоатация.

Литература

1. Димитров Р. и др. –Оловно-цинковите находища в България, ДИ "Техника", С, 1988
2. Христов Г. и др. –Опазване на съоръженията и обектите от вредното влияние на подземните минни работи, ДИ "Техника", 1978
3. Wang J. A. et al –Comprehensive prediction of rockburst based on analysis of strain energy in rocks « Tunelling and underground space technology, 2001

4. Андреев Г., Иванов В. –Има ли опасност от скални удари в “Горубсо”. Методика за оценка и анализ, сп. Минно дело и геология, 1991/5-6
5. S.M.Lee et al – Analysis of rockbursts that have occurred in a waterway tunnel in KOREA, Simposium SINOROCK 2004
6. Иванов В. –Геомеханична оценка на рудник “Димов дол” (Маданско рудно поле).
7. Иванов В., Андреев Г., Славова С. – Експериментално определяне на напреженията в стените на подземна изработка в рудник “Димов дол” – “Горубсо”, сп. Минно дело, 5, 1989
8. Иванов В. –Геомеханична логистика на подземния добив на полезни изкопаеми, Сб. Доклади Iа научно.техническа конференция по подземен добив на полезни изкопаеми, Девин, 2008
9. Hoek E. T. “Rock Engineering” A. A. Balkema, Rotterdam, 2001
10. Kozirev A. A. et al – The geodynamic evolution of the geological medium in Area of Large – Scale Mining, Proceedings of 21stWorld Mining congress, Krakow, 2008
11. Szwedzcki T. – Precursors to Rock Mass Failure in Underground Mines, Arch. Min Sci, vol 53 (2008)) 3
12. Hawkes I. – Significance of in situ Stress Levels, Proc. Int congress of Rock Mech., vol 3
13. Парашкевов Р., Петров П. – Опит за експресна оценка на напрегнатостта на масива около подземни изработки, сп. Рудодобив, бр. 7/1979
14. Турчанинов И. А. и др.- Тектонические напряжения в земной коре и устойчивость горных выработок, Наука, 1978
15. Budavari S. – Rock Mechanics in Mining Practice, SAIMM, Johanesburg, 1983
16. Иванов В. - Геомеханично осигуряване на подземния добив на полезни изкопаеми в Република България, Зборник на трудови ПОДЕКС ´07, Пробищип, Македония, 2007.

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

ГОДИШНИК НА МИННО-ГЕОЛОЖКИЯ УНИВЕРСИТЕТ "СВ. ИВАН РИЛСКИ", Том 52, Св. II, Добив и преработка на минерални суровини, 2009
ANNUAL OF THE UNIVERSITY OF MINING AND GEOLOGY "ST. IVAN RILSKI", Vol. 52, Part II, Mining and Mineral processing, 2009

STABILITY OF WASTE DUMPS, ISSUE OF MINE CLOSURE MONITORING PLAN FROM JIU VALLEY COAL BASIN

Susana Arad[1], Victor Arad[2]

[1]Petrosani University, Electrical Engineering Dept., 332006 Petrosani, arad@dec.com.ro, Romania
[2]Petrosani University, Head of Mining Engineering Dept., 332006 Petrosani, varad@upet.ro

ABSTRACT: Modifying and depleting the soils by mining works and dumps of mineral waste as a result of coal mining and tailing is one of the important aspects in mining area Jiu Valley. The paper's aim is to analyze which are minerals and resources policies of our government and to adopt measures for sustainable development in the coal mining in this region. The measures to reduce the instability risk for the mining works and waste dumps, which could affect the underground mining constructions or the related surface areas, were consider. The estimation of waste dump stability must be doing to reduce impact of the negative environmental factors.

МОНИТОРЕН ПЛАН ЗА УСТОЙЧИВОСТ НА ОТПАДЪЧНО НАСИПИЩЕ ВЪВ ВЪГЛЕДОБИВНИЯ БАСЕЙН В ДОЛИНАТА НА Р. ЖИЛ

Сузана Арад[1], Виктор Арад[2]
[1]Университет Петрошани, Електротехнически департамент, 332006 Петрошани, arad@dec.com.ro, Румъния
[2]Университет Петрошани, Департамент по минно инженерство, 332006 Петрошани, varad@upet.ro, Румъния

РЕЗЮМЕ: Един от основните проблеми в резултат на минните работи в долината на р.Жил е неустойчивостта на почвата и образуването на отпадъчни насипища. В доклада се анализират правителствената политика и мерките за осигуряване на устойчиво развитие във въгледобива в региона. Дискутират се мерките за намаляване на рисковете и се отчита необходимостта от обективна оценка на устойчивостта на минните работи и насипищата, с цел намаляване вредното им влияние върху околната среда.

General aspects

In the last decade, the mining sector restructuring has represented one of the major goals of the industry and resources ministry, considering that the national energetical policy should maintain the general framework of sustainable development, which in the globalisation context represents a political and economical strategy issue. Coal mines closure in Jiu Valley and in other basins was performed basically for political/social reasons, and less care was given to economical/technical considerations, directed to the aim of sustainable development of this sector, which supplies energy resources for the country.

Mineral resources extraction activity is a temporary one, even if his environmental impact is long lasting, acting a certain time after activity cessation. To provide a sustainable development after mine closure for mining areas, strategies must be developed to restructure the mining sector, including both objectives for increased activity efficiency and for ecological reclamation and rehabilitation of affected areas, economical and social development.

The macroeconomic reorganisation initiated by the Romanian Government in 1997 determined the reduction for coal mining demand with approximately 3500-3600 millions tones/year, 3000-3200 being energetic coal, this fact generating the necessity of a restructuring process, began in the Jiu Valley with a personnel reduction of about 50%. This is the reason why at the beginning of 1999 it has been initiated a rigorous program of reducing the losses in the mining activity at the National Company of Hard Coal Petrosani, respectively CNH- Petrosani.

During the stage 1992 – 2002 there have been elaborated strategy studies concerning the hard coal mining and processing, studies that have been periodically putted up to date according to macro – economical and financial changes Romania passed through. Now, the national energetic zone has to face the main challenges which are put in an internal level and a global one: the energy filling safety, the increase of the economic competitive action and the environment impact decrease. Under these circumstances, the role of the coal, and especially the lignite in the national energetic balance, raises.

The mining zone needs to take the following measures:

- Production focusing in the most profitable area;
- Closure of non-profitable exploitations, the changing of labor force and cleaning of affected areas;

The necessary of investments for the 2006-2009 season, evaluates at about 500 millions Euros, from which 20% represent mines closures and cleaning of affected areas. The

evolution of primary energy production on coal in the period between 2005-2009 years is about 24%.

Environmental aspects related to the coal mining from the Jiu Valley Basin

The mining activity performed in Romania until the year 1989 was focused mainly onto reaching high production levels, fact which has lead to neglect ecological issue and that has resulted in accumulation in time of very serious damages for the environment. Rehabilitation of mining wastes represents a constant concern of all specialists in the field of mining, biology and sylviculture, who have cooperated along the years with very good results.

The strategy concerning environment protection in Romanian involves the development of an unitary program concerning the technological implementation in the field of clearing of mining wastes out from affected areas. This program is supported by a legislative frame resulted from Low 137/1995 regarding environment protection, issues by the Ministry of Water, Forests and Environment Protection.

Jiu Valley represents one of the most important mining areas in Romania and its industrial development has generated a high level of pollution in this area. During the time, is result of Jiu Valley coal mining and processing activity, important quantities of wastes storied in waste dumps occupying a total surface of over 200 ha have been accumulated, of which 60 % are inactive. Present situation of the waste dumps from mining perimeter of Jiu Valley is presented Table 1.

In the closing mine activity two types of wastes are present in mining area: old and new waste.
The main sources of soil pollution and degradation are:

1. household waste deposited on the soil;
2. tailing deposited on the soil;
3. buildings occupying the soil.

The main sources of soil pollution and degradation are:
a) Soil being occupied by continuously degrading buildings;
b) Different types of wastes improperly stored, like scrap-iron, piles of sterile mass etc.;

c) Water (coming from the mine water drainage that belongs to RAAVJ Petroşani), which lays on a sloppy ground in the northern area of the preparation facility, as well as the rain water, which is not drained through the sewage system and is covering the sloppy zone in the northern area of the preparation facility, when rainy.

Table 1 Situation of waste dumps in accordance with the sources of waste deposits afferent to mining activities

Provenance of storied deposit	*Storage surface (ha)*		*Total (ha)*
	Active	*Passive /In conservation*	
From underground works	23.64	93.08	116.72
From coal processing plants	45.62	44.91	90.53
Total (ha)	69.26	137.99	207.25

The environment pollution sources ceased to exist since the processing activity has been suppressed. At present, washing and filtering processes have been stopped; there is no more need for supplying industrial water, and for the drainage of the residual one. The rainwater is taken away by the sewage system from inside the preparation facility.

At present, there are no more air pollution sources within the curtilage, both in terms of gas and sound pollution.

The issues of monitoring plan in post closing are presented in Table 2. The waste dumps are generally located on mountain slopes or along valleys with or without hydrologic condition. Waste depositions in valleys or rainfalls have led to the formation of lakes in the riverbeds or from. The occurrence of such lakes is geo-mechanically unfavorable.

Table 2 Issues of monitoring plan during post closure mine period

Issue	*Where is parameter to be monitored*
i. vegetation - vegetation density - vegetation	Cultivated and planted surfaces on curtilage, waste tips
ii. stability of waste tips or impoundments - settlement - erosion	Stabilised or deposition areas

The water seeps causes the phenomenon of suffusion modifies the physical- mechanical properties of the rocks in the waste dumps and in the soil, being about landslides or plastic flows eventually.

Analyses of soil pollution sources and assessment of impact to the environment

The mining perimeter is located on both banks of the Jiu River. The relief of the mining field is developed on soft rocks, clay and sands; it is hilly, with level differences and relatively steep slopes. The land is largely deforested and it is used as hayfields. The forests, covering limited areas, are mainly beech forests.

The climate is continental temperate with slight influences of the Mediterranean currents and the average annual temperature of 6-8°C, among the lowest in the country. Generally, winters are frostier than in other parts of the country and summers are very short and colder. Another characteristic of the climate is late and cold springs, sometimes with snowfalls and frosts in May.

Hard coal mining and processing has a significant influence to the environment, due to the fact these processes leads to damage of sylviculture, agriculture and landscape fund in Jiu Valley.

The soil polluting sources are the followings:

- mineral waters dumps
- industrial wastes
- household wastes.

The effects of all these polluting sources to the soil are following: they occupy large areas of agricultural a sylviculture land, land damage due to infiltration of lubricants and other substances into the soil in the case of inadequate storage of industrial wastes. As result of vegetation lack if occurs the erosion of the dump due to the fine material carried by the weather factors. The waste dumps represented the most important soil polluting sources in Jiu Valley, resulted from the mining activity. From geological point of view, these deposits consist of the following types of rocks: shale, marly – shales, marls, marls – limestone, slimes, cinder, etc.

Common characteristics are following:

- non – uniform geometry and location auto steep land areas ;
- before their settlement no land arrangement works have been carried out, such as : removal of vegetal soil, performing of crossing steps, drainage of streams or water springs in the area ;
- due to the fact that not all over locations there have been carried out waste dumps leveling works and catching of site water springs, this have often lean to local water accumulations.
- In the case of waste dumps afferent to coal processing plants, main problems consist in water included info the material resulting from the press filters that is storied into these waste dumps, especially during cold period of the year.
- In many cases the material storied auto dumps present self ignition phenomena due to coal fines in it.

In accordance to the rules regarding the design execution and passing info conservation of waste dumps these are classified as presented below:

- ❖ According to the types of storied rocks: rock hardness inflammability (dumps with flammable substances);
- ❖ According to the waste dumps geometry: nr of steps; height; surface lands shape;
- ❖ According to the environment polluting possibilities influence of powders and water;
- ❖ According to the technology used for setting the waste dumps: dry transportation system.

The ecological reconstruction actions amount the necessary actions for the improvement and re-use of the degraded soil: applying fertilizers, the sowing seeds actions and the rain water harvesting actions.

The old waste has a 107.0 ha surface and approx 54,000,000 m^3 volume, being naturally stabilised, the new waste a 82,000 m^2 surface and approx 360.600 m^3 volume, and it will be ecologies.

Works to prevent soil erosion and the stabilization of damps were made like in Figure 1.

Fig. 1. Work to prevent soil erosion and to drain the dripping waters

Evaluation of waste damps stability by numerical methods

Numerous methods of analyzing stability can be classified according to different criteria; nevertheless they can be classified into two large categories:

- Methods of static equilibrium
- Methods of deformation, based on the stress- strain relation, or
- Mixed methods (Manea, 1998).

In the second category, the determination of the Stress State in the rock - mass, which is compared, is done by several techniques.

In the paper, the determination of the Stress State was carried out using the finite element method (Salvadori et. al.1972). The method divides the analysed environment into small domains, on which a simple distribution of stresses and strains is considered, while the stresses are average on a finite volume in the rock mass. The "a priori" knowledge of the position of break surface, by applying the finite element method indicates the areas with stress concentration and their evolution with the load state, the areas with tensile stress and the displacements before slope break (Arad et al. 2000).

In the case of a waste dump, which can become unstable owing to weather phenomena the analysis method of the Stress and Strain State by the finite element method has been applied.

Adequate software by finite element analysis, QuickField has been used by which a finite domain in the rock mass is modeled through a 199 knot mesh. First of all the general problem parameters are described, in a planar model type. The data for the materials, loads and boundary conditions was provided. The part labels and the mash for the model were given in the detailed description of the geometry (Arad, 2002).

We obtained the solution by numerical modeling for Ileana 1 waste dump from Lupeni mining area. The Ileana 1 waste dump lies on an area of 14.26 ha, having 21 m average height and a volume of 4 283 656 m^3.

From the laboratory tests and the material characteristics it is known that: the elasticity module, $E = 200x10^6 N/m^2$; Poisson coefficient $\mu = 0.3$; inner friction coefficient $\varphi = 34^o$; apparent specific gravity $\gamma = 2.2x10^4$ N/m^3; Volumetric weight $\gamma = 2.31 \times 10^4$ N/m^3 (Arad, 2000).

Results and comments

The displacement on the contour of the slope and Stress tensor has been plotted in Figures 2 where is presented the state of displacements δ on the block of the slope. In Table 3, are given the values of the parameters characterizing the stress state calculated in the point at the side bottom, the side top and the critical point to right extremity of the geometric model. The model of the slope waste dump is rendered in Figures 3.

Table 3.The parameters of the stress state for the geometric model

Parameter (UM)	*At the slope top*	*At the slope bottom*	*In the critical point*
		Value	
δ_x (m)*	1.00	-0.89	0.79
δ_y (m)*	-0.71	-0.52	1.00
$\sigma_{Tr}(10^9 N/m^2)$**	4.14	2.07	6.21
$\sigma_{Mi}(10^9 N/m^2)$**	1.89	3.11	4.9
$\sigma_x(10^9 N/m^2)$***	-2.96	0.916	4.8
$\sigma_y(10^9 N/m^2)$***	-2.8	1.69	-3.55
$\tau_{xy}(10^9 N/m^2)$***	1.82	-0.85	2.59

* Displacement,
** Tresca and von Mises Stress,
***Stress tensor.

In conclusion: (i) from the analysis of the results obtained we find out that the stresses occurring in the waste dump slope are higher than the corresponding mechanical resistances ($\sigma_{rc} = 5x10^6$ N/m^2; $\sigma_{rt} = 1x10^6$ N/m^2; $\tau_{rf} = 3.41x10^6$ N/m^2) determined in the laboratory, therefore the slope is unstable; (ii) regarding displacements, it is found out that these have maximum values on the vertical, which does not, however, affect waste dump stability.

Conclusions

Corroboration of the results obtained by numerical methods, of slope modeling, and the statistical processing of the large number of instability phenomena by long term observations on them imposes making out prevision charts of instability phenomena. The prediction on slope stability, and in general on that of sides, is a requirement due to the negative impact the instability phenomenon has on the environment.

During the design, construction, and abandon of the tailing dam, the stability must be assured during all its lifetime.

The numerical methods for the simulation of the Stress State in the waste dump block were examined to assess their use in prediction sliding of the slope.

Aiming this, the environmental monitoring of the pollution sources are most important- risk assessment and reconsidering terms regarding environmental quality.

Another priority is the environmental policy, according to the specific legislation and the governmental policy. In the Jiu Valley this is done the CNH- Petrosani Enterprise.

Dumps' rehabilitation and reduction of the waste generation realize the improvement of the washed coal quality parameters and also the mining works reliability during the coal life cycle. The estimation of waste dump stability must be doing to reduce impact of the negative environmental factors.

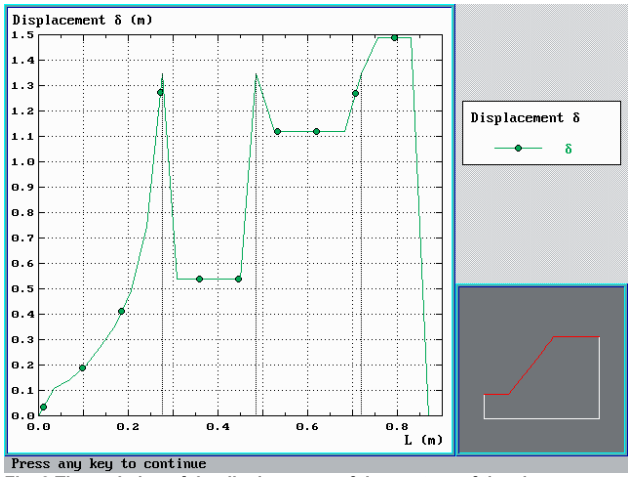


Fig. 2 The variation of the displacement of the contour of the slope

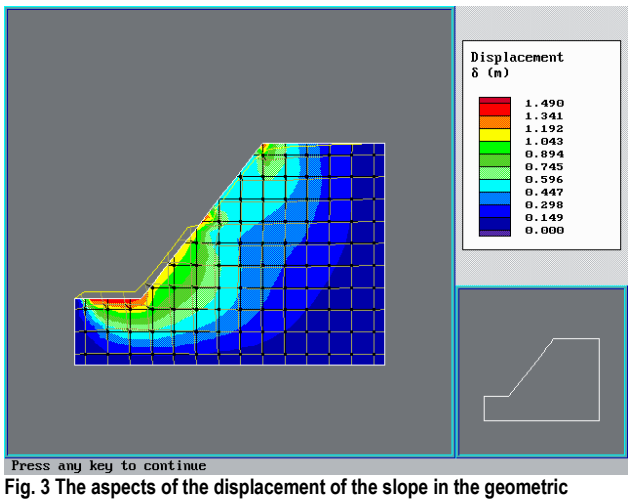


Fig. 3 The aspects of the displacement of the slope in the geometric model

REFERENCES

Arad, S., Arad, V., et.al. 1999. The economic and ecologic priorities regarding the exploitation and processing in the coal industry in Jiu Valley. *Proc. of 5th Conference on Environment and Mineral Processing*. VSB-TU Ostrava, ISBN 80-7978-671-x ,1999, pg. 313-317

Arad, S., Arad, V. & Chindris, Gh.2000 a. *Environmental Geoechnics,* Deva Polidava Press, ISBN 973-99458-0-5, (in romanian).

Arad V., Arad S., 2005. Environmental aspects of continuous mining in Jiu Valley, Romania, *Proc. SDIMI 2005*, Aachen, Germany, pg 293-297

Arad, V., Arad, S., & Cosma, D, 2002, Evaluation of side stability risk degree for environmental preservation. *Proc. of AACMSM17,* Gold Coast, Queensland, Australia, A.A. Balkema Publishers: Rotterdam, NL, pg.439-443, ISBN 90 5809 386 7

Manea, S., 1998. *Side slope stability risk degree evaluation*. Bucuresti: Conspress (in romanian).

Marinescu, C. 1988. *The Slopes and the Embankments stability assurance*. Bucuresti: Technical Press (in romanian).

Salvadori, M. & Baron, M. 1972. *Numerical Methods in Engineering*. Bucuresti; Technical Press (in romanian)

http://www.quickfield.com, Students' QuickField

http://www.minind.ro/domenii_sectoare/Pachet_de_masuri_energie_CE_ian_2007/Producerea_de_energie_durabila_din_combustibili_fosili.pdf

Recommended for publication
of Editorial board

ГОДИШНИК НА МИННО-ГЕОЛОЖКИЯ УНИВЕРСИТЕТ "СВ. ИВАН РИЛСКИ", Том 52, Св. II, Добив и преработка на минерални суровини, 2009
ANNUAL OF THE UNIVERSITY OF MINING AND GEOLOGY "ST. IVAN RILSKI", Vol. 52, Part II, Mining and Mineral processing, 2009

ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ЯКОСТТА НА НАТИСК НА СКАЛНИ ОБРАЗЦИ С ПОЛУПРАВИЛНА ФОРМА

Венцислав Иванов

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

РЕЗЮМЕ. Стандартните лабораторни изпитвания на физико-механичните свойства на скалите (ФМС) се правят на образци с правилна форма и определено съотношение на геометричните им размери (ISRM). Известно е, че много слабите скали и въглища при лабораторни изпитвания трудно се поддават на операциите по изрязване, поради структурните си особености. В публикацията е описано определянето на плътността и якостта на натиск на туфи чрез извънстандартен лабораторен тест, за нуждите на специфичен геоинженерен проект.

DETERMINATION OF COMPRESSIVE STRENGHT OF ROCK SAMPLES WITH SEMIREGULAR SHAPE

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

ABSTRACT: Standard laboratory tests of physical and mechanical properties of rocks (PMR) are being done with samples of regular shape and definite proportion of their geometrical dimensions (ISRM). It is known that very weak rocks and coals are hardly to be cut because of structural peculiarities in laboratory tests. The paper describes the determination of density and compressive strength on tuffs by nonstandard laboratory test for the needs of a specific geo engineering projects.

Въведение

При изучаване и оценка на процесите на деформиране и разрушаване на скалите, се използват разнообразни механически характеристики, най-важните, от които са плътностните и якостно-деформационните, определянг чрез лабораторни изпитвания.

По проблема изследване на ФМС е натрупан огромен обем експериментални данни [1, 2, 3]. Известни са многобройни анализи, теоретични изследвания и критични обобщения за методологията на лабораторните изпитвания [5, 3].

Прегледът на достиженията и състоянието, на този раздел от експерименталната геомеханика, позволява следните обобщения:

- Основните идеи, заложени в методологията на лабораторните изпитвания на ФМС на скалите не са променени във времето. Нарастнал е опитът и е налице съществено технологично развитие в апаратурата и оборудването за реализацията им.
- Процесите на деформиране и разрушаване на скалите все още не са изучени, в тях има приети условности, въпреки разнообразието и количеството информация и обема на този вид изследвания. Причините за това се обуславят от две групи основни фактори:
  - генетични – разнообразието в състава, строежа, структурните особености и нарушеността на типовете скали [7], които определят свойствата и поведението им, под силови въздействия;
  - методологични и метрологични – обуславящи споменатата условност на изследване – размери, форма на образците, мащабен ефект, тип и характеристики на изпитвателните машини, условия, схеми и режими на натоварване, обработка и интерпретация, представителност и надеждност на резултатите и др.

Горните обстоятелства обуславят тенденцията за търсене на начини за преодоляването им в публикациите на водещите изследвания [1, 4, 5, 3]. Те са в основата на решенията на ISRM и работата на нейната комисия за създаване на стандартизирани процедури и документи, за регламентиране на методите за характеризация на скалите. Както е известно обаче, за сега, Комисията има приети и публикувани процедури само за някои от най-използваните лабораторни тестове [10].

I. Проблем

В НИЛ „Механика на скалите" бяха доставени девет броя пробни тела, получени чрез ядково сондиране, с диаметър ~90 mm и дължини 140-210 mm. Заявителят, определил скалите като туфи, иска определението на плътността (обемната маса) и якостта на натиск, съгласно ASTM.

Още при разопаковането, пробните тела се фрагментираха на части. Визуалната оценка установи, че те съдържат петроложки включения и нееднородности от III клас [3] и са нарушени. Извършените полеви идентификации [10], определиха скалите като много слаби

– клас VW от класификацията ASTM D3148-72 – и са с якост на натиск $\sigma_c < 7MPa$ [2].

При опитите за изрязване на стандартни (NX) образци, от пробните тела, те се разпаднаха от подаваната вода, а при сухо рязане се разрушаваха от усилието в захватите, поради ниската си якост.

Изложените обстоятелства, илюстрирани на фиг. 1 са в основата на решението, да се предложи на заявителя нестандартен метод за изпитване, осигуряващ получаването на необходимите характеристики.

II. Методическа постановка на изследванията

1. Определяне на обемната маса – стандартно, чрез хидростатично претегляне [10].

2. Якост на натиск – чрез изпитване на образци с полуправилна форма [2, 9]

Образецът с полуправилна форма (с две успоредни, обработени повърхности за осигуряване на контактните условия) се натоварва равномерно нарастващо усилие $(0{,}5 \div 1 \quad MPa/s)$, до разрушаване (фиг. 1 б, в).

Якостта на натиск се определя по известна зависимост [3] - $\sigma_c = P/F.k$, където: P е разрушаващото усилие [MN], F - сечение на образеца $[m^2]$, k- коригиращ коефициент, за отчитане влиянието на формата, чрез отношението на височината (h), към диаметъра (d) на образеца [1, 2].

III. Анализ и оценка на получените резултати

Изпитани са 18 опитни образци – 9 за плътностни и 9 за якостните тестове, по интервалите на опробване в дълбочина. Получените резултати са дадени в табл. 1.

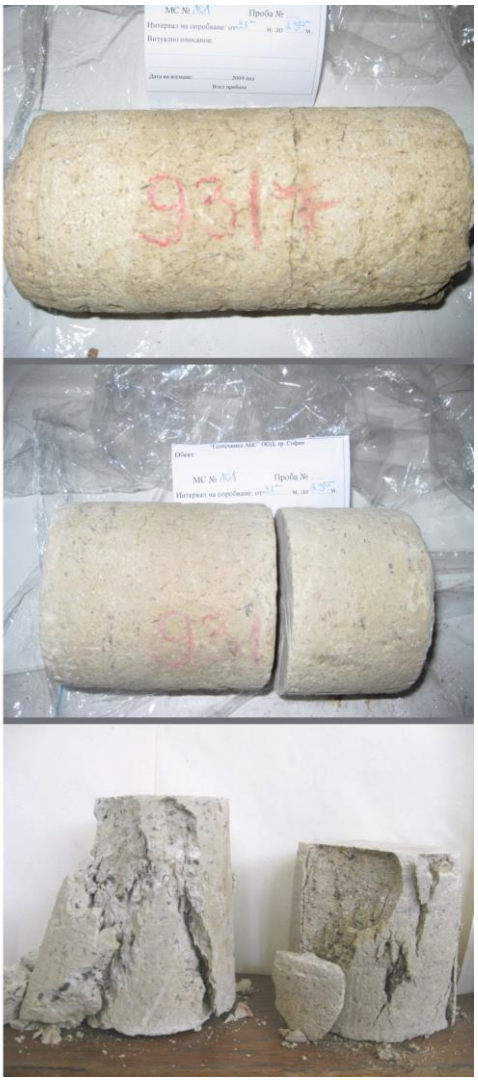
Всички опитни резултати показват, че изследваните скали са с много ниска якост, в диапазона 1,5 – 3,5 MPa. Плътността им се изменя от 0,015 - 0,020 MN/m^3. С нарастване на дълбочината има тенденция към увеличение на плътността и якостта. Формите на разрушаване са чрез надлъжно разцепване по посока на товара, т. е. Реализира се разрушаване от опън (вж. фиг. 1 в). Всички разрушавания, при изпитванията, са с аналогичен характер. Якостните свойства са силно зависими от водата, а изследваните скали са изразено хидрофилни.

С цел увеличаване на представителността на изследването, бе извършен опит за определяне индекса на точкова якост $I_{s\ (50)}$ на скалите, чрез PLT тест (Point Load Test) [3, 4]. Изпитани бяха късове от разрушените, при едноосовите изпитвания образци №№ 2, 3, 5, 6. Направените четири PLT опита не дават достоверни резултати, поради некоректни разрушавания. Вероятната причина е отново ниската якост на скалите, обуславяща нестабилни резултати [8] при използване на PLT метода.

а)

б)

в)



Фиг. 1. а) фрагментиране на пробното тяло след разопаковане; б) изрязани образци с полуправилна форма; в) образците, след изпитване на едноосов натиск

Таблица 1.
Плътностни и якостни свойства на изследваните скали

Параметър / Образец №	Интервал на опробване	Обемна маса $[MN/m^3]$	Якост на едноосов натиск $\sigma_c [MPa]$	Забележка
1	16,5 - 18	0,017	1,68	Разрушаване чрез надлъжно разцепване, без звукови ефекти, нехомогенен образец
2	16,5 - 18	0,015	1,17	Намалено сечение от жлеб по цялата височина, пукнатина, вероятно през целия образец
3	18 - 21	0,018	1,52	Разрушаване чрез разцепване, нехомогенен, с включения без видими пукнатини
4	18 - 21	0,016	0,99	Нарушена форма, напукан, разрушаване по нарушенията надлъжно и напречно
5	21 – 23,25	0,019	3,61	Правилна форма, хомогенен, без видими пукнатини, разрушаване без звук
6	21 – 23,25	0,020	2,91	Хомогенна структура, без нарушения, разрушава се без звук с разцепване по височина на образеца
7	21 – 23,25	0,020	2,88	Правилна форма, хомогенен, разцепване без звук , надлъжно разцепване
8	21 – 23,25	0,018	1,68	Нарушена форма, отлюспвания по височина, наличие на пукнатини в двете равнини
9	21 – 23,25	0,019	3,33	Разрушение от надлъжни пукнатини, по-едри включения, леко нарушена форма.

Заключение

Различни са нивата и сложността на инженерните решения, свързани с използването на механичните свойства на скалите. Това разнообразие определя степента на точност и надеждност на резултатите както и необходимите изпитвания. Оптимално приложено е онова лабораторно изследване, което използва метод, адекватен по цена, надеждност и точност на условията на конкретната инженерна задача.

Много често в практиката се работи със слаби, напукани или разслояващи се скали, които не позволяват изрязването на образци за изпитване, отговарящи на стандартните процедури. Това блокира прилагането на стандартните методи и получаването на необходимите данни за ФМС. В същото време, инженерната задача няма решение.

Описаното противоречие, както е и в конкретното изследване, обуславя прилагането на т.н. опростени методи за изследване на ФМС на скалите [3, 5, 8]. Опростените методи се характеризират с това, че на първо място са косвени т.е. базирани са на корелация между σ_c и други якостни характеристики на скалите (специфична енергия на разрушаване, обемна якост и др.) Изпитването се опростява, но в определена степен се намалява представителността на получаваните резултати [3].

Основното предимство е, че методите осигуряват количествени данни и използването им позволява параметрично, а не експертно или интуитивно решаване на конкретни задачи, базирани на якостно-деформационните характеристики на скалите.

Литература

1. Stagg K. G. , Zienkiewicz D. C. – Rock Mechanics in Engineering Practice – Willey, L., 1968
2. Hoek E. Support of Underground Excavations in Hard Rock – AA Balkema,1980
3. Фадеев А. Б. – Прочность и деформируемость горных пород – М., „Недра”, 1979
4. Иванов В. Определяне на якостно-деформационните характеристики на скалите при различни видове натоварвания – Сб. Доклади програма RIFREN, 2008
5. Abdullah H. et al – Some implications of empiricism assumptions in Laboratory Testing – SINOROCK, 2004
6. ISRM Suggested Methods for determining nuaxial compressive strength of rock materials – Document № 1, first revision, 1977
7. Hoek E. – Rock engineering - 2003, AABalkema
8. Иванов В. – Сравнение на две методики за якостни изпитвания на образци с неправилна форма – Годишник МГУ, т. 49, св. II, 2006
9. Турчанинов,И.А.- Основы механики горных пород - Л.,Недра,1989.
10. Broun E. T. - Editor Rock Characterisation Testing and Monitoring. Published for the Commision on Testing and Monitoring - ISRM, Pergamon Press, 1981

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

ГОДИШНИК НА МИННО-ГЕОЛОЖКИЯ УНИВЕРСИТЕТ "СВ. ИВАН РИЛСКИ", Том 52, Св. II, Добив и преработка на минерални суровини, 2009
ANNUAL OF THE UNIVERSITY OF MINING AND GEOLOGY "ST. IVAN RILSKI", Vol. 52, Part II, Mining and Mineral processing, 2009

ГЕОТЕХНИЧЕСКИ ИЗСЛЕДВАНИЯ НА ГЛИНИТЕ ОТ ОТКРИВНИТЕ ХОРИЗОНТИ НА РУДНИК "ТРОЯНОВО СЕВЕР" КАТО СТРОИТЕЛНА ОСНОВА НА ОБСЛУЖВАЩИТЕ ПЪТИЩА

Виолета Иванова

Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София, E-mail: wivanova@abv.bg

РЕЗЮМЕ. Извършени са геотехнически изследвания на глините (в ненарушено състояние) от откривните хоризонти на рудника. Изведени са корелационни зависимости между механичните показатели. Изследването характеризира глините като строителна основа на обслужващите руднични пътища във връзка с подобряване на съществуващите и избор на нови технологии за изграждане, текущо поддържане и ремонт и гарантиране на добро техническо състояние през експлоатационния им период.

GEOTECHNICAL INVESTIGATION OF "TROYANOVO SEVER" OVERBURDEN LEVELS CLAYS AS A SERVICE ROADS FOUNDATION

Violeta Ivanova
University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, e-mail: wivanova@abv.bg

ABSTRACT: Geotechnical investigations of "Troyanovo sever "overburden levels (intact massif) clays as service road foundation were made. Correlation between mechanical parameters was worked out. The investigation characterized the clays as a foundation of service mining roads in relation to actual technologies improving and new building technologies choosing, running maintenance and good technical conditions warrantee during their exploitation.

Въведение

Автомобилните пътища в рудниците на "Мини Марица изток" ЕАД имат обслужващи функции. Предназначени са за транспортиране на хора, резервни части и агрегати за тежката минна механизация и консумативи за тях, специализирана техника (прикачни платформи за пренасяне на булдозери, еднокофови багери и др. от една точка на открития рудник до друга и пр.), подвижни ремонтни работилници, общостопански товари (строителни материали, взривни материали и аксесоари и др.) и пр. Т. е., те нямат технологични функции за транспортиране на откривка и/или въглища, но независимо от това, в хода на тяхната експлоатация се натрупват значителни остатъчни деформации.

За гарантиране на добро техническо състояние на обслужващите пътища по време на плановия им срок на експлоатация е необходимо подобряване на съществуващите и прилагане на нови технологии за изграждането, текущото поддържане и ремонта им. Ревизирането на сега използваните в рудниците на "Мини Марица изток" ЕАД технологии на изграждане, поддържане и ремонт на обслужващите пътища изисква познаване на геотехническите свойства на глините от откривните хоризонти, необходими за определяне на носещата способност на земното платно като строителна основа. Целенасочени изследвания в този смисъл бяха проведени при изпълнение договорни тематики с рудник "Трояново 1" и "Мини Марица изток" ЕАД (Смиляонов, Иванова и др., 2008), резултатите от които са представени тук.

Методика на изследванията

Изследвани са глинести разновидности от откривните хоризонти на рудника, изграждащи земното платно на обслужващите пътища. Геотехническите показатели са определени лабораторно (в лабораторията по инженерна геология към катедра "Подземно строителство" на МГУ "Св. Ив. Рилски") и "in situ". Взетите за лабораторно изследване проби са в естествено състояние (с водно съдържание и обемна плътност, съответстващи на тези в масива).

Лабораторно са изследвани следните показатели:
- естественото водно съдържание W_n, % (БДС 644-83);
- обемната плътност ρ_n, g/cm^3 (БДС 647-83);
- якост на срязване $\tau.10^5$Pa при вертикален товар σ=1,5.10^{5}Pa (БДС 10188-82). Избраният вертикален товар отговаря на специфичното натоварване, упражнявано от тежкотоварната техника, преминаваща по вътрешно рудничните пътища;
- специфично съпротивление при пенетрация $P_m.10^5$Pa. Определя се чрез автоматичен пенетрометър тип OFD с конусен накрайник с ъгъл при върха 30° и възможност за прилагане на товар, при който конусът да потъва 3÷10mm (Демирев и др., 1979).

Съпротивление на глините при проникване с динамичен плътномер (уред на ДорНИИ). Изследването за определянето му се провежда In situ. Отчита се броят на ударите С, необходими на тежест от 2,5 kg, падаща свободно от 0,40 m височина по цилиндрично стебло с площ 1 cm^2, то да се внедри на дълбочина от 0,1 m в изследваната глинеста разновидност. Уредът е лесно преносим и лек за обслужване. Доказаните от Зеленин и др., 1975 тесни корелационни връзки между броя на ударите С и якостните параметри (кохезия *c* и ъгъл на вътрешно триене φ), а също и между броя на ударите С и водното съдържание, границите на пластичност и съдържанието на глинеста фракция позволяват чрез уреда на ДорНИИ лесно и бързо да се определят с достатъчна за практиката споменатите по-горе показатели.

Съвременен метод за определяне на носещата способност на земната основа е CBR-тестът (извършва се лабораторно и in situ). Чрез него се определя относителната якост на почвата, сравнена с еталонен, стандартен висококачествен скален материал, изследван в Калифорния. У нас методът вече е задължителен при проектиране на магистрали, пристанища и летища. При рудничните пътища с трошенокаменна настилка CBR-тестът дава възможност за бързо и лесно определяне на необходимата за полагане върху земната основа дебелина на скалните фракции, като се отчита големината на товарите, които ще преминават, както и тяхната честота. През 2007г. такива изследвания бяха проведени лабораторно и in situ за глинестите разновидности от откривните хоризонти в рудник "Трояново 3" (Смилянов, Иванова и др., 2007).

Резултати от геотехническите изследвания

Пробите за лабораторно изследване са взети в естествено състояние от II-ри, III-ти и IV-ти и V-ти откривни хоризонти на рудник "Трояново север". На същите откривни хоризонти in situ неколкократно в масива е изследвано съпротивлението на глините при проникване с динамичния плътномер (уред на ДорНИИ). Броят на ударите С за всеки вид глина в хоризонта е осреднен, поради което резултатите не са цели числа.

Осреднените резултати от проведените геотехнически изследвания на глинестите разновидности от откривните хоризонти на рудника са представени в таблица 1 (Смилянов, Иванова и др., 2008).

Таблица 1. Осреднени физико-механични показатели на глините от откривните хоризонти в рудник „Трояново север"

Хори зонт	Визуално описание	W_n, %	ρ_n, g/cm^3	τ,.10^{5}Pa при σ=1,5.10^{5}Pa	P_m, .10^{5}Pa	ДорНИИ, С, брой удари
II	Черна глина с въглищни включения	54,07	1,64	2,08	6,43	6,8
II	Синьозелена глина	27,48	1,95	2,44	7,10	8,0
III	Синьозелена глина с твърди включения	17,28	2,16	2,84	11,11	13,0
IV	Кафява глина	23,05	2,00	2,24	8,16	9,5
V	Светлосива глина	43,29	1,62	1,60	6,15	6,0

Анализът на резултатите от проведените геотехнически изследвания показва различия в свойствата на глините от откривните хоризонти, както по площ, така и във вертикална посока (табл. 1). Причина за това са условията на седиментация в периода на формирането им, както и протеклите постгенетични процеси в Източномаришкия басейн, част от който е рудник "Трояново север". Нарушаването на ритмичността на отлагане на седиментите вследствие промяна посоката на колебателните движения, различната степен на уплътняване и литификация, геохимичните процеси, протичащи в масива при движение на водите, както и нарушаването на естественото напрегнато състояние от експлоатацията в рудника, са довели до: различия в минералния и зърнометричния състав; нехомогенност, поради образуване на структурни връзки с различна природа и включения с различен характер и големина; мрежовидна напуканост от пукнатини с вълнообразни и огледални повърхнини, често запълнени с минерали.

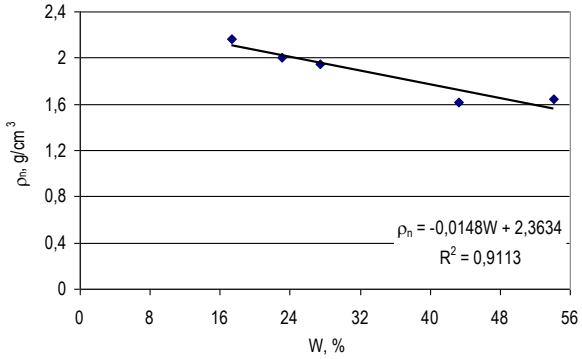
Според обемната плътност на скелета глините от откривните хоризонти са с различна степен на уплътненост (Иванова, 1999): ниска - за черните глини с въглищни включения от II^{ри} и светлосивите от V^{ти} хоризонт (с най-голямо водно съдържание); средна - за синьозелените глини от II хоризонт и кафявите от IV хоризонт и висока - за синьозелените глини от II хоризонт (с най-ниско водно съдържание) (табл. 1).

Въпреки хетерогенността на отложенията от надвъглищния комплекс на Източномаришкия въглищен басейн, между показателите за свойствата им съществуват корелационни зависимости изведени от автора (Иванова, 1999), както и от други изследователи.

Анализът на показателите за физичните свойства на глините (Смилянов, Иванова и др., 2008) – естествено водно съдържание и обемна плътност, показва също нееднородност на глините по хоризонти и за всеки отделен хоризонт. Това се дължи на различията в минералния и зърнометричния им състав и различната степен на уплътняване и заздравяване с карбонатно вещество по време на протеклите постгенетични процеси.

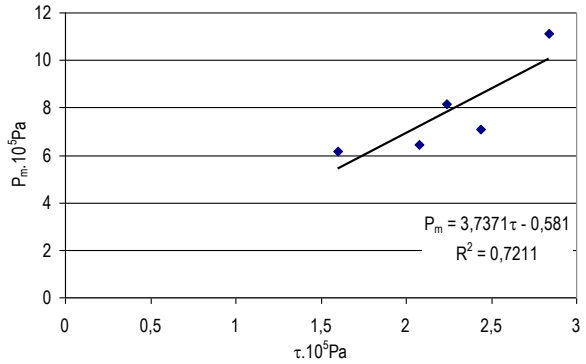
Зависимостта между обемната плътност ρ_n и естественото водно съдържание W_n за изследваните глинести разновидности е с коефициент на корелация 0,95 (фиг. 1).

Между механичните показатели - якост на срязване τ при σ=1,5.10^{5}Pa, специфично съпротивление при пенетрация P_m и броя удари при проникване с уреда на ДорНИИ, са установени праволинейни зависимости с тясна корелационна връзка (с коефициент на корелация над 0,8):



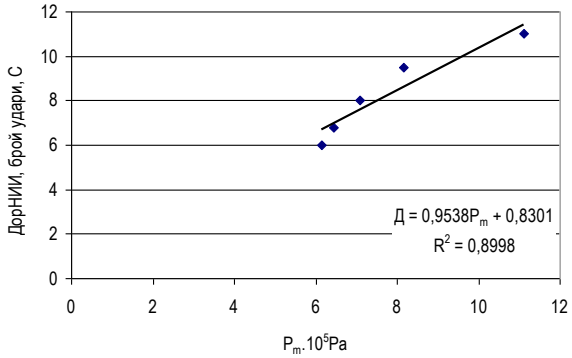
Фиг. 1. Зависимост между обемната плътност ρ_n и естественото водно съдържание W_n

● Зависимостта между специфичното съпротивление при пенетрация P_m и якостта на срязване τ при σ=1,5.10^{5}Pa е с коефициент на корелация 0,85 (фиг. 2);



Фиг. 2. Зависимост между специфичното съпротивление при пенетрация P_m и якостта на срязване τ при σ=1,5.10^{5}Pa

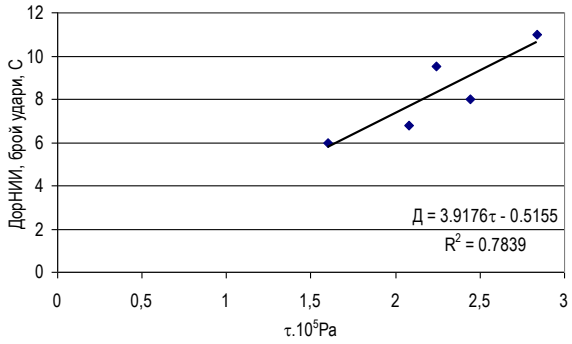
● Зависимостта между броят удари С за проникване с уреда на ДорНИИ и специфичното съпротивление при пенетрация P_m е с коефициент на корелация 0,95 (фиг. 3);



Фиг. 3. Зависимост между брой удари С за внедряване уреда на ДорНИИ и специфичното съпротивление при пенетрация P_m

● Зависимостта между броя удари С за проникване с уреда на ДорНИИ и якостта на срязване τ при σ=1,5.10^{5}Pa е с коефициент на корелация 0,89 (фиг. 4).

Между механичните показатели – якост на срязване τ при σ=1,5.10^{5}Pa, специфично съпротивление при пенетрация P_m и брой удари С за проникване с уреда на ДорНИИ и физичните показатели обемна плътност ρ_n и естествено



Фиг. 4. Зависимост между брой удари С за внедряване уреда на ДорНИИ и якостта на срязване τ при σ=1,5.10^{5}Pa

водно съдържание W_n са установени логаритмични зависимости с коефициенти на корелация над 0,8 (0,8÷0,93). Изведените зависимости доказват, че механичните показатели на глините се влияят в малко по-голяма степен от обемната плътност, отколкото от естественото водно съдържание. Това естествено кореспондира със степента им на уплътненост (Иванова, 1999).

Глините от надвъглищния комплекс (с изключение на черните, органични) са с висока до средна степен на уплътненост, особено тези, заздравени от наличие на карбонатно вещество. На механични въздействия те реагират като се съпротивляват преди всичко със структурните си връзки, а влиянието на водата в тях има подчинено значение.

Обслужващите пътища в рудник "Трояново север" се изграждат без настилка (черни) или с настилка от асфалт, бетон или трошенокаменни фракции. Проведените измервания на остатъчните деформации по тях дават информация за липсващите обеми настилка. Преобладаващата част от обслужващите руднични пътища са с настилка от трошенокаменни фракции. За остойностяване на операциите по текущо поддържане и определяне на оптималния срок за провеждането му при тези пътища, по методика предложена от Смилянов, 2008, глинестите разновидности от откривните хоризонти бяха групирани в три групи, представени в таблица 2.

За бързото и лесно определяне на носещата способност на глинестите разновидности от земното платно и необходимата дебелина на скалните фракции (с отчитане на големината и честотата на преминаващите товари) за чакълираните обслужващи пътища е необходимо изследване на CBR-характеристиките на глините от откривните хоризонти на рудника.

Изводи

1. Геотехническите изследвания на глинестите разновидности от откривните хоризонти на рудника са проведени по методика, съобразена с особеностите при изграждане, ремонт и поддържане на обслужващите пътища.

2. Анализът на резултатите от проведените геотехнически изследвания показва различия в свойствата на глините

Таблица 2. Групиране на глините от откривните хоризонти според осредненитe им физико-механични показатели

Група №	Вид глини, върху които е изграден чакълирания път	Откривен хоризонт	τ,.10^5Pa при σ=1,5.10^5Pa	P_m, .10^5Pa	ДорНИИ, С, брой удари
1	1.1. Черни глини с въглищни включения 1.2. Светлосиви глини	II V	2,08 1,60	6,43 6,15	6,8 6,0
2	2.1. Синьозелени глини 2.2. Кафяви глини	II IV	2,44 2,24	7,10 8,16	8,0 9,5
3	3.1. Синьозелени глини с твърди включения	III	2,84	11,11	13,0

от откривните хоризонти, както по площ, така и във вертикална посока (табл. 1). Това се дължи на различията в минералния и зърнометричния им състав и различната степен на уплътняване и заздравяване с карбонатно вещество по време на протеклите постгенетични процеси.

3. Между механичните показатели - якост на срязване τ при σ=1,5.10^5Pa, специфично съпротивление при пенетрация P_m и брой удари при проникване с уреда на ДорНИИ, са установени праволинейни зависимости с тясна корелационна връзка (с коефициент на корелация над 0,8).

4. За бързото и лесно определяне носещата способност на глинестите разновидности от земното платно и необходимата дебелина на скалните фракции (с отчитане на големината и честотата на преминаващите товари) за чакълираните обслужващи пътища се препоръчва изследване на CBR-характеристиките на глините от откривните хоризонти на рудника.

Литература

1. Смилянов А., В. Иванова и др. *Оптимизация с цел минимизиране на средногодишните разходи за строителство, поддържане и ремонт на сега прилаганите пътни настилки за обслужващите пътища в условията на рудник "Трояново 1"*. Отчет по дог. 1135. Архив на р-к "Трояново 1". 2008.
2. Смилянов А., В. Иванова и др. *Оптимизация с цел минимизиране на средногодишните разходи за строителство, поддържане и ремонт на сега прилаганите пътни настилки за обслужващите пътища в ненарушен и нарушен масив за условията на рудниците на "Мини Марица изток" ЕАД"*. Отчет по дог. 1928. Архив на НИС при МГУ, София. 2008.
3. Демирев А. и др. *Ръководство за упражнения по инженерна геология*. ДИ Техника, София. 1979. 406 с.
4. Зеленин А. и др. *Машины для земляных работ*. Изд. Машиностроение, М. 1975. 422 с.
5. Смилянов А., В. Иванова и др. *Изследване на CBR-характеристиките на глините от надвъглищния комплекс на рудник "Трояново 3" за изясняване на възможностите за прилагане на нетрадиционни пътни и други настилки*. Отчет по дог. 1347. Архив на р-к "Трояново 3". 2007.
6. Иванова В. *Геотехнически свойства на надвъглищния комплекс и влиянието им върху производителността на роторните багери в Източномаришкия въглищен басейн*. Дисертация за получаване на научно-образователна степен "доктор". 1999.

Препоръчана за публикуване от Катедра "Подземно строителство ", МТФ

ГОДИШНИК НА МИННО-ГЕОЛОЖКИЯ УНИВЕРСИТЕТ "СВ. ИВАН РИЛСКИ", Том 52, Св. II, Добив и преработка на минерални суровини, 2009
ANNUAL OF THE UNIVERSITY OF MINING AND GEOLOGY "ST. IVAN RILSKI", Vol. 52, Part II, Mining and Mineral processing, 2009

ИЗУЧАВАНЕ ХАРАКТЕРА НА ДВИЖЕНИЕ НА ТОЧКИ ОТ СЕВЕРНИЯ НЕРАБОТЕН БОРД НА РУДНИК "ТРОЯНОВО-СЕВЕР" ПО ДАННИ ОТ МАРКШАЙДЕРСКИ НАБЛЮДЕНИЯ

Александър Цонков[1], Георги Колев[2]

[1] Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София, altzon@abv.bg
[2] Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София, varka@abv.bg

РЕЗЮМЕ: В доклада се изследва възможността за използване на теорията на временните редове за описание и прогнозиране на процеса на движение на репери от наблюдателните линии от северния неработен борд на рудник "Трояново-Север".
В резултат на проучването се доказва, че вертикалните премествания на различните точки, наблюдавани в продължение на много години, се описват най-добре с един и същ вид функция – кубичната. Извършено е прогнозиране на деформационния процес за някои от наблюдаваните репери, а регулярните маркшайдерски измервания потвърждават, при доверителен интервал 95%, съвпадение на прогнозата. Направени са изводи и относно възможността за получаване на количествени оценки за влияещите върху процеса на движение природни и миннотехнически фактори.

MOVEMENT NATURE EXAMINATION OF POINTS FROM NORTH NON-WORKING BORD OF OPEN PIT MINE "TROYANOVO-NORTH" BY MINE SURVEY OBSERVATION DATA

Alexander Tzonkov[1], Georgi Kolev[2]
[1] University of mining and geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, altzon@abv.bg
[2] University of mining and geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, varka@abv.bg

ABSTRACT: The present report examining the opportunity of using time series for describing and prognostication movement process of observation lines reference marks from north non-working bord of open pit mine "Troyanovo-North".
The results give a proof that vertical movement of different points, observed many years, is best described by cubic function. A prediction of deformation processes for some reference marks is made and it is proof by regular mine survey observation with 95% confidence probability. Conclusions about opportunity for calculation of natural and technical factors, that have influence over movement process, are made.

Фактори влияещи върху устойчивостта на откосите

Устойчивостта на откосите се понижава при намаляване на якостните характеристики на скалите, при увеличаване височината или ъгъла на откоса, при повишаване нивото на подземните води, а така също при увеличаване допълнителното натоварване на откоса. Появата на деформации в откосите нарушава нормалната работа в рудника и води до големи разходи на средства и време за разчистване на обрушените или свлечени скали и за намаляване ъгъла на наклона на бордовете (Христов, 2000).

Условията и факторите, влияещи върху устойчивостта на откосите, могат да се разглеждат като природни и технологични.

Природните фактори се разделят на три подгрупи : инженерно–геоложки (физикомеханични свойства на скалите, напуканост на масива, процеси на изветряване и набъбване, напуканост и тектонски нарушения), хидрогеоложки (влияние на подземните води; възникване на хидродинамичен натиск, натиск в порите и суфозия на скалите и т.н.; увеличаване на обемното тегло на скалите вследствие овлажняване под нивото на подземните води, поява на свлачищни сили и намаляване степента на устойчивост на откоса) и климатични (количество атмосферни валежи, температура на въздуха в района, изпаряемост, релеф, вятър, залесеност и т.н.).

Технологичните фактори включват начина на разкриване, системата на разработване, направлението и реда на минните работи, интензивността на разработване на рудничното поле, размерите и формата на рудника в план, профила на бордовете, начина на водене на пробивно-взривните работи, височината на стъпалата в рудника, дълбочината на рудника, вида на минно-транспортните средства, условията на формиране на свойствата на насипа в насипищата, схемата на насипообразуването, системата и границите на отводняване и т.н.

Свлачищни явления в рудник „Трояново – север"

Съгласно методическото ръководство на рудниците от Източномаришкия басейн свлачищните явления в рудник „Трояново-север" са склонови, възникнали в процеса на естественото историческо развитие на релефа и откосни, предизвикани от изкопно-насипните работи при изграждането на различни инженерни съоръжения или при строителството и експлотацията на рудника.

По-големите свлачища в рудник „Трояново–север” са били през 1966 г., 1967 г., 1968 г. и 1970 г. на работния борд и през 1987 г. на неработния борд.

За безопасната експлоатация на рудника е необходимо да се извършват наблюдения в участъците, в които се очаква развитие на свлачищни процеси. Целта на тези наблюдения е да се следи поведението на земните маси и чрез анализ да се прогнозират мястото, размерите и времето на появяване на свлачища, за да може да се вземат навременни мерки за предотвратяването им.

По препоръки на “Минпроект” ЕАД се извършват ежемесечни прецизни маркшайдерски измервания с цел определяне само на вертикалните премествания на реперите от стабилизираните наблюдателни линии. Като опасна стойност е определена скорост на слягане 2мм/мес. Резултатите от измерванията се обработват със специализиран софтуер и се представят в табличен вид.

Общо за теорията на временните редове

Динамичният анализ представлява едно от основните направления на статистическия анализ, при който се характеризира повторяемостта, изменението на масовите явления във времето. Статистическите величини, които характеризират процеса на изменение на изследваното масово явление като поредица от състояния от последователни точки във времето (моменти или периоди), формират т.нар. динамични статистически редове от данни. Индикаторът за време може да означава различни мерки – часове, дни, седмици, месеци, тримесечия, години и др. Измененията в изследваните процеси, които описват динамичните статистически редове, имат разнообразен характер. Това се дължи на разнообразието на факторите, които определят характера и посоката на тези изменения в различни моменти и подпериоди на изследвания период (Манов, 2001).

Теоретично, анализът се разделя на три етапа:

- Описание на изследвания процес.

- Количествено определяне на влиянието на външни фактори.

- Прогнозиране на вече анализирания процес.

В основата на разграничаването на различните компоненти е същността и разликата между изменения и развития въобще, като атрибути на времето.

Компонентите могат да се дефинират по следния начин:

- Трендът (T) характеризира насоченото, закономерното и нециклично развитие на изследвания процес, което е резултат от действието на устойчиви, закономерни фактори през изследвания период. Трендът може да има различна посока и форма.

- Цикличните колебания (C) са регулярно повтарящи се отклонения в развитието на изследвания процес с определена периодичност и амплитуда за периоди, по-големи от една година.

- Сезонните колебания (S) представляват регулярно повтарящи се отклонения в развитието на изследвания процес с определена периодичност и амплитуда за периоди по-малки от една година. Както сезонните, така и цикличните колебания са породени от закономерно действащи фактори и характеризират развитие. Поради тази причина тези компоненти основателно понякога се наричат цикличен (сезонен и несезонен) тренд.

- Случайните колебания (I) представляват разнопосочни отклонения, които характеризират изменението на изследвания процес в резултат на случайни и разнопосочно действащи фактори.

Всеки динамичен ред представлява повече или по-малко сложна комбинация от случайния компонент и останалите компоненти. Най-често динамичните редове се представят в мултипликативна форма, като произведение от съставящите го компоненти:

$$Y = TCSI \qquad (1)$$

Мултипликативният модел на динамичните редове обикновено се приема като достатъчно подходяща основа за описание и обяснение на процесите в социално-икономическата област. В по-редки случаи се прилага адитивния модел на динамичните редове, при който отделните компоненти са свързани чрез сумиране:

$$Y = T + C + S + I \qquad (2)$$

Една от основните типологизации на динамичните статистически редове е по отношение на липсата или наличието на развитие в процеса. В това отношение те се делят на две големи групи – стационарни и нестационарни. Най-общо може да се каже, че динамичният статистически ред е стационарен, когато характеризира изменението на случаен процес, в който няма развитие. Елементите на този ред се формират от една постоянна величина и една променлива величина, за която се предполага, че има случаен характер. Нестацинарните динамични редове характеризират процеси, в които има развитие (закономерен компонент, тренд). Елементите им се формират като функция на времето и отклонения, които се приемат за случайни.

Автокорелационна и частна автокорелационна функция

В повечето случаи състоянието на изследвания процес в определена точка във времето зависи от неговото състояние в предходни моменти. Това означава, че елементите на динамичния статистически ред, които отразяват изменението на процеса са зависими помежду си. Автокорелацията представлява вътрешна взаимо-зависимост между елементите на динамичния ред. За измерването й се формират т.нар. лагови променливи величини. Те се получават чрез „изместване” на динамичния ред с определен брой елементи. Като се има предвид лаговите променливи величини при различен лаг,

за измерване на автокорелацията се използват т.нар. коефициенти на автокорелация:

$$r_k = \frac{\sum_{t=1}^{n-k}(Y_t - \overline{Y})(Y_{t+k} - \overline{Y})}{\sum_{t=1}^{n}(Y_t - \overline{Y})^2}, k = 1,\ldots,n-1, \quad (3)$$

където $\overline{Y}$ е средната хронологична величина, а *к* е лагът, който определя порядъка на автокорелационния коефициент. Коефициентите на автокорелация заемат стойности в интервала от -1 до 1. За конкретен динамичен ред при различни значения на лага се получават различни коефициенти на автокорелация, които формират т.нар. автокорелационна функция. При нестационарните редове тази функция е затихваща, т.е. с увеличаването на лага, автокорелационните коефициенти се стремят към 0. Това свойство на автокорелационната функция се определя от обстоятелството, че състоянието на емпиричните процеси в дадена точка във времето зависи в по-голяма степен от по-близкото минало и в по-малка степен от по-далечното минало (Манов, 2001). Също така при различните типове нестационарни редове се получават различни по форма автокорелационни функции. Ако динамичният ред е дълъг и с ясно изразен устойчив тренд, автокорелационните коефициенти могат да се окажат статистически значими до сравнително големи значения на лага. Ако динамичният ред съдържа сезонни колебания, автокорелационната функция също има сезонно поведение. За проверка на статистическата значимост на автокорелационните коефициенти може да се използва тестът на Бокс-Люнг (Box-Ljung). Най-общо, нулевата хипотеза гласи, че коефициентът на автокорелация от *к*-ти порядък е статистически значим. Емпиричната характеристика се получава по формулата :

$$Q_k = n(n+2)\sum_{c=1}^{k}\frac{r_c^2}{n-c} \quad (4)$$

При достатъчно голям брой елементи в динамичния ред теоретичната характеристика се намира по таблиците за χ^2 разпределението. Освен коефициентите на автокорелация, в динамичния статистически анализ намират приложение и т.нар. частни коефициенти на автокорелация (rp_{kk}). Те измерват вътрешната взаимозависимост между елементите в динамичния ред, като се елиминира влиянието на междинните елементи. Частният коефициент на автокорелация от първи порядък съвпада с обикновения коефициент на автокорелация от първи порядък. Коефициентът от втори порядък измерва връзката между Y_t и Y_{t-2}, като се елиминира влиянието на Y_{t-1}. В общия случай частният коефициент на корелация от *к*-ти порядък се получава по формулата:

$$rp_{kk} = \left(r_k - \sum_{j=1}^{k-1} rp_{k-1,jrk-j}\right) \Big/ \left(1 - \sum_{j=1}^{k-1} rp_{k-1,jrj}\right), k = 3,\ldots \quad (5)$$

Автокорелационната функция и частната автокорелационна функция могат да се използват самостоятелно за формиране на изводи и заключения относно взаимозависимостите в динамичния ред (Манов, 2001).

Анализ на тренда

В повечето случаи при анализ на тренда, основната цел на изследователя е подчинена на стремежа да се получи практически полезна информация за закономерните фактори, които определят изменението на изследвания процес, за силата и начина по който действат и тяхната устойчивост във времето.

Трендовите модели представляват функции на времето, при които зависимата променлива се формира от елементите на изследвания динамичен ред. Те могат да бъдат линейни или нелинейни. От формално-алгоритмична гледна точка трендовите модели съответстват на регресионните модели при регресионния анализ. Трябва да се има предвид, че между тях има съществени различия по отношение на практическата им интерпретация (Манов, 2001).

Линейният трендов модел може да се опише с формулата:

$$Y_t = b_0 + b_1 t + e_t \quad (6)$$

Както при линейния регресионен модел, така и тук, свободният член на трендовия модел b_0 представлява ординатата на точката, в която правата пресича ординатната ос. Коефициентът b_1 измерва средния прираст на изследвания процес (средното абсолютно изменение за единица време). Този коефициент определя наклона на правата спрямо абсцисната ос. При силно проявление на тренда в динамичния ред, наклонът на правата е относително голям и коефициентът b_1 има висока стойност. При липса на тренд правата ще бъде успоредна на абсцисната ос и коефициентът b_1 ще има нулева стойност. При намаляващ тренд коефициентът b_1 ще има отрицателна стойност.

Когато трендът в изследвания динамичен ред има нелинейна форма, линейният трендов модел не е подходящ за неговото моделиране. Всички нелинейни модели могат да бъдат използвани за моделиране на тренда в динамичните редове след като бъдат представени като функции на времето:

- Квадратичен модел:

$$\hat{Y}_i = b_0 + b_1 t_i + b_2 t_i^2 \quad (7);$$

- Кубичен модел :

$$\hat{Y}_i = b_0 + b_1 t_i + b_2 t_i^2 + b_3 t_i^3 \quad (8);$$

- Логаритмичен модел

$$\hat{Y}_i = b_0 + b_1 \ln t_i \quad (9);$$

- Мултипликативен модел :

$$\hat{Y}_i = b_0 t_i^{b_1} \quad (10);$$

- Модел на нарастването:

$$\hat{Y}_t = \exp(b_o + b_1 t) \quad (11);$$

- Експоненциален модел:

$$\hat{Y}_t = b_0 e^{b_1 t} \quad (12);$$

- S-крива:

$$\hat{Y}_t = \exp(b_0 + \frac{b_1}{t}) = e^{(b_0 + b_1/t)} \quad (13);$$

- Степенен модел:

$$\hat{Y}_t = b_o b_1^t \quad (14);$$

- Инверсен модел:

$$\hat{Y}_t = b_0 + \frac{b_1}{t} \quad (15);$$

- Логистичен модел:

$$\hat{Y}_t = \frac{1}{\frac{1}{u} + b_o b_1^t} \quad (16)$$

Избор на най-адекватен модел

Изборът може да протече през следните етапи:

1. Проучване на динамичния ред и определяне формата на тренда. На този етап изследователят трябва да получи най-обща ориентация за моделите, които могат да се експериментират при моделирането на тренда.

2. Формиране на набор с конкуриращи се трендови модели, които съответстват приблизително на формата на тренда.

3. Извършва се оценка на адекватността на конкуриращите се модели с помощта на F-критерия. Ако моделът се окаже адекватен, той остава в списъка, в противен случай се изключва от анализа.

4. Сравняват се коефициентите на детерминация за оценка на степента на адекватност на конкуриращите се модели. За най-адекватен модел се определя този, който има най-голям коефициент на детерминация.

Посочените етапи и критерии за избор на най-адекватен трендов модел не могат да се разглеждат като задължителни, особено когато моделът се използва за прогностични цели. В този случай е възможно да се получат по-точни прогнози при модел, който не отговаря на критерия за максимален коефициент на детерминация. За да се получат достатъчно точни и практически полезни прогнози, е необходимо да се използват и други критерии, свързани с очакваното бъдещо поведения на изследвания процес (Манов, 2001).

За прогнозирането с трендов модел е нужно да се определи периода на прогнозиране, съвместно с доверителния интервал. Бъдещите проявления на изследвания процес ще се проявяват в границите на доверителния интервал, като няма да са точните проявления на изглаждащата функция на трендовия модел.

Анализ на сезонните колебания

Както бе посочено по-горе сезонните колебания са регулярно повтарящи се отклонения в развитието на изследвания процес с определена периодичност и амплитуда за периоди, които са по-малки от една година. Тези колебания са предизвикани от систематично и трайно действащи сезонни фактори. Дължината на периода, за който се проявява една сезонна вълна, формира сезонен цикъл. При означаване на дължината на този период с P, при тримесечни данни един сезонен цикъл е равен на четири тримесечия (P=4), при месечни данни е равен на 12 месеца (P=12).

Основната задача при анализа на сезонните колебания се свежда до декомпозиране на изследвания динамичен ред на съставящите го компоненти. На тази основа се извеждат обобщаващи измерители за действието на сезонните фактори и за останалите компоненти в реда. Сезонните колебания могат да се проявят в комбинация със случайните или в комбинация с тренд и случайни колебания. Освен това сезонните колебания могат да се проявяват с променяща се във времето амплитуда (мултипликативно) или с постоянна амплитуда (адитивно). За да се извърши сезонната декомпозиция, изследвания динамичен ред трябва да бъде с достатъчна дължина. В статистическата теория това условие е конкретизирано с изискването за най-малко 4 дължини на сезонния цикъл.

Сезонна декомпозиция при мултипликативни сезонни колебания

1. Изчисляване на верижните средни величини, които характеризират тренда в динамичния ред.

2. Изчисляване на индивидуалните сезонни индекси. Тези индекси характеризират относителния дял на промените в изследвания процес в резултат на действието на сезонните и случайните колебания през отделните подпериоди, на които съответстват елементите на динамичните редове. Новополученият ред не съдържа тренд. Индивидуалните сезонни индекси се получават като процентно отношение на фактическите данни към верижните средни величини.

$$SI_{ij} = \frac{Y_{ij}}{\hat{Y}_{ij}} 100 \quad (17)$$

3. Изчисляване на коригираните сезонни индекси. Те представляват усреднени характеристики на проявлението на сезонните фактори през отделните подпериоди на сезонния цикъл.

4. Сезонно коригиран динамичен ред (Seasonally Adjusted Series). Той съдържа „очистени" от сезонните колебания елементи, които характеризират тренда, цикличните и случайните колебания в изследвания процес.

$$SAS_{ij} = \frac{Y_{ij}}{S_i} 100, i = 1,..., p, j = 1,..., k. \quad (18)$$

5. Изравнен динамичен ред на тренда и цикличните колебания (Smoothed Trend–Cycle Series). Той съдържа елементи, които характеризират тренда и цикличните колебания в динамичния ред и са „очистени" от сезонни и случайни колебания. Елементите на изравнения динамичен ред на тренда и цикличните колебания (STC) се получават, като се изравни сезонно коригирания ред с помощта на претеглени верижни средни величини по формулата:

$$STC_t = \frac{SAS_{t-2} + 2SAS_{t-1} + 3SAS_t + 2SAS_{t+1} + SAS_{t+2}}{9}, t = 2,..., n-2. \quad 19)$$

6. Динамичен ред на случайните колебания (Irregular Component). Елементите на този ред са „очистени" от всички останали компоненти (тренд, циклични и сезонни колебания) и характеризират действието на случайни фактори в изменението на изследвания процес. Те се получават, като се разделят елементите на сезонно коригирания динамичен ред на елемените на изравнения динамичен ред на тренда и цикличните колебания.

$$I_t = \frac{SAS_t}{STC_t}. \quad (20)$$

Сезонна декомпозиция при адитивни сезонни колебния

Сезонната декомпозиция на динамичен ред, в който има адитивни сезонни колебания, се извършва в същата последователност, която се използва при анализа на мултипликативните сезонни колебания.

1. Изчисляване на верижни средни величини.

2. Изчисляване на индивидуални сезонни разлики (Seasonal differences).

$$DI_{ij} = Y_{ij} - \hat{Y}_{ij}. \quad (21)$$

За разлика от индивидуалните сезонни индекси, индивидуалните сезонни разлики представляват абсолютни величини.

3. Изчисляване на коригираните сезонни разлики. Тези разлики представляват усреднени характеристики на проявлението на сезонните фактори през отделните подпериоди на сезонния цикъл.

4. Сезонно коригиран динамичен ред. Елементите на този ред при адитивни сезонни колебания се получават по формулата:

$$SAS_{ij} = Y_{ij} - D_i, i = 1,..., p, j = 1,..., k. \quad (22)$$

5. Изравнен динамичен ред на тренда и цикличните колебания. Елементите на изравнения динамичен ред на тренда и цикличните колебания (STC) се получават, като се изравни сезонно коригирания ред с помощта на претеглени верижни средни величини.

6. Динамичен ред на случайните колебания. Елементите му се получават като разлика между елементите на сезонно коригирания динамичен ред и елемените на изравнения динамичен ред на тренда и цикличните колебания:

$$I_t = SAS_t - STC_t, t = 1,..., n. \quad (23)$$

Един от важните практически и методологически проблеми при сезонната декомпозиция е определянето на типа на сезонните колебания. С известни основания се предполага, че ако се приложи мултипликативния метод при адитивен тип сезонни колебания, не се нарушава коректността на анализа, докато при сезонни колебания от мултипликативен тип приложението на адитивния метод може да наруши тази коректност. Ето защо, когато изследователят има съмнения относно типа на сезонните колебания, е по-добре да се използва мултипликативния метод за сезонна декомпозиция (Манов, 2001).

Изучаване характера на движение на северния неработен борд на рудник "Трояново-север" с теорията на временните редове

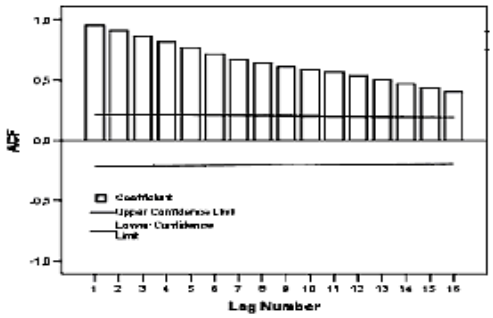
За изучаване на движенията на земните маси от северния неработен борд на рудник "Трояново-север", с цел вземане на навременни мерки за предотвратяване на свлачища, са стабилизирани наблюдателни линии. Те са разположени перпендикулярно на борда и се състоят от различен брой репери. Извършват се ежемесечни маркшайдерски измервания за определяне на вертикалните премествания.

За нуждите на настоящото изследване са използвани данните за репери, разположени в различни зони на борда и от различни наблюдателни линии. По-долу са показани резултатите от обработването на преместванията на репер № 1541. Аналогични резултати са получени при изследване и на репери № 1314, 1321, 1408, 1414, 1428, 1533. Освен по ситуационно разположение, тези репери са подбрани и поради наличието на резултати от непрекъснати регулярни измервания през целия срок на съществуване на съответната наблюдателна линия.

Изучаване на преместванията на репер № 1541

Автокорелационна функция на вертикалните премествания

Анализът на тази функция показва силна взаимо-зависимост между елементите в реда. Това, че коефициентите на автокорелация пресичат границата на доверителния интервал до сравнително големи значения на лага, означава че те са статистически значими и редът е с ясно изразен тренд. (***Фиг. 1***)



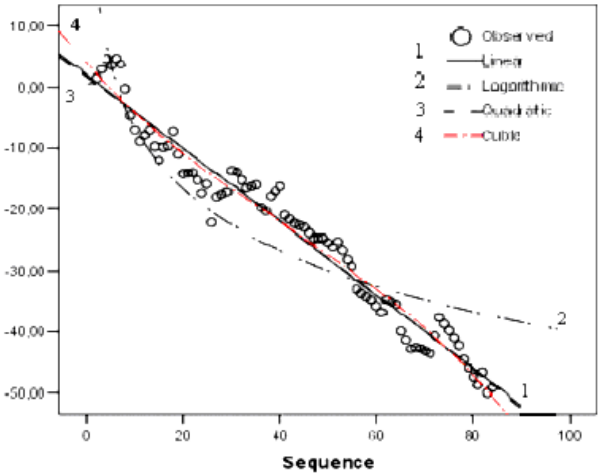
Фиг. 1. Автокорелационна функция за динамичния ред на репер №1541

Анализ на тренда на вертикалните премествания

Експериментирани са едновременно четири трендови модела: линеен, логаритмичен, квадратичен и кубичен. Анализът показва, че и четирите модела отразяват адекватно процеса при критично ниво на значимост $\alpha = 0{,}05$. Най-висок коефициент на детерминация (в колоната Rsq от табл.1) има кубичният модел, който се приема за най-адекватен модел. (фиг.2.)

Таблица 1

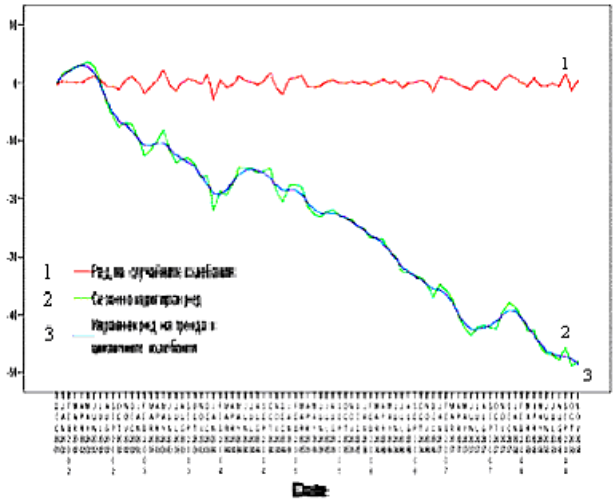
Mod	ModSum	Parameter Estimates			
	R Square	Const	b1	b2	b3
Lin	.960	1.938	-.599		
Log	.793	26.562	-14.439		
Qua	.960	1.614	-.576	.000	
Cub	.963	3.805	-.877	.009	-6.89 E-005



Фиг. 2. Експериментирани трендови модели за репер №1541

Сезонна декомпозиция на вертикалните премествания

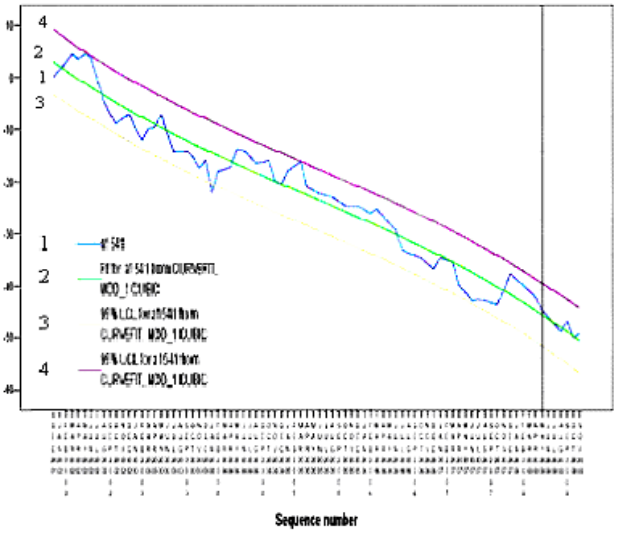
На фиг.3 е показано развитието на изследвания процес, като в средата на периода ясно проличава тенденционното и устремено слягане на репера. В края на периода се забелязват сезонни колебания, изразени с пикове през месеците юни 2007 и юни 2008. Това поведение се обяснява с разположението на репера спрямо неподсипаното пространство. Вертикалните премествания се увеличават по стойност при "заставане" на неподсипаното пространство срещу наблюдателната линия. Тогава, когато подсипването запълни празното пространство под наблюдателната линия, вертикалните премествания чувствително намаляват по стойност. От този момент, при нормални условия, влиянието на тренда на изследвания процес се проявява по-слабо, отколкото сезонните колебания.



Фиг. 3. Сезонна декомпозиция за динамичния ред на репер №1541

Прогнозиране на вертикалните премествания с помощта на тренда на репер № 1541 при известни стойности на изследвания ред за периода май 2008 ноември 2008

На фиг.4 се вижда прогнозната реализация и реално измерените стойности на слягането на репера. При доверителен интервал 95%, се наблюдава пълно съвпадане на „прогнозата".



Фиг. 4. Прогнозиране с помощта на тренда на репер № 1541

Изводи

1. От направените изследвания се вижда, че методът на временните редове може да се използва успешно за описание и прогнозиране на вертикалните премествания на точки от северния неработен борд на рудник „Трояново-север";

2. За всички изследвани точки от северния неработен борд (независимо от коя наблюдателна линия и в коя зона на борда се намират) изглаждащата крива, избрана по критериите в методиката на временните редове, е една и съща като вид – кубична;

3. С оглед на получаване на по-достоверна прогноза за бъдещ период на наблюдание, след всяко регулярно геодезическо измерване, е необходимо потвърждение за адекватността на избрания модел по предложената методика (т.е. след всяко измерване да се повтаря процедурата за избор на адекватен модел, което с програмния продукт SPSS се постига лесно и бързо);

4. След подсипване на празното пространство под наблюдателните линии и съответно затихване на процеса на слягане, се наблюдават прояви на сезонност в движенията на наблюдаваните репери;

5. За получаване на количествени оценки, за влияещи върху процеса на движение природни и миннотехнически фактори, е необходимо при наблюденията да се измерва температура, влажност, количество валежи, ширина на неподсипано пространство и разположението му спрямо наблюдателната линия и т.н.;

6. За получаване на коректни стойности при изследвания за описание и прогнозиране на поведението на наблюдаваните репери е необходимо маркшайдерските измервания да се извършват през еднакъв период от време;

7. За добиване на пълна представа относно развитието на деформационния процес на северния неработен борд на рудник „Трояново-север", е необходимо извършването и на измервания за определяне на хоризонталната съставяща на вектора на преместване на реперите от наблюдател-ните линии. При съвременното ниво на геодезическата и изчислителната техника и апаратура това не представлява проблем.

Литература

Инструкция за изследване на деформациите на сгради и съоръжения чрез геодезически методи., С., 1980 г.

Маждраков, М., 1983 г., Маркшайдерство. Методика на маркшайдерските работи в откритите рудници., С., ВМГИ.

Манов, А., 2001 г., Статистика със SPSS, С., Тракия – М.

Методическо ръководство за стабилитетни изчисления на работни, подсипвани и неподсипвани неработни бордове и откоси на насипищата на рудниците от Източномаришкия басейн.

Технология за автоматизация на маркшайдерските работи в откритите рудници, Раздел VI.
Автоматизирани изследвания на пространствени деформации, С.,1994г.

Христов, Ст., 2000 г., Устойчивост и отводняване на откосите в откритите рудници и кариери., С., Изд.къща "Св.Ив.Рилски".

Ценков, Ц., 2004 г., Моделиране на геодинамични Процеси по резултати от геодезически измервания, хабил.труд.

Препоръчана за публикуване от Катедра "Маркшайдерство и геодезия", МТФ

ГОДИШНИК НА МИННО-ГЕОЛОЖКИЯ УНИВЕРСИТЕТ "СВ. ИВАН РИЛСКИ", Том 52, Св. II, Добив и преработка на минерални суровини, 2009
ANNUAL OF THE UNIVERSITY OF MINING AND GEOLOGY "ST. IVAN RILSKI", Vol. 52, Part II, Mining and Mineral processing, 2009

ПРИЛАГАНЕ МЕТОДА НА КРАЙНИТЕ ЕЛЕМЕНТИ В УСЛОВИЯТА НА ИЗМЕНЧИВОСТ НА СВОЙСТВАТА НА СКАЛИТЕ

Георги Трапов[1], Георги Михайлов[2]

[1] *Минно-геоложки университет "Св.Иван Рилски", 1700 София, E-mail:* trapov@abv.bg
[2] *Минно-геоложки университет "Св.Иван Рилски", 1700 София*

РЕЗЮМЕ. Физикомеханичните свойства на скалния масив са природна даденост. Те имат ясно изразен вероятностен характер. Това обикновено не се отчита при прилагане метода на крайните елементи. Изследваните величини най-често са неслучайни функции на свойствата на скалите и следователно имат също стохастичен характер. При извеждане на вероятностните закони на тези величини в аналитичен вид се срещат редица трудности. Стохастичното моделиране позволява да се получат стойностите на важни за практиката числени характеристики на величините.
Съставен е модел, компютърната реализация на който представлява имитационно моделиране на изследваните величини.
Решени са примери, които дават основание за анализ, съпоставка и оценка на предложения подход.

APPLICATION OF THE FINITE ELEMENT METHOD IN CONDITIONS OF ALTERATION OF THE ROKS PROPERTIES

Georgy Trapov[1], Georgy Mihaylov[2]
[1]*University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, e-mail:* trapov@abv.bg
[2]*University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia*

ABSTRACT. The physical and mechanical properties of the rock mass are a natural fact, which usually is not taken into consideration at the application of the finite element method. Most often, the researched values are non-random functions of the rock properties and consequently also have stochastic character. There are a series of difficulties at the derivation of the probabilistic laws of these values in analytic form. The probabilistic modeling allows the values of important for practice numeric characteristics to be obtained.
A model, which computer realization is a simulative modeling of the researched values, is composed.
Examples, which give grounds of analysis, comparison and assessment of the approach suggested, are solved.

1. Постановка на задачата.

Основните фактори, влияещи на устойчивостта на минни изработки са геоложки, хидрогеоложки, физико-механични, климатични и минно технически.

Физикомеханичните свойства на скалите са физични (зърнометричен състав, плътност, порестост), водни (водно съдържание, набъбване и свиване, размекване, лепкавост), якостни (якост на: натиск, опън, срязване, огъване), деформационни (относителна деформация, коефициент на Поасон, модул на еластичност, модул на срязване, модул на обемно свиване, коефициент на странично разширение,модул на деформация) и реологични (деформации на пълзене, вискозитет).

Особено внимание по-нататък ще бъде обърнато на влиянието на физикомеханичните свойства при изследване на напрегнатото и деформирано състояние на масива по метода на крайните елементи. Почти всички тези величини са количествени.

Рудникът е сложна система и нейното състояние се определя от съвместното влияние на много фактори (величини). В математическите модели, посредством които се описва нейното състояние и в частност напрегнатото и деформирано състояние на масива, тези фактори участват с числените си стойности. На практика изследователя или този, който трябва да вземе управленско решение разполага със стойностите на тези величини, получени посредством наблюдение или подходящ експеримент. Точността на получените данни зависи от точността на апаратурата за измерване и от условията на експеримента.

При провеждане на инженерна дейност в скалния масив е необходимо да се знае поведението на скалите, особено в близост до минните изработки. Голямото разнообразие в свойствата на скалния масив, дължащо се на влиянието на множество природни фактори, налага необходимостта от тяхното изучаване. Характеристиките на масива се изследват или в условията на естественото му залягане чрез непосредствени натурни измервания, или върху подходящо избрани образци. Методиките за подбор на пробите и изготвянето на образците са изложени в инструкции, ръководства, статии и като отделни части от различни монографии.

Същност на методите за оразмеряване на конструктивни елементи е изследването и определяне на степента на натоварване на целици, напрегнатото и деформирано състояние около проучвателни, подготвителни и добивни изработки. За целта се използва математическо

моделиране и се прилагат съответни методи за решаване и изследване. Тъй като не е възможно да се отчетат всички действуващи фактори, най-често скалният масив се разглежда като еластична, еднородна, изотропна среда.

В съвременната инженерна наука и практика широко приложение намират методите, използуващи апарата на теорията на еластичността (Тимошенко С. П., Д. Губьер, 1979), (Партон В. З., П. И. Перлин, 1981), в която решаването на пространствената задача се свежда до определяне на компонентите на преместванията u, v, w, на напреженията $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z, \sigma_{xy}, \sigma_{xz}, \sigma_{yz}$ и на деформациите $\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z, \gamma_{xy}, \gamma_{xz}, \gamma_{yz}$ във всяка точка на разглежданото тяло. За целта е необходимо съставянето на система от 15 диференциални уравнения, чието съвместно решаване дава възможност да се определи напрегнатото и деформирано състояние на реалния обект. Задачата може да се реши в напрежения, в деформации или в премествания. Тук е приета третата от посочените форми. В този случай от 15-те диференциални уравнения се изключват напреженията и деформациите и се получава диференциално уравнение спрямо преместванията.

В повечето случаи обаче геометричната конфигурация на телата и граничните условия са толкова сложни, че определянето на преместванията, напреженията или деформациите чрез решаване на съответните диференциални уравнения се оказва крайно трудна, а понякога и непосилна задача. Стремежът към по-висока адекватност на математическият модел и реалния обект води до отчитане на множество фактори, което трудно може да се направи в рамките на класическата теория на еластичността. Това изискване, заедно със възможността за използване на съвременни бързодействуващи електронноизчислителни машини водят до бурно развитие на числените методи и в частност до широко използуване на вариационното смятане в строителната и скалната механика.

Основната задача на вариационното смятане е да се намери функция, за която функционала на общата потенциална енергия на системата, изразена като функция на преместването, достига екстремум.

Решението на вариационната задача обикновено се търси числено, т.е. с така наречените преки методи (Courant R., Hilbert D., 1951; Нечас, 1967). За създател на класически пряк метод (Ritz W., 1908) се счита Ритц (1878-1909). В съответствие с принципа на Лагранж, най-често с метода на Ритц (метод на крайните елементи) се търси минимумът на функционала на общата потенциална енергия на системата.

При метода на крайните елементи се достига до решаване на система линейни уравнения, която в матричен вид може да се запише така

$$[K]\{u\} = \{F\}$$

Това равенство представлява основното уравнение на метода на крайните елементи, решението на което е

$$\{u\} = [K]^{-1}\{F\}\,. \qquad (1)$$

Матрицата $[K]_{3m,3m}$, където n е броят на възлите в мрежата, е обобщената матрица на коравината на системата. Нейните елементи се определят от геометрията на възлите (координатите им) и от деформационните характеристики на разглежданата среда. Намирането на обобщената матрица на коравината на системата се извършва по различни начини. Относително най-лесният е да се намерят матриците на коравината $[k]_e$ на отделните елементи, след което техните членове да се адресират и прибавят към съответните им елементи на обобщената матрица $[K]_{3m,3m}$ на коравината на системата.

Елементите на матрицата стълб $\{u\}$ са преместванията, а $\{F\}$ - действащите сили във всеки възел на мрежата на дискретизация.

За да се илюстрират идеите за прилагане на метода на крайните елементи в условията на изменчивост на свойствата на скалите тук се разглежда еднородна и изотропна среда, като при дискретизация на средата се използва триъгълен елемент.

Нека се разгледа триъгълен елемент с върхове *i, j, k*, които да са и възлите на дискретизация. Под действието на силите

$$(f_x)_i, (f_x)_j, (f_x)_k, (f_y)_i, (f_y)_j, (f_y)_k, (f_z)_i, (f_z)_j, (f_z)_k\,,$$

приложени във върховете на елемента се получават премествания $\{\delta\}_e = \{u_i, u_j, u_k, v_i, v_j, v_k\}^{\mathrm{T}}$ на всеки от възлите.

Тогава деформациите $\{\varepsilon\} = \{\varepsilon_x, \varepsilon_y, \gamma_{xy}\}^T$ се намират по формулата

$$\{\varepsilon\} = [B]\{\delta\}_e\,, \qquad (2)$$

където $[B]$ е матрица, елементите на която зависят само от координатите на възлите на триъгълника.

При линейна зависимост между напреженията $\{\sigma\} = \{\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}\}^T$ и деформациите обобщеният закон на Хук в матричен вид може да бъде записан така

$$\{\sigma\} = [D]\{\varepsilon\}\,, \qquad (3)$$

където $[D]$ е матрицата на еластичността.

При равнинно напрегнато състояние

$$[D] = \frac{E}{1-\mu^2}\begin{pmatrix} 1 & \mu & 0 \\ \mu & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0{,}5(1-\mu) \end{pmatrix}. \qquad (4)$$

Тук E и μ са съответно модулът на Юнг и коефициентът на Поасон.

При равнинно деформирано състояние

$$[D]=\begin{pmatrix}\lambda+2G & \lambda & 0\\ \lambda & \lambda+2G & 0\\ 0 & 0 & G\end{pmatrix}, \qquad (5)$$

където λ и G са коефициентите на Ламе:

$$\lambda=\frac{E\mu}{(1+\mu)(1-2\mu)}, G=\frac{E}{2(1+\mu)}.$$

Може да се покаже, че матрицата на коравината $[k]$ на разглеждания триъгълен елемент с лице S се намира посредством равенството

$$[k]=S[B]^T[D][B]. \qquad (6)$$

2. Модел, отчитащ случайния характер на свойствата на скалите и на величините, които са функции от тях

Вероятностната природа на свойствата на скалите ще бъде обоснована с анализ на изменението на физико-механичните свойства на скалите и в частност на якостните свойства. Значителното изменение на якостта на скалите често е свързана (Смирнов Б. В., 1983) с механични процеси, водещи до концентрация на напреженията в отделни участъци на масива, което довежда или до уплътняване и повишаване на якостта на минералните агрегати, или в условия на пренатоварване, води до нарушаване на действащите в тях връзки и понижаване на якостта под определена граница, при което настъпва пълно разрушаване. Освен механичните процеси на якостта влияят топлинни, хидравлични, химични процеси и др.

Казаното показва, че даже елементарни инженерно-геоложки процеси зависят от много взаимодействащи си или взаимно независими фактори. Още по-сложна и многообразна е причинната обусловеност на по-сложни процеси. Ето защо развитието на инженерно-геоложките процеси зависи от съчетанието на разнообразни тенденции с неизвестни предварително флуктоации, предизвикани от трудно предсказуемите влияния на съвкупността от действуващи фактори. По друг начин казано, стойностите на свойствата на скалите се изменят, както по време така и по място, а определени значения на тези показатели в конкретен случай се реализират с някаква вероятност. Всичко това показва ясно изразения вероятностен характер на свойствата на скалите.

Но щом модулът на Юнг E, коефициентът на Поасон μ и обемното тегло ρ са случайни величини, то и всички неслучайни функции с тези аргументи са също случайни величини. От (4) или (5) става ясно, че матрицата D зависи от E и μ. Тогава по силата на (6) и матрицата $[k]$ зависи от тях. Същият извод е в сила и за обобщената матрица на коравината. Силите $\{F\}$ в (1) са функция на случайната величина обемно тегло. Тогава пак според (1) преместванията $\{u\}$ във възлите са също случайни величини, тъй като са неслучайни функции на случайните величини E, μ и ρ. Равенства (2) и (3) показват, че деформациите и напреженията са също случайни величини.

Както е известно, научно обосновани методи за анализ на посочените случайни величини са разработени в теория на вероятностите, математическата статистика и други математически дисциплини. Да се търси аналитично решение на проблема е нецелесъобразно. Единственият път остава съставянето на числен модел. Тук е избран методът на имитирането на случайни величини. Вероятностното моделиране е възможно и достъпно посредством съвременните компютри и заедно с идеите (Обретенов А., 1978), (Соболь И. М., 1972) за получаване на случайни числа с желан вероятностен закон на разпределение.

За по-голяма прегледност на изложението се приема, че ρ е константа, а само E и μ са случайни величини. Съвкупността от двете слагаеми (E, μ) представлява двумерна случайна величина. Предполага се, че в резултат на извършени наблюдения (лабораторни изпитания) е известна извадка с обем n за двумерната случайна величина (E, μ). Съставен е нейният интервален емпиричен закон на разпределение, който представлява двумерна таблица от числа. Това всъщност е съвместното разпределение на (E, μ). По-долу стойностите на E са означени с x, а тези на μ - с y. С $F(x,y)$ ще бъде означена съвмесната функция на разпределение на (E, μ).

Съгласно формулата

$$F(x,y)=F_x(x).F_{yx}(y/x)$$

може да се получим последователно имитирането на величината (E, μ), посредством произволна двойка η_1, η_2 независими, равномерно разпределени в интервала [0; 1] случайни числа. За целта се използват обратните функции на $F_x(x)$ и $F_{yx}(y/x)$ в следната последователност. Посредством намереното число η_1 и обратната функция F_x^{-1} се намира стойността $x^*=F_x^{-1}(\eta_1)$. От x^* се вижда коя е съответната условна функция на разпределение $F_{yx}(y/x^*)$. С помощта на нея, чрез намереното число η_2 и обратната функция F_{yx}^{-1} се определя реализацията y^* на процеса при втората стъпка по формулата $y^*=F_{yx}^{-1}(\eta_2/x^*)$. С това е извършена една имитация на величината (E, μ).

Този процес се изпълнява многократно, за да се получат достатъчно на брой такива реализации, като при всяка от тях чрез намерените премествания се получават

напреженията и деформациите в определени възли. Целта е чрез тях да се намерят оценки на определени характеристики (най-често на математическото очакване) на случайните величини $\{\varepsilon\} = \{\varepsilon_x, \varepsilon_y, \gamma_{xy}\}^T$ и $\{\sigma\} = \{\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}\}^T$.

3. Машинна реализация на модела

Макар да бяха приети някои условия, опростяващи задачата, практическата реализация на този директен метод на имитиране е съпроводена с редица трудности, дори в разглеждания от нас двумерен случай. Това се запазва даже и при използване на компютър, тъй като се налага да се съхраняват в паметта на изчислителната машина редица таблици, а и организирането на изчислителния процес е твърде сложно.

Като входни данни за реализиране на построения алгоритъм се използват:

- брой на реализациите на имитиране;
- данни за *E*, μ и ρ от лабораторни изпитания;

Машинното изпълнение се извършва в следната последователност:

1. Прочитат се входните данни;

2. Посредством извадката за трите случайни величини *E*, μ и ρ се намира таблицата на съвместното интервално статистическо разпределение и съответната комулативна функция;

3. С генератор на случайни числа се получават три (η_1, η_2, η_3) независими, равномерно разпределени в интервала [0; 1] случайни числа, чрез които се имитира, по указания по-горе начин, случайната величина (E, μ, ρ);

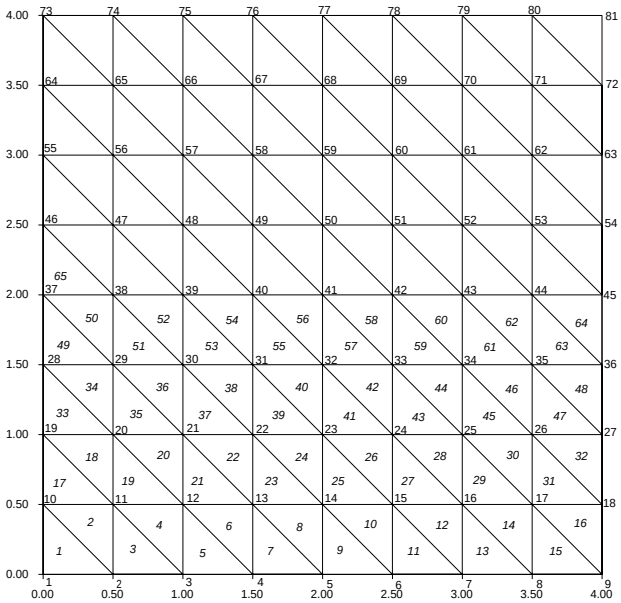
4. С използване на създадения изчислителен модул за прилагане на метода крайните елементи се намира поредната реализация на величините $\{\varepsilon\} = \{\varepsilon_x, \varepsilon_y, \gamma_{xy}\}^T$ и $\{\sigma\} = \{\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}\}^T$; Точки 3 и 4 се изпълняват зададения брой пъти, след което се преминава към точка 5;

5. Получава се желаната оценка за $\{\varepsilon\}$ и $\{\sigma\}$ и резултатите се извеждат на подходящо външно устройство (монитор, принтер, външно запомнящо устройство).

С това приключва реализирането на изложения алгоритъм

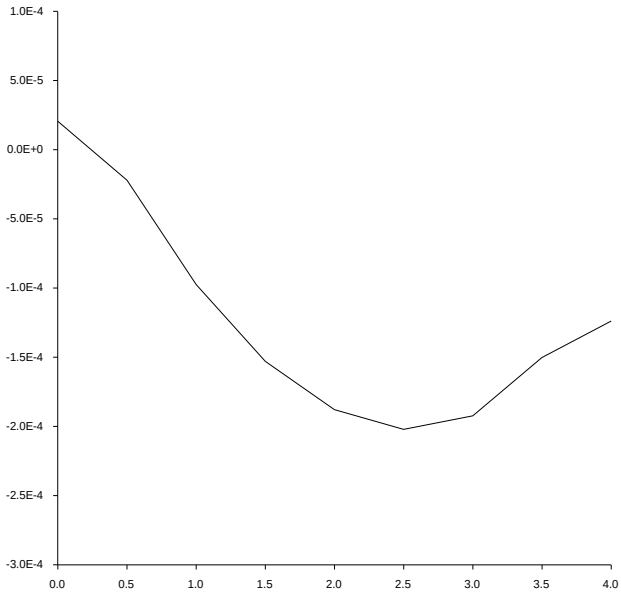
4. Резултати и изводи

С помощта на предложеният модел е изследвано поведението на „гредостена" (фигура 1), която се разглежда като еднородно, хомогенно и изотропно тяло. Дискретизирането на средата е извършено с 128 триъгълни елемента. След многократно изпълнение на изчислителната процедура са получени преместванията, напреженията и деформациите. За онагледяване са използвани получените стойности за напреженията σ_y, взети по сечение „19-27", свързващо възлите с номера 19 и 27.



Фиг. 1. Схема на дискретизация за примера „гредостена"

За няколко изпълнения е получена картината, изобразена на фигура 2.



Фиг. 2. Напрежения σ_y по сечение „19-27"

Налагат се някои изводи:

- Прилагането на метода на крайните елементи в условията на изменчивост на свойствата на скалите дава възможност за по-пълно отчитане на извършените натурни и лабораторни наблюдения. Това води до по-висока адекватност на математическия модел и изследвания обект;

- Предложеният подход се реализира с обработка на голям обем данни, което изисква създаване на специализирани програмни продукти.

Извършените реализации на модела дават основание да твърди, че той с успех може да се разглежда като надстройка на традиционното приложение на метода на крайните елементи. Аналогичен подход може да се използва и при прилагане на други методи за изследване на напрегнатото и деформирано състояние на скалния масив.

Литература

Обретенов А. Вероятности и статистически методи. „Наука и техника", София 1978.

Партон В. З., П. И. Перлин. Методы математической теории упругости. Москва, "Наука", 1981.

Смирнов, Б. В. Вероятносные методы прогнозирования в инженерной геологии. Москва, "Недра", 1983.

Соболь И. М. Метод Монте-Карло. „Наука", Москва, 1972.

Тимошенко С. П., Д. Губьер. Теория упрогости. Москва, "Наука", 1979.

Courant R., Hilbert D. Methods of Mathematical Physics. – Berlin: Springer Verl., 1924. (Руски превод: Курант Р., Гильберт Д. Методы математической физики.- М. – Л.: Гостехиздат, 1951.)

Ritz W. Über eine neue Methode zur Lösung gewisser Variations Probleme der Matematischen. – Physik, 1908, 135, H. 1.

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

ГОДИШНИК НА МИННО-ГЕОЛОЖКИЯ УНИВЕРСИТЕТ "СВ. ИВАН РИЛСКИ", Том 52, Св. II, Добив и преработка на минерални суровини, 2009
ANNUAL OF THE UNIVERSITY OF MINING AND GEOLOGY "ST. IVAN RILSKI", Vol. 52, Part II, Mining and Mineral processing, 2009

ОПТИМИЗИРАНЕ УСТОЙЧИВОСТТА НА ОТКОС ПО МЕТОДА НА СЛУЧАЙНОТО ТЪРСЕНЕ

Георги Трапов, Паулин Златанов

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

РЕЗЮМЕ. Оценката на устойчивостта на откривно или добивно стъпало в открит рудник е необходимо условие за неговата нормална работа. Стойностите на физичните и якостни показатели на масива са променливи величини във времето и пространството, което не се отчита. Това води до резултати, които често не съответстват на действителността. С помоща на метода на случайното търсене се определя зоната, в която се намира вероятната повърхнина на свличане. Оценява се риска от свличане на откоса при оценка на устойчивостта по традиционния начин.

A SLOPE STABILITY OPTIMIZATION BY METHOD OF CASUAL SEARCH

Georgi Trapov, Paulin Zlatanov
University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia

ABSTRACT. The valuation of working bench slope stability in open-pit is a necessary condition for its normal operation. The values of the massif physics and strength indices are variable quantities which are not accounted. This leads to results that don't correspond to the real situation. Using the method of casual search the area where is situated probable surface landslide is determined. The risk of slope landslide is evaluated by traditional method.

Една от основните задачи при проектиране и експлоатация на открити рудници е осигуряване на устойчивостта на работните, неработните бордове, насипищата и прилежащата инфраструктура. За източномаришките открити рудници това е съществен въпрос, тъй като се работи в слаби скали, на големи площи и със значителни изменения на свойствата във вертикално и латерално отношение, т. е. при сложни инженерногеоложки условия. Картината допълнително се усложнява като се има предвид влиянието на минно-техническите и минно технологичните фактори.

Тук е прието разбирането (Фисенко, 1965; Мельников, 1981; Панюков, 1978; Арсентьев, 1982 и др.) под устойчивост на борда да се счита неговата способност да се противопостави на въздействието на различни външни сили и да запазва функциите си продължително време.

Описаните в Стоева и др., (2005), Христов, (2000) методи за определяне на устойчивостта позволяват да се намери в масива формата и положението на плъзгателната повърхнина, във всяка точка от която е спазено условието за гранично равновесие на Кулон. Ако частта от скалния масив над плъзгателната повърхнина по определен начин е разделен на *n* блока, то в равнинния случай, условието за равновесие се изразява с равенството

$$\sum_{i=1}^{n} P_i \sin\alpha_i = tg\varphi \sum_{i=1}^{n} P_i \cos\alpha_i + \sum_{i=1}^{n} c_i l_i \ ,$$

където:

P_i [t] е теглото на *i*-ти блок;

α_i [...°] - ъгъл на наклона на линията на плъзгане в основата на *i*-ти блок;

φ [...°] - ъгъл на вътрешно триене на масива;

c_i [t/m^2] – кохезията в масива на *i*-ти блок;

l_i [m]– дължината на линията на плъзгане на *i*-ти блок.

Избраният метод трябва да позволява намиране на най-слабата повърхнина на плъзгане при спазване на статичното равновесие. Най-често като критерий за това се използва отношението на задържащите $tg\varphi \sum_{i=1}^{n} P_i \cos\alpha_i + \sum_{i=1}^{n} c_i l_i$ към свличащите сили $\sum_{i=1}^{n} P_i \sin\alpha_i$. Така е и при метода на Фисенко, където коефициентът на устойчивост се определя посредством функцията

$$F(\gamma,\varphi,c) = \frac{tg\varphi \sum_{i=1}^{n} P_i \cos\alpha_i + \sum_{i=1}^{n} c_i l_i}{\sum_{i=1}^{n} P_i \sin\alpha_i} \ . \qquad (1)$$

При избрано разделяне на масива на блокове, анализа на израза (1) показва, че *F* е функция на обемното тегло (използва се при пресмятане на P_i), ъгъла на вътрешно триене и кохезията. Стойностите на тези величини се изменят в определени граници и често се приема, че имат в този интервал равномерно вероятностно разпределение,

т. е. на равни дължини вероятностите остават едни и същи. При спазване на определени условия и фиксирани стойности на показателите γ_0, φ_0 и c_0, изчислителният метод на Фисенко и други, подобни на него, дават възможност с висока достоверност да се определи положението на плъзгателната повърхнина, т. е. повърхнината с минимална стойност $F_{\min}(\gamma_0,\varphi_0,c_0)$ на функцията (1), което значение е прието да се нарича коефициент на устойчивост.

Опитът показва, че $F_{\min}(\gamma_0,\varphi_0,c_0)$ приема граничните си стойности по-рядко и то за кратко време. Особено опасна е, разбира се, минималната стойност, която може да е под единица и е указание за предстоящ или вече настъпил процес на разрушаване. В преобладаващата част от случаите коефициента на устойчивост приема стойности от вътрешността на интервала на изменение.

От тук става ясно значението на това да се намерят минимума $\min F_{\min}(\gamma,\varphi,c)$ на коефициента на устойчивост и максимума $\max F_{\min}(\gamma,\varphi,c)$ на коефициента на устойчивост, при възможно изменение на изчислителните показатели в определените граници. Заедно с това е важно да се намерят и съответните повърхнини на плъзгане. Такава многомерна задача е трудно да се реши с традиционните средства на математиката. За целта могат да се използват съвременни методи за оптимизиране. В разглежданият случай целевата функция (1) е известна и могат да се приложат градиентни методи, методите на случайното търсене (Растригин, 1965; Вучков, 1986) и други.

За намирането на минимума $\min F_{\min}(\gamma,\varphi,c)$ и максимума $\max F_{\min}(\gamma,\varphi,c)$ на коефициента на устойчивост $F_{\min}(\gamma_0,\varphi_0,c_0)$ ще бъде използван метода на случайното търсене с обратна стъпка.

Идеята на метода ще бъде изложена за случая, когато се търси максимум на целевата функция $y=f(x_1,x_2,x_3)$ на три променливи, при ограничения $(x_i)_{\min}\le x_i\le(x_i)_{\max}, i=1,2,3$. Често $x_i, i=1,2,3$ се наричат управляващи параметри. За всеки от аргументите се приема стъпка на изменение на стойностите им, която е означена с $\Delta x_i, i=1,2,3$.

Алгоритъмът за прилагане на метода на случайното търсене се свежда до последователност от следните стъпки:

1. Избира се начална точка $x^0(x_1^0,x_2^0,x_3^0)$, която удовлетворява условията $(x_i)_{\min}\le x_i^0\le(x_i)_{\max}, i=1,2,3$. Намира се стойността на целевата функция $y^0=f(x^0)$ в тази точка. Обикновено за начална точка се избират средите на дефиниционните интервали на аргументите, т. е. $x_i^0=0{,}5[(x_i)_{\min}+(x_i)_{\max}], i=1,2,3$. По-долу началната точка ще бъде означавана с x^k, при *k*=0. С буквата *M* ще бъде означен брояча на несполучливите стъпки. Тук той приема стойност 0, т. е. *M*=0. С *n* е означен броят на аргументите на целевата функция. За по-голяма прегледност бе прието *n*=3;

2. Генерират се числата $\beta_i, i=1,2,3$. В редица програмни системи могат да се ползват генератори на равномерно разпределени в интервала [0, 1] числа. Ето защо тук се предполага, че с такъв генератор са получени случайните числа η_1,η_2,η_3. В следващи стъпки на алгоритъма се изисква случайните числа да са в интервала [-1, 1]. За целта се извършва трансформацията $\beta_i=2(\eta_i-0{,}5), i=1,2,3$;

3. Намират се координатите на случайния вектор (ξ_1,ξ_2,ξ_3) по формулите:

$$\xi_i=\frac{\beta_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^{3}\beta_i^2}}, i=1,2,3.$$

Лесно се съобразява, че $\sum_{i=1}^{3}\xi_i^2=1$;

4. Прави се стъпка в случайно направление, при която от точка $x^k(x_1^k,x_2^k,x_3^k)$ се намира точка $x^{k+1}(x_1^{k+1},x_2^{k+1},x_3^{k+1})$ по формулите

$$x_i^{k+1}=x_i^k+\Delta x_i.\xi_i, i=1,2,3.$$

Проверява се дали са удовлетворени неравенствата

$$(x_i)_{\min}\le x_i^{k+1}\le(x_i)_{\max}, i=1,2,3.$$

Ако неравенствата са изпълнени се преминава към точка 5 от алгоритъма. В противен случай стойността на брояча на несполучливи стъпки *M* се покачва с 1. Проверява се дали е изпълнено неравенството $M>2^n+4$. Ако е изпълнено, търсенето на максимума на целевата функция е приключено и се преминава към точка 8 от алгоритъма;

5. Получава новата стойност $y^{k+1}=f(x^{k+1})$ на целевата функция Сравняват се стойностите $y^k=f(x^k)$ и $y^{k+1}=f(x^{k+1})$. Ако е изпълнено неравенството $f(x^{k+1})>f(x^k)$, то стъпката е сполучлива и се преминава към точка 2 от алгоритъма. При несполучлива стъпка се преминава към точка 6 от алгоритъма;

6. Прави се обратна стъпка по формулите

$$x_i^{k+1}=x_i^k-\Delta x_i.\xi_i, i=1,2,3$$

и се получава новата стойност $y^{k+1}=f(x^{k+1})$ на целевата функция;

7. Сравняват се стойностите $y^k=f(x^k)$ и $y^{k+1}=f(x^{k+1})$. Ако е изпълнено неравенството $f(x^{k+1})>f(x^k)$, то стъпката е сполучлива и се преминава към точка 2 от

алгоритъма. При несполучлива стъпка стойността на брояча M се покачва с 1; Проверява се дали е изпълнено неравенството $M > 2^n + 4$. Ако е изпълнено, търсенето на максимума на целевата функция е приключено и се преминава към точка 8 от алгоритъма;

8. Полученият резултат се съхранява на подходящ носител и/или се извежда на екрана на монитора.

За условията на мини „Марица изток" по изложения по-горе алгоритъм са направени изчисления за определляне положението на плъзгателната повърхнина в откривно стъпало, изградено от сини глини, при следните условия:

- височина на откривното стъпало 12*m*;
- ъгъл на откоса 53°;
- стойностите на физичните и якостни показатели са дадени в таблица 1. Използвани са традиционните означения γ, φ и *c*, съответно за обемна плътност, ъгъл на вътрешно триене и кохезия.

Таблица 1.
Стойности на физичните и якостни показатели

Означение	Минимална стойност	Максимална стойност	Средна стойност
$\gamma\,[t/m^3]$	$\gamma_{min} = 1{,}70$	$\gamma_{max} = 2{,}00$	$\bar{\gamma} = 1{,}85$
$\varphi\,[...°]$	$\varphi_{min} = 5$	$\varphi_{max} = 8$	$\bar{\varphi} = 6{,}5$
$c\,[t/m^2]$	$c_{min} = 3$	$c_{max} = 6$	$\bar{c} = 4{,}5$

Задачата за определяне положението на плъзгателната повърхнина се формулира като:

- намиране на минимума $\min F_{min}(\gamma,\varphi,c)$ от възможните стойности на коефициента на устойчивост $F_{min}(\gamma_0,\varphi_0,c_0)$;

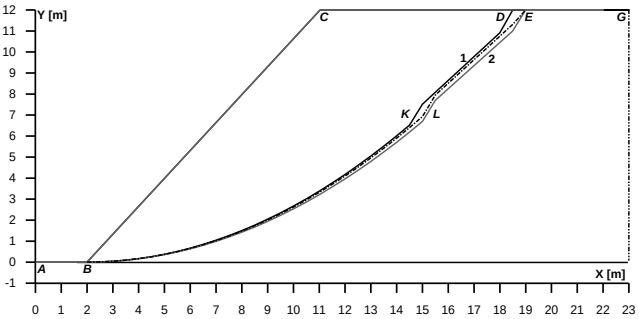
- намиране на максимума $\max F_{min}(\gamma,\varphi,c)$ от възможните стойности на коефициента на устойчивост $F_{min}(\gamma_0,\varphi_0,c_0)$,

т.е. намиране на интервала, в който най-вероятно се намира коефициента на устойчивост, при възможно изменение на изчислителните показатели в определените граници. На двете стойности $\min F_{min}(\gamma,\varphi,c)$ и $\max F_{min}(\gamma,\varphi,c)$ съответстват две плъзгателни повърхнини.

Съставена е компютърна програма, с помощта на която са получени и анализирани резултатите от решаването на редица задачи.

За задачата, представена по-горе, резултатите са илюстрирани графично на фигура 1. Плъзгателната повърхнина *BKD* съответства на минималната стойност $\min F_{min}(\gamma,\varphi,c) = 0{,}86$ на коефициента на устойчивост. Тя е получена при $\gamma = 1{,}71\,t/m^3$, $\varphi = 5{,}44°$, $c = 5{,}96\,t/m^2$. Максималната стойност $\max F_{min}(\gamma,\varphi,c) = 1{,}75$ е намерена по плъзгателна повърхнина *BLE*, при което съответните значения на физичните и якостни показатели са $\gamma = 1{,}99\,t/m^3$, $\varphi = 7{,}06°$, $c = 3{,}02\,t/m^2$.

Нека се предположи, както често се прави на практика, че за изчисляване устойчивостта на стъпалото се използват средните стойности $\bar{\gamma} = 1{,}85\,t/m^3$, $\bar{\varphi} = 6{,}5°$, $c = 4{,}5\,t/m^2$ на показателите. Съответната плъзгателна повърхнина на фигура 1 е изобразена с пунктирана линия между линии *BLE* и *BKD*. Тогава коефициента на устойчивост се получава $F_{min}(\bar{\gamma},\bar{\varphi},\bar{c}) = 1{,}28$, т. е. стъпалото би трябвало да е в устойчиво състояние. Но ако, в рамките на зададените граници, съчетанията на стойностите на свойствата е такова, че $F_{min}(\gamma,\varphi,c) < 1$, както например при $\min F_{min}(\gamma,\varphi,c) = 0{,}86$, то стъпалото ще бъде в неустойчиво състояние! Това е напълно възможна ситуация с която са се срещали често специалистите в тази област.



Фиг. 1. Плъзгателни повърхнини: *BKD*, при която $\min F_{min}(\gamma,\varphi,c) = 0{,}86$ **; *BLE* с коефициент на устойчивост** $\max F_{min}(\gamma,\varphi,c) = 1{,}75$ **; с пунктир повърхнината, където** $F_{min}(\bar{\gamma},\bar{\varphi},\bar{c}) = 1{,}28$

Да се обърне внимание, че повърхнини 1 и 2 на фиг. 1 са получени при различни съчетания на стойностите на физичните и якостни показатели. Нека например скалите имат свойствата $\gamma = 1{,}99\,t/m^3$, $\varphi = 7{,}06°$, $c = 3{,}02\,t/m^2$, с които е получена максималната стойност $\max F_{min}(\gamma,\varphi,c) = 1{,}75$ на коефициента на устойчивост. Ако при същите стойности на свойствата се намери коефициента на устойчивост, то съответната плъзгателна повърхнина отново ще бъде кривата *BLE*, с коефициент на устойчивост 1,75.

Плъзгателната повърхнина *BKD* отговаря на минималната стойност $\min F_{min}(\gamma,\varphi,c) = 0{,}86$, а *BLE* на максимума $\max F_{min}(\gamma,\varphi,c) = 1{,}75$ на коефициента на устойчивост $F(\gamma,\varphi,c)$ не при фиксирани стойности на изчислителните показатели, а при възможното им изменение в зададените в таблица 1 граници, т. е. със сигурност са изпълнени неравенствата

$$\min F_{min}(\gamma,\varphi,c) \le F_{min}(\gamma,\varphi,c) \le \max F_{min}(\gamma,\varphi,c).$$

Решените примери дават основание да се заключи, че метода на случайното търсене може с успех да се прилага в редица практически задачи, където се търси екстремум на определена целева функция на много аргументи със зададени ограничения. При това е възможно, както целевата функция, така и ограниченията да са нелинейни. С внимание трябва да се подхожда, когато предварително

е известно, че при зададените ограничения, целевата функция има повече от един екстремум. Тогава е възможно да се попадне на един от тях, без да е достигнат глобалния екстремум. Нека се отбележи обаче, че този проблем стои и при почти всички други подобни методи. Например този недостатък притежават всички градиентни методи за търсене екстремум на функция. Това не намалява техните достойнства, тъй като дават възможност да се реши задачата на математическото оптимиране тогава, когато други методи или не могат да се приложат, или са неефективни.

Литература

Арсентиев, А. И., И. Ю. Букин, В. А. Мироненко. Устойчивость бортов и осушение карьеров. Москва, Недра, 1982.

Вучков, И. И др. Ръководство за лабораторни упражнения по математическо моделиране и оптимизация на технологични обекти. С., Техника, 1986

Мельников, Н. В., А. И. Арсентьев, Н. В. Архипов и др. Соворшенствование методов проектирования и планирования горных работ в карьере. Ленинград, Наука, 1981

Панюков, П. Н. Инженерная геология. Москва, Недра, 1978.

Растригин, Л. А. Случайный поиск в задачах оптимизации многопараметрических систем. Рига, Зинатне, 1965.

Стоева П., П. Златанов., Е. Александрова. Устойчивост на откоси и отводняване в открити рудници и кариери. София, 2005.

Фисенко, Г. Л. Устойчивость бортов карьеров и отвалов. М., “Недра”, 1965.

Христов С. Г. Устойчивост и отводняване на откосите в откритите рудници и кариери. София, 2000.

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

ГОДИШНИК НА МИННО-ГЕОЛОЖКИЯ УНИВЕРСИТЕТ "СВ. ИВАН РИЛСКИ", Том 52, Св. II, Добив и преработка на минерални суровини, 2009
ANNUAL OF THE UNIVERSITY OF MINING AND GEOLOGY "ST. IVAN RILSKI", Vol. 52, Part II, Mining and Mineral processing, 2009

МАТРИЧНО ПРЕДСТАВЯНЕ НА ЗАДАЧИ ОТ ПРОСТРАНСТВЕНАТА КИНЕМАТИКА

Михаил Вълков

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

РЕЗЮМЕ: В статията се представя обобщен алгоритъм за решаване на задачи от пространствената кинематика. Той се основава на широко приложение на векторните и матрични операции при определяне на основните кинематични параметри на точки от изследвания механизъм. Представен е пример за използването на алгоритъма. Даден е анализ на предимствата и недостатъците на матричното представяне на основните зависимости в кинематиката и сравнение с класическите подходи. Обсъдена е приложимостта на матрични алгоритми в учебния процес и при провеждане на изследвания.

MATRIX PRESENTMENT OF 3D KINEMATICAL PROBLEMS

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

ASTRACT. In this article is presented generalized algorithm for solving 3D kinematical problems. It is based on wider application of vector and matrix operations for determining the kinematic parameters of the main points of the studied mechanism. An example of using the algorithm is presented. An analysis of the advantages and disadvantages of the matrix presentation of basic kinematics dependencies in comparison with classical approaches is given. Discussed is the applicability of matrix algorithms in the learning process and in scientific research.

Въведение

Статията има за цел да изложи възможности за решаване на по-сложни задачи от пространствената кинематика и тяхното внедряване в учебния процес при изучаването на теоретична механика във висшите технически училища. Основно внимание се отделя на разширеното ползване на основните кинематични величини и връзките между тях, представени в матричен вид. На тази основа е предложен алгоритъм, който осигурява формализиран подход към сравнително сложни кинематични задачи. По този начин, от една страна, се облекчава възприемането на преподавания материал от студентите и се преодоляват редица психологически бариери у тях. От друга страна алгоритмите, базирани върху матрично представяне на скоростите и ускоренията на точки от движещ се обект, подлежат на сравнително просто адаптиране за решаване с помощта на компютри.

Знанията, необходими за прилагането на споменатите алгоритми, не надхвърлят тези, получавани от курсовете по математика, преподавани във висшите технически училища.

1. Теоретични основи

Изходна при съставянето на алгоритъма е зависимостта на Леонард Ойлер (1707-1783), която свързва скоростите на две точки от движещо се твърдо тяло

$$\vec{v}_B = \vec{v}_A + \vec{\omega} \times \vec{AB}, \qquad (1)$$

където $\vec{v}_A$ е скоростта на полюса (на точката с известна скорост);

$\vec{v}_B$ е търсената скорост на определена точка от тялото;

$\vec{\omega}$ е ъгловата скорост, с която ротира разглежданият обект

Векторите, участващи в (1), могат да бъдат представени аналитично в координатна система Oxyz, както следва

$$\vec{v}_B = v_{B_x}.\vec{i} + v_{B_y}.\vec{j} + v_{B_z}.\vec{k}; \qquad (2)$$

$$\vec{v}_A = v_{A_x}.\vec{i} + v_{A_y}.\vec{j} + v_{A_z}.\vec{k}; \qquad (3)$$

$$\vec{\omega} = \omega_x.\vec{i} + \omega_y.\vec{j} + \omega_z.\vec{k}; \qquad (4)$$

$$\vec{AB} = (x_B - x_A).\vec{i} + (y_B - y_A).\vec{j} + (z_B - z_A).\vec{k}, \qquad (5)$$

където $\vec{i}$, $\vec{j}$ и $\vec{k}$ са съответно единичните вектори на оси Ox, Oy и Oz.

Използвайки зависимости (2)-(5), основната формула на кинематиката се записва в матричния вид

$$\begin{vmatrix} v_{B_x} \\ v_{B_y} \\ v_{B_z} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} v_{A_x} \\ v_{A_y} \\ v_{A_z} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 0 & -\omega_z & \omega_y \\ \omega_z & 0 & -\omega_x \\ -\omega_y & \omega_x & 0 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} x_B - x_A \\ y_B - y_A \\ z_B - z_A \end{vmatrix}, \qquad (6)$$

където

$$\begin{vmatrix} 0 & -\omega_z & \omega_y \\ \omega_z & 0 & -\omega_x \\ -\omega_y & \omega_x & 0 \end{vmatrix}$$ е матрицата на ъгловата скорост.

Чрез еднократно диференциране на Ойлеровата формула спрямо времето се получава известната релация за ускорението на произволна точка B.

При наличие на информация за ускорението на полюса $\vec{a}_A$, за ъгловата скорост $\vec{\omega}$ и ъгловото ускорение $\vec{\varepsilon}$ на движещото се тяло, ускорението на точка B се пресмята чрез

$$\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{\varepsilon} \times \vec{AB} + \vec{\omega} \times \left(\vec{\omega} \times \vec{AB} \right). \qquad (7)$$

Като се отчете, че

$$\vec{a}_B = a_{B_x}.\vec{i} + a_{B_y}.\vec{j} + a_{B_z}.\vec{k};$$
$$\vec{a}_A = a_{A_x}.\vec{i} + a_{A_y}.\vec{j} + a_{A_z}.\vec{k};$$
$$\vec{\varepsilon} = \varepsilon_x.\vec{i} + \varepsilon_y.\vec{j} + \varepsilon_z.\vec{k};$$

зависимост (7) може да се представи в матричен вид [1]

$$\begin{vmatrix} a_{B_x} \\ a_{B_y} \\ a_{B_z} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_{A_x} \\ a_{A_y} \\ a_{A_z} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 0 & -\varepsilon_z & \varepsilon_y \\ \varepsilon_z & 0 & -\varepsilon_x \\ -\varepsilon_y & \varepsilon_x & 0 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} x_B - x_A \\ y_B - y_A \\ z_B - z_A \end{vmatrix} +$$
$$+ \begin{vmatrix} -\omega_y^2 - \omega_z^2 & \omega_x\omega_y & \omega_x\omega_z \\ \omega_x\omega_y & -\omega_z^2 - \omega_x^2 & \omega_y\omega_z \\ \omega_x\omega_z & \omega_y\omega_z & -\omega_x^2 - \omega_y^2 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} x_B - x_A \\ y_B - y_A \\ z_B - z_A \end{vmatrix}, \qquad (8)$$

където

$$\begin{vmatrix} 0 & -\varepsilon_z & \varepsilon_y \\ \varepsilon_z & 0 & -\varepsilon_x \\ -\varepsilon_y & \omega_x & 0 \end{vmatrix}$$ е матрицата на ъгловото ускорение.

Релация (8) може да се представи в по-компактна форма

$$\begin{vmatrix} a_{B_x} - a_{A_x} \\ a_{B_y} - a_{A_y} \\ a_{B_z} - a_{A_z} \end{vmatrix} =$$
$$\begin{vmatrix} -\omega_y^2 - \omega_z^2 & -\varepsilon_z + \omega_x\omega_y & \varepsilon_y + \omega_x\omega_z \\ \varepsilon_z + \omega_x\omega_y & -\omega_z^2 - \omega_x^2 & -\varepsilon_x + \omega_y\omega_z \\ -\varepsilon_y + \omega_x\omega_z & \varepsilon_x + \omega_y\omega_z & -\omega_x^2 - \omega_y^2 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} x_B - x_A \\ y_B - y_A \\ z_B - z_A \end{vmatrix}. \qquad (9)$$

2. Алгоритъм за решаване на пространствени задачи чрез матричните зависимости

Като се използва матричният запис на Ойлеровите формули (6) и (9) кинематични задачи от пространствено движение могат да се решават по следния шест стъпков алгоритъм.

Анализират се връзките, наложени върху изследвания обект. Информацията, която се получава за скоростите и ускоренията на определени точки от наложените ограничения върху разглежданото тяло, се използва при реализиране на следващите стъпки от алгоритъма. С нейна помощ се избира рационално координатна система, опростяват се изчислителната система и следващите пресмятания.

Съставя се изчислителна схема на решаваната задача.

Записват се в аналитичен вид дадените и търсените вектори на скоростите и ускоренията за изучаваните точки от движещия се обект. Те се записват като вектори-стълбове. Съставят се матриците на ъгловата скорост и ъгловото ускорение на тялото.

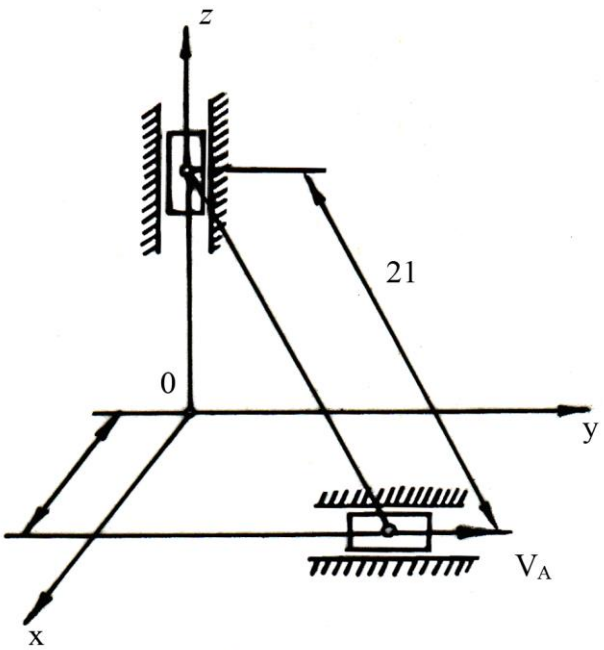
Прилагат се Ойлеровите формули в матричен запис.

Решават се получените системи уравнения спрямо търсените величини.

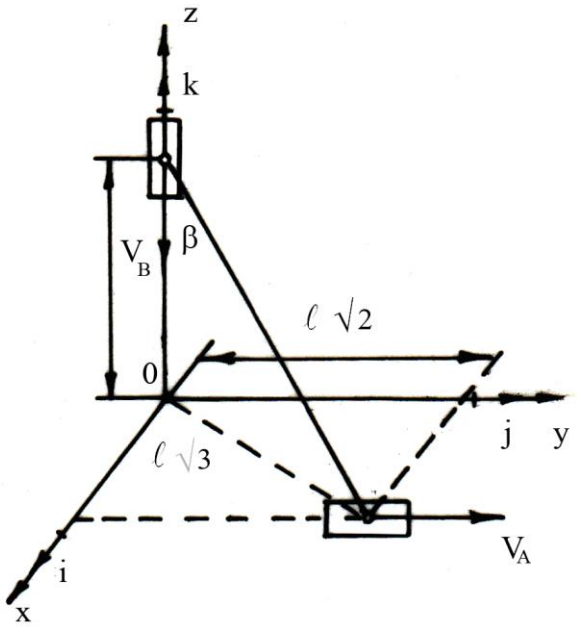
Прави се проверка на определените неизвестни. За целта се използват възможностите на дименсионния анализ, както и алтернативни методи, предлагани от механиката.

3. Пример

Плъзгачът A се движи в равнина Oxy по права x=l с постоянна скорост v_o, както е показано на фигура 1. Краят B на пръта AB се плъзга по ос Oz. Прътът AB е прикрепен към плъзгачите A и B чрез сферични шарнирни лагери. Да се определят скоростта и ускорението на точка B, в момента, когато разстоянието на тази точка до началото на координатната система е OB=l, ако AB=2l.



Фиг. 1



Фиг. 2

Решение:

Изчислителната схема на механизма е представена на фиг. 2. Трудността на разглежданата задача се състои в това, че двата плъзгача А и В се движат по две кръстосани прави.

От наложените върху телата на разглеждания механизъм връзки се установява, че

$$\vec{v}_A = v_0 . \vec{j};$$
$$\vec{v}_B = v_B . \vec{k};$$
$$\vec{a}_B = -a_B . \vec{k}.$$

Скоростта на точка В може да се определи директно като се използва теоремата за проектираните скорости на две точки от движещо се твърдо тяло върху правата, която ги свързва, тоест

$$\vec{v}_A . \vec{AB} = \vec{v}_B . \vec{AB}. \qquad (10)$$

Трите вектора, участващи в равенство (10), се представят в аналитичен вид

$$\vec{v}_A = v_{A_x} . \vec{i} + v_{A_y} . \vec{j} + v_{A_z} . \vec{k} = 0 . \vec{i} + v_0 . \vec{j} + 0 . \vec{k};$$

$$\vec{v}_B = v_{B_x} . \vec{i} + v_{B_y} . \vec{j} + v_{B_z} . \vec{k} = 0 . \vec{i} + 0 . \vec{j} - v_B . \vec{k};$$

$$\vec{AB} = (x_B - x_A) . \vec{i} + (y_B - y_A) . \vec{j} + (z_B - z_A) . \vec{k} = -\ell . \vec{i} - \ell\sqrt{2} . \vec{j} + \ell . \vec{k}.$$

Тогава равенството (10) добива вида

$$0.(-\ell) + v_0\left(-\ell\sqrt{2}\right) + 0.\ell = 0(-\ell) + 0\left(-\ell\sqrt{2}\right) - v_B . \ell.$$

От последната зависимост се намира

$$v_B = v_0 . \sqrt{2}. \qquad (11)$$

Записва се матричното равенство (2), което свързва скоростите на точките А и В от изследваното тяло, а именно:

$$\begin{vmatrix} 0 \\ 0 \\ -v_0\sqrt{2} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0 \\ v_0 \\ 0 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 0 & -\omega_z & \omega_y \\ \omega_z & 0 & -\omega_x \\ -\omega_y & \omega_x & 0 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} -\ell \\ -\ell\sqrt{2} \\ \ell \end{vmatrix}. \qquad (12)$$

Равенство (12) е еквивалентно на следната система от уравнения

$$0 = \ell\sqrt{2}\omega_z + \ell\omega_y;$$
$$0 = v_0 - \ell\omega_z - \ell\omega_x;$$
$$-v_0\sqrt{2} = \ell\omega_y - \ell\sqrt{2}\omega_x. \qquad (13)$$

От последната се намират зависимостите

$$\omega_y = -\sqrt{2}\omega_z;$$
$$\omega_x = \frac{v_0}{\ell} - \omega_z. \qquad (14)$$

С помощта на (14) се записват съотношенията между компонентите на ъгловото ускорение

$$\varepsilon_y = -\sqrt{2}\varepsilon_z; \qquad (15)$$
$$\varepsilon_x = -\varepsilon_z,$$

а следователно и

$$\varepsilon_y = \sqrt{2}\varepsilon_x. \qquad (16)$$

За намиране на ускорението на точка В се използва релация (9), която за конкретния случаи има вида

$$\begin{vmatrix} 0 \\ 0 \\ a_{B_z} \end{vmatrix} =$$

$$\begin{vmatrix} -\omega_y^2-\omega_z^2 & -\varepsilon_z+\omega_x\omega_y & \varepsilon_y+\omega_x\omega_z \\ \varepsilon_z+\omega_x\omega_y & -\omega_z^2-\omega_x^2 & -\varepsilon_x+\omega_y\omega_z \\ -\varepsilon_y+\omega_x\omega_z & \varepsilon_x+\omega_y\omega_z & -\omega_x^2-\omega_y^2 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} -\ell \\ -\sqrt{2}\ell \\ \ell \end{vmatrix}. \quad (17)$$

Окончателно за ускорението a_B се намира

$$a_B = a_{B_z} = -\frac{3v_0^2}{\ell}.$$

За проверка може да се използва фактът, че изразът в дясно на последното равенство има размерност на ускорение.

Алтернативно ускорението на точка B може да бъде определено и от веригата равенства

$$\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{\varepsilon} \times \vec{AB} + \vec{\omega}\left(\vec{\omega} \times \vec{AB}\right) \Big| . \vec{AB} \ ;$$

$$\vec{a}_B . \vec{AB} = \left[\vec{\omega} \times \left(\vec{\omega} \times \vec{AB}\right)\right] . \vec{AB};$$

$$\vec{a}_B . \vec{AB} = \left[\vec{\omega} \times \left(\vec{v}_B - \vec{v}_A\right)\right] . \vec{AB};$$

$$a_B . \ell = \begin{vmatrix} \omega_x & \omega_y & \omega_z \\ 0 & -v_0 & -\sqrt{2}v_0 \\ -\ell & -\sqrt{2}\ell & \ell \end{vmatrix}.$$

От последното уравнение се пресмята

$$a_B = -\frac{3v_0^2}{\ell}.$$

5. Методически изводи

Матричното представяне на основните зависимости в кинематиката предлага един формализиран подход към сложните задачи на този раздел от теоретичната механика. Този подход с успех може да се прилага при обучението на студентите във висшите технически училища.

Разглежданият алгоритъм предлага един алтернативен начин за излагане на материала, който допълва и обогатява знанията за инструментариума, с който разполага теоретичната механика при решаване на пространствени кинематични задачи.

Формализираният подход дава на студентите увереност при сблъскване с по-сложни проблеми и е в съответствие с тяхната нагласа да се възползват от компютрите си при решаването им.

Матричното представяне на основни кинематични зависимости не може да измести класическите методи на обучение, но има място на паралелно съществуване с тях. То дава още една гледна точка към решаваните задачи. Последното, от своя страна, провокира евристичното и креативното мислене на студентите, отваря съзнанието им за нови идеи и подходи. Именно креативното, евристичното и разкрепостено мислене са едни от основните образователни ценности, залегнали в идеята за модерно техническо обучение във висшите училища.

Литература

Митюшов, Е. А., Берестова, С. А., Теоретическая механика, М., изд. "Академия", 2006, 320с.

Препоръчана за публикуване от Катедра “Техническа механика”, МТФ

ГОДИШНИК НА МИННО-ГЕОЛОЖКИЯ УНИВЕРСИТЕТ "СВ. ИВАН РИЛСКИ", Том 52, Св. II, Добив и преработка на минерални суровини, 2009
ANNUAL OF THE UNIVERSITY OF MINING AND GEOLOGY "ST. IVAN RILSKI", Vol. 52, Part II, Mining and Mineral processing, 2009

ПРИЛОЖЕНИЯ НА МЕТОДА НА ПРЕМЕСТВАНИЯТА ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА ПОДЗЕМНА ТРАПЕЦОВИДНА РАМКА ПРИ ОБЩО ПРЕМЕСТВАНЕ НА ОСНОВИТЕ

Виолета Трифонова-Генова

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

РЕЗЮМЕ: За изследване на подземна рамкова конструкция при транслация и ротация на основите е приложен „Методът на преместванията". Главното при този метод е създаването на статично определена „конзолна колона". Тя се получава, като се извършат сечения на ригела до колоните и в тези места се приложат разрезните усилия от ригелите, определени от статичното решение на конструкцията.
В статията е разгледана подземна трапецовидна рамка, основите на която са подложени на общо преместване. Получени са изразите на разрезните усилия. За конкретни размери за натоварване и преместване на основите на рамката са построени диаграмите на разрезните усилия.

APPLICATIONS OF THE METHOD OF DISPLACEMENTS IN INVESTIGATING OF UNDERGROUND TRAPEZIUM-SHAPED FRAME DURING GENERAL DISPLACEMENT OF THE BASES

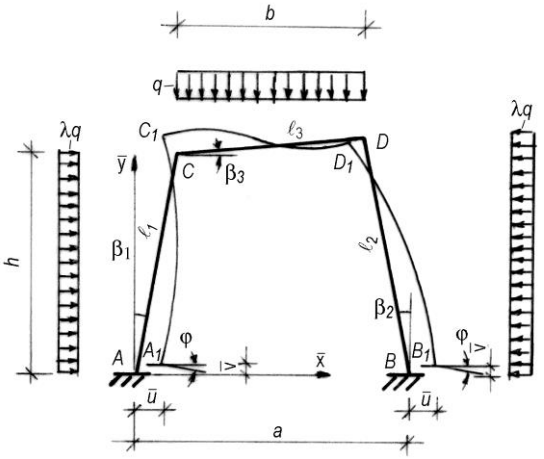
Violeta Trifonova –Guenova
University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia

ABSTRACT: The "method of the displacements" is used to research framework rotation and translation of an underground structure. The first step in this method is the creation of static fixed "console column". It is obtained by carrying out cross-sections of the column head to these places and apply internal forces of the work head which is determined by the static solution of the structure.
In the paper is considered underground trapezoidal frame foundations which have been subjected to general displacement. Expressions for the internal forces are obtained. For specific dimensions of loading and moving of the fundamentals of the framework graphs of the internal forces are constructed.

За определяне на разрезните усилия на статично неопределима трапецовидна рамка при постоянни външни товари и статично състояние се използва силов метод (Дарков и Кузнецов,1956). Основната задача при него е съставянето на основната статично определима система, която е недеформируема и опорите са неподвижни.Тя се получава от действителната система чрез отстраняване на определян брой връзки. След това се съставят каноничните уравнения. От решението на тези уравнения се определят отстранените връзки, а чрез тях и разрезните усилия.

Често в практиката възникват премествания на основите на конструкциите вследствие слягане, земетръс и др. Тогава гореописания метод е неприложим. За изследване на общото преместване на основите на подземна трапецовидна рамка е приложен „метода на преместванията„. Основният принцип на този метод е създаването на основната статично определима „конзолна колона„. За нейното съставяне се провеждат сечения в двата края на ригела. В тези сечения се прилагат изчислените при статично състояние разрезни усилия M_n, Q_n, N_n (Минчев,2007).

Тук се изследва подземна трапецовидна рамка, чиито основи са подложени на общо преместване. Материалът е от стоманобетон с модул на еластичността E. Инерционни моменти за колоната и ригела са съответно J_1 и J_2. Рамката е натоварена с равномерно разпределен вертикален товар q и равномерно разпределен напречен товар , който е равен на вертикалния по коефициента на страничен натиск λ, както е показано на фиг.1. Предполага се, че рамката е решена като статически неопределена система и са определени разрезните усилия. Понеже основата на конзолната колона е завъртяна на ъгъл φ, то оста x е завъртяна на същия ъгъл спрямо оста на колоната при статично състояние, а оста z е перпендикулярна на нея Тогава силите във върха на колоната се трансформират в N, Q и $M = M_n$ (Трифонова-Генова,2008,2009)



Фиг. 1

Използвайки известните трансформационни формули при ротация на координатната система, изразяваме преместванията u и v в основата на колоната спрямо локална координатна система чрез преместванията $\bar{u}$ и $\bar{v}$ от глобалната координатна система $A\bar{x}\,\bar{y}$.

За произволно сечение x на деформируемата колона, разрезните усилия се определят от изразите :

$$M(x) = M_n + Q(\ell + v - x) + \\ + N\left\{\begin{array}{l} \dfrac{b}{a^2\cos a\ell} + \dfrac{ctga\ell}{a^3}\cos(ax - av) \\ -\dfrac{c}{a^3}\sin(ax - av) + \dfrac{cx}{a^3} - \dfrac{c(\ell + v) + b}{a^3} \end{array}\right\}$$

$$\begin{aligned} Q(x) &= -N\sin\alpha_x + Q\cos\alpha_x \\ N(x) &= -N\cos\alpha_x + Q\sin\alpha_x \end{aligned} \qquad (1)$$

където

$$a^2 = \frac{N}{EJ_1}, \quad b = \frac{M_n}{EJ_1}, \quad c = \frac{Q}{EJ_1}$$

ℓ е дължина на колоната.

Ъгълът на наклона на огъвателната линия в произволна точка от оста на колоната α_x се определя от

$$\alpha_x = -\left(\frac{b}{a^2\cos a\ell} + \frac{ctga\ell}{a^3}\right)a\sin(ax - av) + \\ + \frac{c}{a^2}(1 - \cos(ax - av)) \qquad (2)$$

Представлява интерес преместването δ във върха на колоната. То се определя от уравнението на огъвателната линия, като се положи $x = 0$ и има вида:

$$\delta = -u + \frac{b}{a^2}\left(\frac{1}{\cos a\ell} - 1\right) + \frac{c}{a_3}\left(\frac{tga\ell}{a} - \ell\right) \qquad (3)$$

Напречните премествания по оста z във върховете на колоните δ_C и δ_D се определят от (3) чрез преместванията в основите им. Надлъжните премествания v_C и v_D са равни на тези в основите им. Така определените премествания се предават на ригела, който се изследва като еластично подпряна греда на две опори. Приема се локална координатна система, като оста x е по оста на недеформируемия ригел, а оста z е перпендикулярна на нея.

За изследване на ригела е необходимо да се определят стойностите на нормалните и напречни сили във възлите C и D при деформирано състояние, определени от ъглите α_C и α_D на огъвателната линия на колоните. Последните се получават от (2), като се замести x с неговата стойност $\ell + v$. Силите N_C, Q_C, M_C и N_D, Q_D, M_D се определят от (1) като се замести α_x с a_C и a_D. Разрезните усилия в произволно сечение x от оста на деформируемия ригел са

$$M(x) = H_1\frac{\sin a_1(x + \delta_c)}{\sin a_1\ell'} + \frac{2H_2}{\ell'}(x + \delta_c) - M_c$$

$$\begin{aligned} Q(x) &= \frac{H_2}{\ell'}\cos\alpha_x - H_3\sin\alpha_x \\ N(x) &= \frac{H_2}{\ell'}\sin\alpha_x + H_3\cos\alpha_x \end{aligned} \qquad (4)$$

където са въведени означенията

$$H_1 = M_D - 2N_D(v_C + v_D)$$
$$H_2 = (M_C - M_D) + N_D(v_C + v_D)$$
$$H_3 = 2N_C + N_D$$
$$a_1 = \frac{N_D}{EJ_2}$$
$$\ell' = \ell - \delta_D + \delta_C$$

ℓ е дължина на ригела.

Наклонът на огъвателната линия за произволно сечение от оста на ригела α_x се определя от

$$\alpha_x = -\frac{M_C a_1\cos a_1(\ell - \delta_D - x)}{N_D\sin a_1\ell'} + \\ + \frac{H_1\cos a_1(x + \delta_C)}{N_D\sin a_1\ell'} + \frac{M_C - H_1}{N_D\ell'} \qquad (5)$$

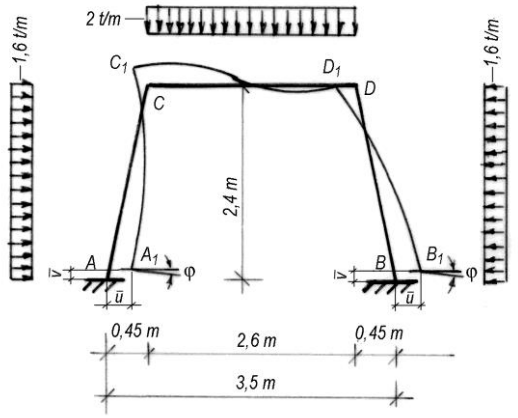
Чрез тези изрази се изчисляват и построяват диаграмите на огъващия момент $M(x)$, нормалната сила $N(x)$, срязващата сила $Q(x)$ на разглежданата трапецовидна рамка при общо преместване на опорите .

С това може да се счита, че решението на произволна трапецовидна рамка при общо преместване на основите с приложение на “метода на преместванията “, е завършен.

Числен пример

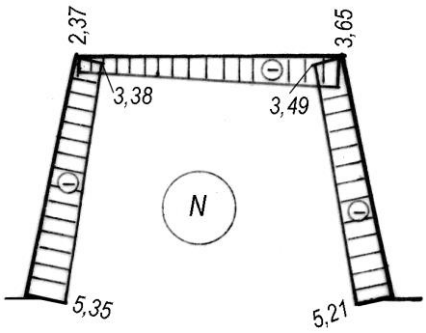
Разглеждаме симетрична трапецовидна рамка с размери и натоварване и размери според чертежа (фиг.2а). Модула на еластичността на стоманобетона е $E = 3000kN/m^2$. Инерционните моменти за колоната и ригела са съответно $J_1 = 0{,}0065037\ m^4$ и

$J_2 = 0{,}011433\ m^4$. Статичното решение на рамката е извършено по силов метод. Преместванията в основата спрямо глобалната координатна система са $\bar{u} = 0{,}3m,\ \bar{v} = 0{,}1m,\ \varphi = 2^0$, спрямо локалната координатна система за лявата колона $u_A = 0{,}27\,m,\ v_A = 0{,}16\,m$, а за дясната колона те са $u_B = 0{,}31m,\ v_B = -0{,}04\,m.$ Тези стойности се заместват в (3) и се получават преместванията в опорите C и D.

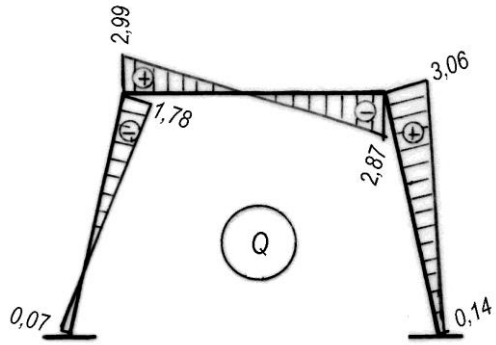


фиг.2 а

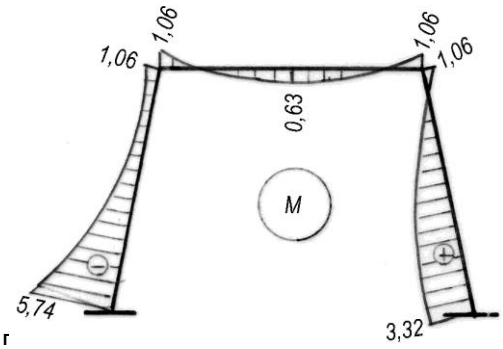
Въз основа на така получените изразите (1), (2), (4), (5) могат да се изчислят и построят диаграмите на разрезните усилия на дадената рамка (фиг.2б, 2в, 2г).



фиг.2 б



фиг.2 в



фиг.2 г

Като частен случай на общото решение на произволна трапецовидна рамка могат да се получат решения за разрезните усилия и огъвателната линия за рамка с вертикални колони $(\beta_1 = \beta_2 = 0)$; за трапецовидна рамка при която едната колона е вертикална $(\beta_1 = 0)$,а ригела е харизонтален $(\beta_3 = 0)$ и др.

Литература:

Дарков А. В., Кузнецов Б. И. 1956. *Строительная механика*, М .

Минчев И. Т. 2006. *Метод на преместванията*, С .

Трифонова-Генова В. М. 2007. *Основни принципи и приложения на метода на преместванията*, Годишник на МГУ „Св. Ив.Рилски”, том 50 , св.II.

Трифонова-Генова В. М. 2008 . *Приложение на метода на преместванията за изследване на рамка при общо преместване на основите*, Годишник на МГУ „Св. Ив.Рилски”, том 51,св.II.

Препоръчана за публикуване от Катедра “Техническа механика”, МТФ

ГОДИШНИК НА МИННО-ГЕОЛОЖКИЯ УНИВЕРСИТЕТ "СВ. ИВАН РИЛСКИ", Том 52, Св. II, Добив и преработка на минерални суровини, 2009
ANNUAL OF THE UNIVERSITY OF MINING AND GEOLOGY "ST. IVAN RILSKI", Vol. 52, Part II, Mining and Mineral processing, 2009

ЗА ЕДИН ЕЛАСТОПЛАСТИЧЕН МОДЕЛ В МЕХАНИКА НА МУЛДАТА

Михаил Вълков

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

РЕЗЮМЕ: В статията се разглежда задачата за определяне на мулдата, получена на земната повърхност като следствие на подземен добив на полезни изкопаеми. Скалният масив се разглежда като еластопластична среда на А. А. Илюшин. Основните уравнения на теорията на малките еластопластични деформации се изразяват чрез преместванията. Решението се търси по метода на последователните приближения. Стартира се от еластичното решение. Получените уравнения се решават числено по метода на крайните разлики.

ABOUT AN ELASTOPLASTIC MODEL IN MINING SUBSIDENCE

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

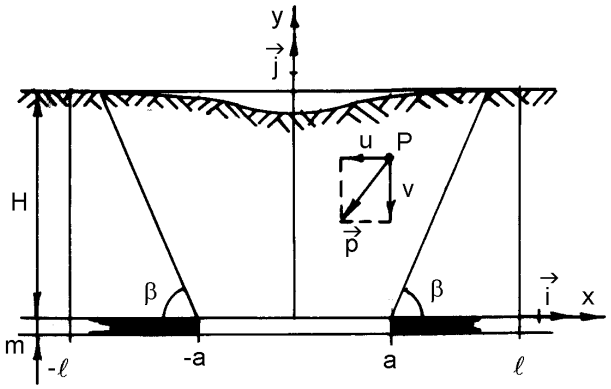
ABSTRACT: This article examines the task of determining the trough received on the earth surface as a result of underground mining of mineral resources. Rock massif is regarded as A. A. Ilyushin's elastoplastic medium. The basic equations of the theory of small elastoplastic deformations are expressed through displacements. The solution is seek via the method of successive approximations. The first step is to obtain the elastic solution. The resulting equations are solved numerically by the method of final differences.

1. Въведение

Скалният масив представлява сложна нееднородна среда. Както се констатира при измервания, зависимостта между напреженията и деформациите има нелинеен характер [4]. Изваденият от равновесие чрез подземни минни работи скален масив, следователно, трябва да се разглежда като нелинейна деформируема среда. Поведението на подобна среда може да се опише адекватно чрез теорията на малките еластопластични деформации на А. А. Илюшин [1,2].

2. Постановка на задачата

Изследва се формирането на минна мулда на земната повърхност в резултат от извземането на хоризонтален пласт полезно изкопаемо, както е показано на фигура 1.



Фиг. 1.

Добивната минна изработка е симетрична спрямо ос Oy. Предполага се, че извземаният пласт полезно изкопаемо е с издържана мощност $(m = const)$ и заляга на достатъчно голяма дълбочина $H > 150\,m$.

Преместването $\vec{p}$ на произволна точка $P(x, y)$ от зоната на влияние на миннинте работи се представя във вида

$$\vec{p} = u.\vec{j} + v.\vec{j},$$

където $\vec{i}$ и $\vec{j}$ са единичните вектори съответно на осите Ox и Oy.

По границите на зоната на влияние на минните работи не се наблюдават премествания, т.е. при $x = \pm 1$ $u(\pm\ell,\ y) = 0$ и $v(\pm\ell,\ y) = 0$, където u и v са съответно хоризонталното и вертикалното преместване на точка от зоната на влияние (Фиг. 1).

Тъй като най-важната характеристика на мулдата е слягането (вертикалното преместване) на точките от земната повърхност, то задачата се решава в премествания, т.е. търсят се функциите $u(x, H)$ и $v(x, H)$.

3.Теоретични основи

При решаване на равнинната задача за определяне на мулдата механиката на непрекъснати среди разполага със следните уравнения:

- за равновесие на средата;

- зависимости на Коши, даващи връзка между премествания и деформации или зависимостите за съвместимост на деформациите.

Към горните релации се задават съответните гранични условия. За изучавания проблем те имат вида:

$$u(x,0)=0;\ -\infty\langle x\langle\infty;$$

$$v(x,0)=\begin{cases} v_0 & |x|\le a; \\ 0 & |x|\rangle a; \end{cases}$$

$$\begin{aligned} &u(\pm\ell,y)=0; \quad 0\le y\le H; \\ &v(\pm\ell,y)=0; \quad 0\le y\le H. \end{aligned} \qquad (1)$$

Към основните уравнения на механиката на непрекъснатите среди се добавя физически закон, който дефинира връзката между напреженията и деформациите.

В теорията на малките еластопластични деформации тази връзка се търси от вида [2]:

$$\sigma^i = f\left(\varepsilon^i\right) \quad , \qquad (2)$$

където σ^i е интензивността на напреженията;

ε^i е интензивността на деформациите;

$$\varepsilon^i = \frac{\sqrt{3}}{2}\sqrt{6\left(\varepsilon_x^2+\varepsilon_y^2+\varepsilon_x\varepsilon_y\right)+\frac{3}{2}\gamma_{xy}^2};$$

$\varepsilon_x, \varepsilon_y$ са относителни линейни деформации;

γ_{xy} е ъгловата деформация.

В разглеждания модел компонентите на тензора на напрежението се записват [2], както следва:

$$\begin{aligned} \sigma_x &= \sum + \frac{2}{3}.\frac{\sigma^i}{\varepsilon^i}.\varepsilon_x; \\ \sigma_y &= \sum + \frac{2}{3}.\frac{\sigma^i}{\varepsilon^i}.\varepsilon_y; \\ \tau_{xy} &= \frac{1}{3}.\frac{\sigma^i}{\varepsilon^i}.\gamma_{xy}, \end{aligned} \qquad (3)$$

където $\sum$ е средното напрежение.

4. Определяне на $f\left(\varepsilon^i\right)$

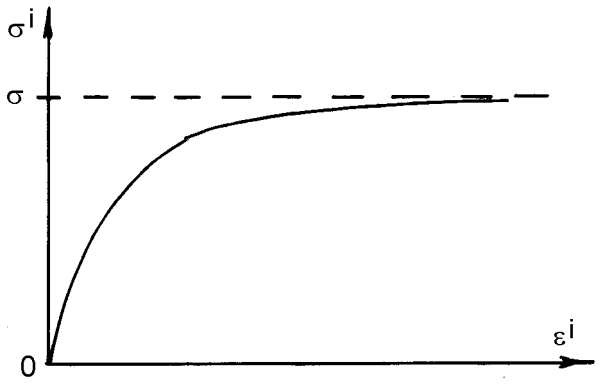
Законът за нелинейната еластичност се представя чрез

$$f\left(\varepsilon^i\right) = E_0\left(1-\omega^i\right)\varepsilon^i, \qquad (4)$$

където E_0 е началният модул на еластичност;

$\omega^i = \omega^i\left(\varepsilon^i\right)$ е функция на пластичност.

Функционалната зависимост (4) е илюстрирана на Фиг. 2.



Фиг. 2.

За практически цели, тя може да бъде представена във вида:

$$f\left(\varepsilon^i\right) = \sigma_u\, th\left(\alpha\varepsilon^i\right), \qquad (5)$$

където σ_u е границата на временна якост;

$$\alpha = \frac{E_0}{\sigma_u}.$$

От сравнението на (4) и (5) се определя

$$\omega^i\left(\varepsilon^i\right) = 1-\frac{\sigma_u}{E_0\varepsilon^i}\, th\frac{E_0\varepsilon^i}{\sigma_u}. \qquad (6)$$

5. Числено решение

За решаване на получената гранична задача от минната геомеханика се прилага методът на последователните приближения. Първото решение, в съответствие с [2], е еластично. То се получава като се приеме, че $\omega_0^i = 0.$ На разположение са следните зависимости:

5.1 Уравнения на Ламе

В кинематика на мулдата основен интерес представляват преместванията на точките от земната повърхност в зоната на влияние. По тази причина основните уравнения на теория на еластичността се записват в премествания. Уравненията на Ламе за разглежданата задача приемат вида

$$\begin{aligned} &(G+\lambda)\theta_x + G\nabla^2 u + X = \\ &= G\begin{bmatrix} \omega^i\nabla^2 u + 0{,}333\omega^i\theta_x + 1{,}333\omega_x^i u_x - \\ -0{,}666\omega_x^i v_y + \omega_y^i\left(u_y+v_x\right) \end{bmatrix} \end{aligned} \qquad (7)$$

$$\begin{aligned} &(G+\lambda)\theta y + G\nabla^2 v + Y = \\ &= G\begin{bmatrix} \omega^i\nabla^2 v + 0{,}333\omega^i\theta_y + 1{,}333\omega_y^i v_y - \\ -0{,}666\omega_y^i u_y + \omega_x^i\left(u_y+v_x\right) \end{bmatrix}, \end{aligned}$$

където $\theta = u_x + v_y$ е обемната деформация

λ, G са коефициентите на Ламе;

∇^2 е операторът на Лаплас;

$$u_x = \frac{\partial u}{\partial x},\ v_y = \frac{\partial v}{\partial y},$$ и т.н.

5.1. Гранични условия

Граничните условия също се записват в премествания.

За разглежданата задача те имат вида (1).

5.2. Връзки между напреженията и деформациите

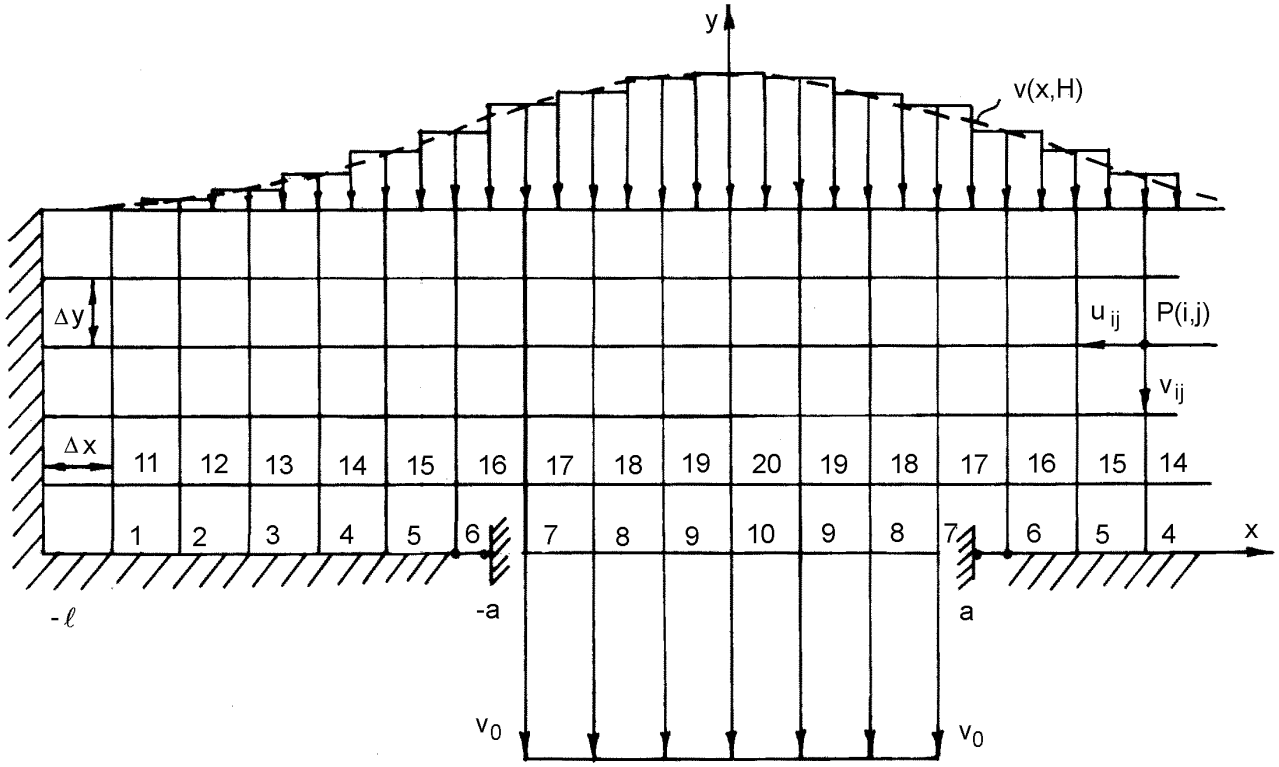
Физическият закон за връзка между напреженията и деформациите се представя както следва:

$$\sigma^i = \sigma_u th\left(\alpha \varepsilon^i\right). \qquad (8)$$

6.Пример:

Задачата за определяне на полето на преместванията в скалния масив и на земната повърхност в зоната на влияние на подземните минни работи чрез теорията на малките еластопластични деформации може да бъде решена числено по метода на крайните разлики. Той има предимството, че може да бъде реализиран програмно сравнително лесно. Необходимите при това познания не излизат извън рамките на обучението във висшите технически училища.

Изчислителната схема за реализиране на метода на крайните разлики е показана на Фиг.3.



Фиг. 3.

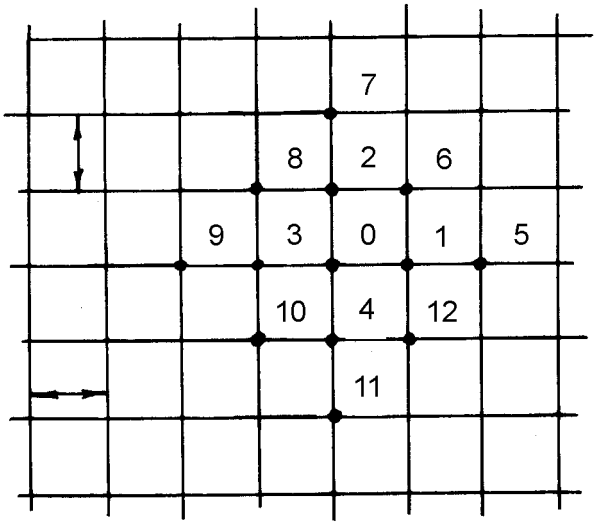
Тъй като мулдата е симетрична спрямо вертикалната ос Oy, то може да бъде разгледана едната половина на повлияната от минните работи ивица на скалния масив (фиг.3).

Областта от тази ивица, включваща напълно зоната на влияние, се ограничава от вертикалите, имащи уравнения $x = \pm \ell$. Тази област се покрива с правоъгълна мрежа, която има стъпки Δx и Δy съответно по оси Ox и Oy.

Производните, влизащи в уравнения (7) се заместват със схеми с крайни разлики. При използване на квадратна мрежа $(\Delta x = \Delta y = \delta)$ за представяне на производните може да се приложи [4] шаблонът, представен на Фиг.4. С негова помощ производните в определящите уравнения се заместват с крайни разлики.

Алгоритъмът за провеждане на численото решение може да се построи, както следва:

- за нулевото ниво стойностите на преместванията (решението) са известни, тъй като е известен начинът, по който се провеждат минните работи;
- за всяко следващо ниво стойностите на търсените функции се определят като решение на системата линейни алгебрични уравнения, получена след замяна на производните в уравнение (7) със схеми от крайни разлики според избрания шаблон.



Фиг.4.

Препоръчана за публикуване от Катедра "Техническа механика", МТФ

Литература

1. Илюшин, А.А., *Механика сплошной среди*, - М., Изд.-во МГУ 1978, 287 с.
2. Илюшин, А.А., *Пластичность* – М., изд-во АН СССР, 1963, 272 с.
3. Рындин, Н.И., *Краткий курс теории упругости и пластичности*, - Л., Изд-во Ленингр.Ун-та, 1974, 136 с.
4. Тимошенко, С.П., Гудьер Дж., *Теория упругости*, М., Изд-во Наука, 1975, 575 с.

ГОДИШНИК НА МИННО-ГЕОЛОЖКИЯ УНИВЕРСИТЕТ "СВ. ИВАН РИЛСКИ", Том 52, Св. II, Добив и преработка на минерални суровини, 2009
ANNUAL OF THE UNIVERSITY OF MINING AND GEOLOGY "ST. IVAN RILSKI", Vol. 52, Part II, Mining and Mineral processing, 2009

НАПРЕГНАТО СЪСТОЯНИЕ НА НАПЛАСТЕН СКАЛЕН МАСИВ В ОКОЛНОСТТА НА ВЕРТИКАЛНА КРЪГОВА ШАХТА

Виолета Трифонова-Генова

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

РЕЗЮМЕ: Разглежда се вертикална кръгова шахта прокарана в масив, състоящ се от краен брой хоризонтални пласта . Всеки от тях е изотропен или трансверзално-изотропен с равнина на изотропия успоредна на равнината на напластяването.
При нелинейно изменение на вертикалния натиск е определено напрегнатото състояние в отделните пластове при незакрепена и закрепена с абсолютно твърд крепеж шахта.

STRESS CONDITION OF LAIRED ROCK MASSIF AROUND A VERTICAL CIRCULAR SHAFT

Violeta Trifonova – Genova

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

ABSTRACT: A vertical circular shaft which is sinked in the massif consisting of terminal number of horizontal layers is considered. Each of them is isotropic or transverzal-isotopic with isotropic plane parallel to the plane of stratification.
By assuming nonlinear changes in the vertical pressure the stress conditions in the different layers in two cases (unsupported shaft and fixed with absolute fixing hard shaft) are defined.

Напрегнатото състояние на скалния масив в околността на подземна изработка в най-общия случай е пространствен проблем, който е доста труден за решаване. Поради това се разглежда равнинната задача като се прави сечение нормално на оста на изработката с дължина единица.

Равнинната задача на теория на еластичността за едносвързана област е удобно да се реши чрез методите на теория на функцията на комплексна променлива с използване на комплексния потенциал на напреженията на Колосов-Мусхелишвили и конформното изображение [Айталиев.Ш.М, 2004]. При тези методи скалния масив е представен като еластична среда. Влиянието на наклона на равнината на напластяване на скалния масив върху напрегнатото състояние на вертикална шахта е аналитично изследван в [Д. Гузъ, 2007]. При това изследване се предполага, че вертикалния натиск е линейна функция на дълбочината.

За изследване на напрегнатото състояние на вертикални изработки е необходимо да се знае напрегнатото състояние на скалния масив до прокарване на изработката.Масива се моделира като еластична среда с равнина на изотропия перпендикулярна на оста на изработката. Началното напрегнато състояние, което се предизвиква от собственото тегло и силите на вътрешното триене [Минчев Ив., 2006, Трифонова – *Генова В, 1991*] се характеризира с напреженията в цилиндрични координати /1/

$$\sigma_r^0 = \lambda\sigma_{33}^0 \qquad \sigma_\theta^0 = \lambda\sigma_{33}^0$$
$$\sigma_{r\theta}^0 = \sigma_{r3}^0 = \sigma_{\theta 3}^0 = 0 \qquad /1/$$
$$\sigma_{33}^0 = \frac{\gamma}{k_0}\left(1 - e^{-k_0 x_3}\right)$$

където $k_0 = \lambda\, f_0$

f_0 - коефициент на вътрешното триене

λ - коефициент на страничен натиск

γ - обемно тегло

x_3 - дълбочина

Ако скалния масив се приеме за трансверзално-изотропна среда то

$$\lambda = \frac{-a_{13}}{a_{11} + a_{12}}, \qquad /2/$$
$$a_{11} = \frac{1}{E_1} \qquad a_{12} = -\frac{1}{E_1} \qquad a_{13} = -\frac{\nu_2}{E_2}$$

а ако масива е изотропна среда то

$$\nu_1 = \nu_2 = \nu, \quad E_1 = E_2 = E, \quad \lambda = \frac{\nu}{1-\nu}. \qquad /3/$$

Тук ν_1 е коефициентът на Поасон в равнината на изотропия

ν_2 е коефициентът на Поасон по направление перпендикулярно на равнината на изотропия

ν е коефициентът на Поасон в изотропна среда
E_1 е модул на линейната деформация в равнината на изотропия
E_2 е модул на линейната деформация по направление перпендикулярно на равнината на изотропия
E е модул на линейната деформация в изотропна среда .

Напрегнатото състояние около изработка предполагайки, че тя е незакрепена е разлика между основното обусловено от напреженията в ненарушения масив и допълнителното възникващо след прокарване на отвора. Да отделим харизонтален слой от масива с малка дебелина на дълбочина x_3. Този слой е натоварен с напреженията на безкрайността които се определят от /1/. При решаването на задачата за разпределението на напреженията в еластична равнина с кръгов отвор се използва метода на конформното изобразяване [Айталиев.Ш.М, 2004] Компонентите на тензора на напреженията в точка от околността на вертикална шахта имат вида [Минчев Ив., 2006]:

$$\sigma_r = \frac{\gamma}{2f_0}\left(1-e^{2f_0\frac{a_{13}}{a_{11}+a_{12}}x_3}\right)\left(1-\frac{R_0^2}{r^2}\right)$$

$$\sigma_\theta = \frac{\gamma}{2f_0}\left(1-e^{2f_0\frac{a_{13}}{a_{11}+a_{12}}x_3}\right)\left(1+\frac{R_0^2}{r^2}\right)$$

$$\sigma_{33} = -\frac{\gamma}{2f_0}\frac{a_{11}+a_{12}}{a_{13}}\left(1-e^{2f_0\frac{a_{13}}{a_{11}+a_{12}}x_3}\right) \qquad /4/$$

където R_0 е радиуса на шахтата.

На контура на незакрепена шахта при r = R_0 компонентите на напреженията са :

$$\sigma_\theta = \frac{\gamma}{f_0}\left(1-e^{2f_0\frac{a_{13}}{a_{11}+a_{12}}x_3}\right)$$

$$\sigma_{33} = -\frac{\gamma}{2f_0}\frac{a_{11}+a_{12}}{a_{13}}\left(1-e^{2f_0\frac{a_{13}}{a_{11}+a_{12}}x_3}\right)$$

$$\sigma_r = 0 \qquad \sigma_{r3} = 0 \qquad /5/$$

Ако крепежа е абсолютно твърд то контактните напрежения в скалния масив са :

$$\sigma_r = -\frac{\gamma}{f_0}\left(1-e^{2f_0\frac{a_{13}}{a_{11}+a_{12}}x_3}\right)$$

$$\sigma_\theta = -\frac{\gamma}{2f_0}\left(1-e^{2f_0\frac{a_{13}}{a_{11}+a_{12}}x_3}\right)$$

$$\sigma_{33} = -\frac{\gamma}{2f_0}\frac{a_{11}+a_{12}}{a_{13}}\left(1-e^{2f_0\frac{a_{13}}{a_{11}+a_{12}}x_3}\right) \qquad /6/$$

Това са екстремните стойности на скалния натиск върху монолитния крепеж на вертикална шахта.

Разглеждаме вертикална шахта прокарана в масив състоящ се от n успоредни пласта, всеки от които е трансверзално изотропен. Напреженията за всеки пласт се определят от условията за равновесие на усилията изразени чрез компонентите на обобщените напрежения

$$\sum_{i=1}^{n}\sigma_r^{(i)}t_i = \sigma_r\sum_{i=1}^{n}t_i$$

$$\sum_{i=1}^{n}\sigma_\theta^{(i)}t_i = \sigma_\theta\sum_{i=1}^{n}t_i \qquad \sigma_z^{(i)} = \sigma_z \qquad /7/$$

Съществуващото плъзгане между отделните пластове е малко. Тогава на контакта относителните деформации са

$$a_{11}^{(i+1)}\sigma_r^{(i+1)} - a_{11}^{i}\sigma_r^{i} + a_{12}^{(i+1)}\sigma_\theta^{(i+1)} - a_{12}^{i}\sigma_\theta^{(i)} = \\ = \left(a_{13}^{(i)} - a_{13}^{(i+1)}\right)\sigma_z$$

$$a_{12}^{(i+1)}\sigma_r^{(i+1)} - a_{12}^{i}\sigma_r^{i} + a_{11}^{(i+1)}\sigma_\theta^{(i+1)} - a_{11}^{i}\sigma_\theta^{(i)} = \\ = \left(a_{13}^{(i)} - a_{13}^{(i+1)}\right)\sigma_z$$

$$a_{11}^{(i)} = \frac{1}{E_1^{(i)}} \qquad a_{12}^{i} = -\frac{\nu_1^{(i)}}{E_1^{(i)}} \qquad a_{13}^{(i)} = -\frac{\nu_2^{(i)}}{E_2^{(i)}} \qquad /8/$$

Уравнения /7/ и /8/ образуват система от $2n$ уравнения с $2n$ неизвестни и това са напреженията в отделните пластове. Решението на системата е

$$\sigma_\theta^{(i)} = \frac{D_2^{(i)}}{D} \qquad \sigma_\theta^{(i)} = \frac{D_2^{(i)}}{D} \qquad \sigma_z^{(i)} = \sigma_z \qquad /9/$$

Тук $D_1^{(i)}$ и $D_2^{(i)}$ са числителните детерминанти, а D е знаменателната детерминанта на системата от уравнения /7/ и /8/.

При неголеми тангенциални напрежения по външния контур на крепежа нормалните напрежения са пропорционални на радиалните [Айталиев.Ш.М, 2004].Тогава уравнения /7/ и /8/ образуват система от n уравнения с неизвестни радиалните напрежения за всеки пласт.

Ако предположим че шахтата пресича само два пласта, то радиалните и нормални напрежения за всеки пласт са:

$$\sigma_r^{(1)} = \frac{a_2(t_1+t_2)\sigma_r}{a_2t_1+a_1t_2}$$

$$\sigma_\theta^{(1)} = \frac{a_2(t_1+t_2)\sigma_\theta}{a_2t_1+a_2t_2}$$

$$\sigma_r^{(2)} = \frac{a_1(t_1+t_2)\sigma_r}{a_2t_1+a_1t_2}$$

$$\sigma_\theta^{(2)} = \frac{a_1(t_1+t_2)\sigma_\theta}{a_2t_1+a_1t_2}$$

$$a_i = a_{11}^{(i)} - a_{12}^{(i)} \qquad i=1,2 \qquad /10/$$

В случаите, когата шахтата пресича само три пласта, то напреженията в отделните пластове са :

$$\sigma_r^{(1)} = \frac{a_2a_3(t_1+t_2+t_3)\sigma_r}{a_2a_3t_1+a_3a_1t_2+a_1a_2t_3}$$

$$\sigma_\theta^{(1)} = \frac{a_2a_3(t_1+t_2+t_3)\sigma_\theta}{a_2a_3t_1+a_3a_1t_2+a_1a_2t_3}$$

$$\sigma_r^{(2)} = \frac{a_1a_3(t_1+t_2+t_3)\sigma_r}{a_2a_3t_1+a_3a_1t_2+a_1a_2t_3}$$

$$\sigma_\theta^{(2)} = \frac{a_1a_3(t_1+t_2+t_3)\sigma_\theta}{a_2a_3t_1+a_3a_1t_2+a_1a_2t_3}$$

$$\sigma_r^{(3)} = \frac{a_1a_2(t_1+t_2+t_3)\sigma_r}{a_2a_3t_1+a_3a_1t_2+a_1a_2t_3}$$

$$\sigma_\theta^{(3)} = \frac{a_1a_2(t_1+t_2+t_3)\sigma_\theta}{a_2a_3t_1+a_3a_1t_2+a_1a_2t_3}$$

$$a_i = a_{11}^{(i)} - a_{12}^{(i)} \qquad i=1,2,3 \qquad /11/$$

Обобщените напрежения във формули /10/ и /11/ се определят от /6/.Тук обобщеното обемно тегло и обобщения коефициент на вътрешно триене се получава от

$$\gamma = \frac{\sum_{i=1}^{n}\gamma_i t_i}{\sum_{i=1}^{n} t_i} \qquad f_0 = \frac{\sum_{i=1}^{n} f_{0,i} t_i}{\sum_{i=1}^{n} t_i} \qquad /12/$$

Обобщените технически константи за напластения масив, които участват в /6/ се изразяват чрез техническите константи за отделните пластове и тяхната дебелина [3].

Ако пренебрегнем влиянието на компонентите на нормалното напрежение върху радиалните напрежения, ще се получат изразите дадени в [Минчев Ив., 2006, Трифонова – *Генова В, 1991*].

От изразите за напреженията в отделните пластове /10 / и /11/ се вижда, че те се разпределят пропорционално на якостните им свойства. Напреженията се концентрират в пластове с по-големи якости.

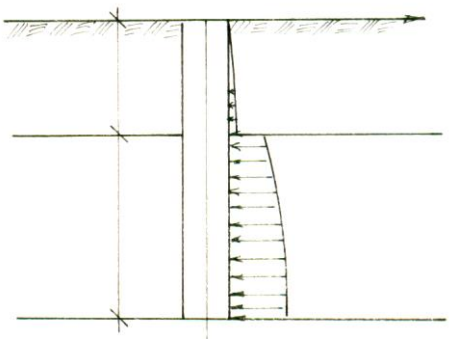
<u>Пример 1</u>

Дадени са физико-механичните характеристики за два изотропни пласта, т.е.модулите на линейната деформация $E^{(1)} = 0{,}148.10^3\ MPa$ и $E^{(2)} = 0{,}595.10^3\ MPa$; коефициентите на Поасон $\nu^{(1)} = 0{,}15$ и $\nu^{(2)} = 0{,}237$; коефициентите на вътрешно триене $f_1 = 20^0$ и $f_2 = 28_0$; обемните тегла $\gamma_1 = 0{,}28.10^{-2}\ MN/m^2$ и $\gamma_2 = 0{,}25.10^{-2}\ MN/m^2$; и дебелините $t_1 = 3m$ и $t_1 = 5m$.

Изчислени са обобщените напрежения съгласно / 6 / и са заместени в / 10 /. Радиалните напрежения $\sigma_r^{(1)}$ и $\sigma_r^{(2)}$ за двата пласта са дадени в таблица 1.

Таблица 1

1	2	3
X3	$\sigma_r^{(1)}$	$\sigma_r^{(2)}$
M	MPa	MPa
1	0,895	0
2	0,159	0
3	0,2169	0,811
4	0	0,9761
5	0	1,1167
6	0	1,221
7	0	1,31
8	0	1,3765



С увеличаване на дълбочината x_3 тези напрежения намаляват по експоненциален закон /фиг.1/. Диаграмата на фиг.1 е прекъсната линия със скокове в местата

където се изменят физикомеханичните свойства на масива.

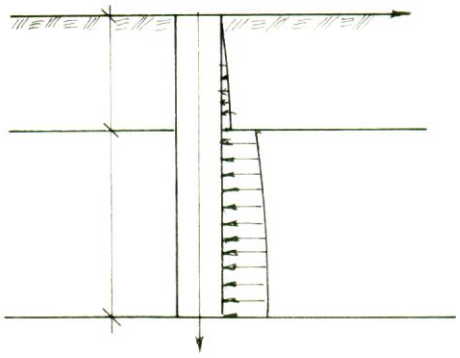
Пример 2

Дадени са физико-механичните характеристики за два трансверзално - изотропни пласта, т.е. модулите на линейната деформация в равнината на изотропия $E_1^{(1)} = 0{,}152.10^3 MPa$ и $E_1^{(2)} = 0{,}73.10^3 MPa$ и перпендикулярно на нея $E_2^{(1)} = 0{,}096.10^3 MPa$ и $E_2^{(2)} = 0{,}58.10^3 MPa$; коефициентите на Поасон в равнината на изотропия $\nu_1^{(1)} = 0{,}21$ и $\nu_1^{(2)} = 0{,}015$ и перпендикулярно на нея $\nu_2^{(1)} = 0{,}28$ и $\nu_2^{(2)} = 0{,}251$; коефициентите на вътрешно триене $f_{01} = 20^0$ и $f_{02} = 28^0$; обемните тегла $\gamma_1 = 0{,}28.10^{-2} MN/m^3$ и; и $\gamma_2 = 0{,}25.10^{-2} MN/m^3$; дебелините $t_1 = 3m$ и $t_2 = 5m$.

Тези стойности заместваме в / 6 / и получаваме обобщените напрежения. Разпределението на радиалните напрежения за двата пласта се определят съгласно / 10 / и е дадено в таблица 2.

Таблица 2

1	2	3
X_3	$\sigma_r^{(1)}$	$\sigma_r^{(2)}$
M	MPa	MPa
1	0,242	0
2	0,4711	0
3	0,6447	0,9336
4	0	1,1331
5	0	1,2967
6	0	1,4323
7	0	1,5361
8	0	1,6219



С увеличаване на дълбочината x_3 тези напрежения намаляват по експоненциален закон /фиг.2/. Диаграмата на радиалните напрежения е скокообразна със скокове в точките на контакта между пластовете. Колкото по-голяма е разликата между техническите константи на еластичността за материала на отделните пластове, толкова по-големи са скоковете в диаграмата на напреженията

За разлика от съществуващите решения, диаграмата на напреженията е нелинейна експоненциална функция в границите на един пласт. Тази функция намалява с увеличаване на дълбочината x_3 в земния масив, което се потвърждава от практиката.

ЛИТЕРАТУРА

Айталиев.Ш.М. *Развитие механики подземных и специалых сооружений в Казахстане за последние 40-лет, Прикладная механика том 40 кн. 10, 2004.*

Д. Гузъ, Я.Я. Рушицкий*, 0 монографическом наследии Г.С.Савина, Прикладная механика, том 43 кн. 1, 2007.*

Минчев Ив., Трифонова В., *Определяне на напреженията и деформациите в напластен скален масив в околността на вертикална кръгова шахта при нелинейно изменение на вертикалния натиск, Годишник на МГУ, 1981, том 28, св.III.*

Минчев Ив., *Основи на геоядрената термодинамика, С., 2006*

Трифонова – *Генова В., Изчисляване на многослоен крепеж на вертикална шахта в напластен масив чрез МКЕ, Годишник на МГУ, 1991, том 37, св.II.*

Препоръчана за публикуване от Катедра "Техническа механика", МТФ

ГОДИШНИК НА МИННО-ГЕОЛОЖКИЯ УНИВЕРСИТЕТ "СВ. ИВАН РИЛСКИ", Том 52, Св. II, Добив и преработка на минерални суровини, 2009
ANNUAL OF THE UNIVERSITY OF MINING AND GEOLOGY "ST. IVAN RILSKI", Vol. 52, Part II, Mining and Mineral processing, 2009

ГЕОТЕХНИЧЕСКИ ИЗСЛЕДВАНИЯ НА ГЛИНИТЕ ОТ НАСИПИЩАТА НА РУДНИК "ТРОЯНОВО СЕВЕР" КАТО СТРОИТЕЛНА ОСНОВА НА ОБСЛУЖВАЩИТЕ ПЪТИЩА

Виолета Иванова

Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София, E-mail: wivanova@abv.bg

РЕЗЮМЕ: Извършени са геотехнически изследвания на насипищните глини (в нарушено състояние) в рудника. Изведени са корелационни зависимости между механичните показатели. Изследването характеризира глините като строителна основа на обслужващите руднични пътища във връзка с подобряване на съществуващите и избор на нови технологии за изграждане, текущо поддържане и ремонт, и гарантиране на добро техническо състояние през експлоатационния им период.

GEOTECHNICAL INVESTIGATION OF "TROYANOVO SEVER" PIT DUMP CLAYS AS A SERVICE ROADS FOUNDATION

Violeta Ivanova
University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, e-mail: wivanova@abv.bg

ABSTRACT: Geotechnical investigations of pit dump (rough ground) clays as service road foundation were made. Correlation between mechanical parameters was worked out. The investigation characterized the clays as a foundation of service mining roads in relation to actual technologies improving and new building technologies choosing, running maintenance and good technical conditions warrantee during exploitation period.

Въведение

Автомобилните пътища в рудниците на "Мини Марица изток" ЕАД имат обслужващи функции. Предназначени са за транспортиране на хора, резервни части и агрегати за тежката минна механизация и консумативи за тях, специализирана техника (прикачни платформи за пренасяне на булдозери, еднокофови багери и др. от една точка на открития рудник до друга и пр.), подвижни ремонтни работилници, общостопански товари (строителни материали, взривни материали и аксесоари и др.), автоцистерни, автогрейдери и др. Т. е., те нямат технологични функции за транспортиране на откривка и/или въглища, но независимо от това, в хода на тяхната експлоатация се натрупват значителни остатъчни деформации.

Остатъчните деформации по обслужващи руднични пътища, изградени върху насипищни глини (нарушен масив) са по-интензивни от тези за пътища, изградени върху откривните хоризонти (ненарушен масив). Причина за това е значително по-ниската носеща способност на насипищните глини в сравнение с тази, на глините от откривните хоризонти. В резултат, твърде често през есенно-зимния сезон, както и след продължителни проливни дъждове, тези пътища, ако не са с бетонова или асфалтова настилка, тези пътища стават значително по-трудно проходими. Това води до удължаване времето за смяна на работните смени по тежката минна и транспортна механизация (багери, насипообразуватели, задвижващи и обръщателни станции и претоварачи), намаляване коефициента на използването й по време на смяната, а оттам и снижаване производителността на Разкривните транспортно-насипищни комплекси (РТНК), и на рудника като цяло.

Това, в удовлетворяваща практиката степен, може да се преодолее, ако в сега прилаганите технологии за изграждане, поддържане и ремонт на обслужващите руднични пътища се внесат целесъобразни корекции. Ревизията на тези технологии налага изследването на геотехническите свойства на насипищните глини по методика, съобразена със спецификата на изграждането, поддържането и ремонта на тези пътища.

Целенасочени изследвания в този смисъл бяха проведени при изпълнение договорни тематики с рудник "Трояново 1" и "Мини Марица изток" ЕАД (Смилянов, Иванова и др., 2008), резултатите от които са представени тук.

Методика на изследванията

Изследваните глини са от вътрешното и външните насипища на рудника.. Геотехническите им показатели са определени в лабораторията по инженерна геология към катедра "Подземно строителство" на МГУ "Св. И. Рилски". Взетите за лабораторно изследване проби са неуплътнени и водонаситени. Физичните им показатели са определени преди, и след уплътняване, а механичните - след уплътняване при вертикален товар $\sigma=1{,}5.10^5$Pa. Този товар отговаря на специфичното натоварване, упражнявано от тежкотоварната техника, преминаваща по вътрешно рудничните обслужващи пътища.

В лабораторни условия са изследвани следните показатели:

- естественото водно съдържание W_n, % и водно съдържание W, % след уплътняване при вертикален товар $\sigma=1,5.10^5$Pa (БДС 644-83);
- обемната плътност ρ_n, g/cm^3 и обемна плътност ρ, g/cm^3 след уплътняване при вертикален товар $\sigma=1,5.10^5$Pa (БДС 647-83);
- якост на срязване $\tau.10^5$Pa при вертикален товар $\sigma=1,5.10^5$Pa (БДС 10188-82);
- специфично съпротивление при пенетрация $P_m.10^5$Pa определено чрез автоматичен пенетрометър тип OFD с конусен накрайник с ъгъл при върха 30° и възможност за прилагане на товар, при който конусът да потъва 3÷10mm (Демирев и др., 1979).

Установяването на зависимости с коефициент на корелация над 0,8 между изследваните геотехнически показатели, позволява определянето на всеки показател чрез другите, с достатъчна за практиката точност.

В практиката на "Мини Марица изток" ЕАД е познато и in situ изследването на глините чрез динамичен плътномер (уред на ДорНИИ). С него се определя съпротивлението на глините при проникване - отчита се броя на ударите С, необходими на тежест от 2,5 kg, падаща свободно от 0,40 m височина по цилиндрично стебло с площ 1 cm^2, то да се внедри на дълбочина от 0,1 m в изследваната глинеста разновидност (Зеленин и др., 1975). Уредът е лесно преносим и лек за обслужване. Между броя на ударите С и геотехническите показатели съществуват тесни корелационни зависимости, което позволява те да бъдат лесно и бързо определяни с достатъчна за практиката точност. Такива изследвания за насипищни глини имат смисъл само след уплътняването им под съответен товар. В лабораторни условия уредът на ДорНИИ не може да бъде използван поради малките размери на пробните тела. Изследвания с него бяха проведени за
глините в ненарушен масив на откривните хоризонти на рудника, резултатите от които са представени от Смилянов, Иванова и др., 2008. По експертната оценка на автора броят на ударите С за глини, уплътнени под товар $\sigma=1,5.10^5$Pa не се очаква да надхвърля 4-5.

Съвременен метод за определяне на носещата способност на земната основа е CBR-тестът (извършва се лабораторно и in situ). Чрез него се определя относителната якост на почвата, сравнена с еталонен, стандартен висококачествен скален материал, изследван в Калифорния. У нас методът вече е задължителен при проектиране на магистрали, пристанища и летища. За руднични пътища с трошенокаменна настилка CBR-тестът дава възможност за бързо и лесно определяне на необходимата за полагане върху земната основа дебелина на скалните фракции, като се отчита големината на товарите, които ще преминават, както и тяхната честота. През 2007 г. такива изследвания бяха проведени лабораторно и in situ за глинестите разновидности от откривните хоризонти в рудник "Трояново 3" (Смилянов, Иванова и др., 2007). За съжаление изследвания чрез CBR-тест на насипищните глини в рудниците на "Мини Марица изток" ЕАД не са провеждани, а резултатите от тях биха позволи използване на нови технологии и материали (геотекстил, геоклетки, геомрежи и др.) при изграждането на обслужващите пътища, особено върху насипищни глини.

Резултати от геотехническите изследвания

Изследвани са глини от вътрешното насипище – сивозелени глини от II насипищен хоризонт и сивочерни глини от I насипищен хоризонт и от външното насипище – синьозелени глини. Всички глини са неуплътнени, водонаситени, силно пластични, без, или с различен процент, пясъчна фракция.

Резултатите от проведените геотехнически изследвания на насипищните глини са представени в таблица 1.

Изследвани са обемната плътност ρ_n и водното съдържание W_n в естествено състояние. След консолидация при вертикален товар $\sigma=1,5.10^5$Pa (специфичното натоварване, което се предава от тежкотоварната техника, преминаваща по вътрешно рудничните пътища) са определени обемната плътност ρ и водното съдържание W, както и якостта на срязване τ при $\sigma=1,5.10^5$Pa и специфичното съпротивление при пенетрация P_m (табл.1).

Сравняването на данните за водното съдържание и плътността на глините от насипищата в рудник „Трояново север" в естествено състояние и след уплътняване при вертикален товар $\sigma=1,5.10^5$Pa показва, че глините намаляват водното си съдържание с 1,5 до 12,4% (средно 9%) и увеличават обемната си плътност до 3,8% (средно 3%) (табл. 2). Уплътняването на насипищните глини под вертикален товар $\sigma=1,5.10^5$Pa е твърде малко – обемната плътност на сивозелените глини се увеличава само с 2,7%. Малко по-голямо е уплътняването при сивочерните глини и синьозелените песъчливи глини, където процесът на консолидация е улеснен от наличието на въглищни включения в сивочерните глини и на пясъчна фракция в синьозелените глини – там обемната плътност нараства с 3,8% (табл. 2).

Между обемната плътност ρ и водното съдържание W на насипищните глини след консолидация при вертикален товар $\sigma=1,5.10^5$Pa е установена праволинейна зависимост и тясна корелационна връзка - коефициент на корелация 0,99 (фиг. 1).

Механичните показатели - якост на срязване τ и съпротивление при пенетрация P_m на насипищните глини след консолидация при $\sigma=1,5.10^5$Pa - са с твърде ниски стойности: - $\tau = 0,20\div0,44.10^5$Pa, а $P_m = 0,45\div0,70.10^5$Pa (табл. 1). Тези показатели кореспондират логично със състоянието на глините в насипищния масив – нарушена структура и пълно водонасищане на порите им.

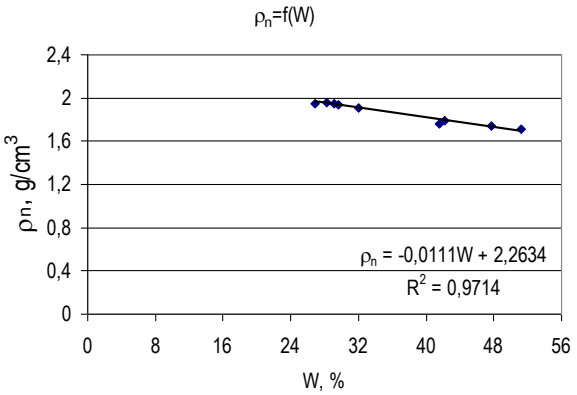
Между механичните показатели на глините също е установена тясна корелационна връзка. Зависимостта между якостта на срязване τ при $\sigma=1,5.10^5$Pa и специфичното съпротивление при пенетрация P_m е праволинейна, с коефициент на корелация 0,88 (фиг. 2).

Таблица 1. Физико-механични показатели на глините от насипищата на рудник „Трояново север"

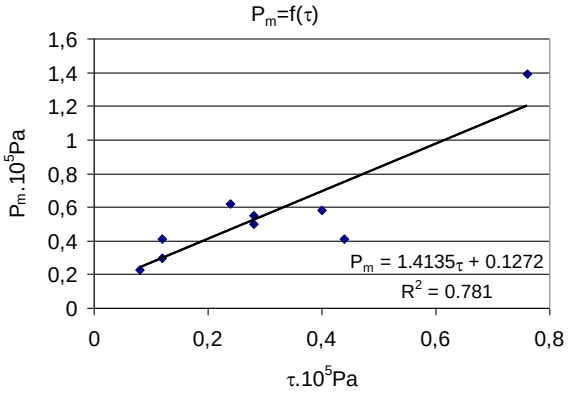
Проба №	Описание	Физични показатели в естествено състояние		Физико-механични показатели след консолидация при σ=1,5.10⁵Pa			
		W_n, %	ρ_n, g/cm³	W, %	ρ, g/cm³	τ,.10⁵Pa при σ=1,5.10⁵Pa	P_m, .10⁵Pa
Вътрешно насипище. II насипищен хоризонт. Задвижваща станция 2201							
1	Сивозелена глина с жълти петна	34,61	1,85	32,06	1,91	0,24	0,62
2	Сивозелена глина с жълти петна	32,38	1,91	29,13	1,95	0,28	0,50
3	Сивозелена глина	47,25	1,74	42,24	1,79	0,08	0,23
Вътрешно насипище. I насипищен хоризонт. Задвижваща станция 2101							
4	Сивочерна глина	48,38	1,69	47,66	1,74	0,12	0,41
5	Сивочерна до сивозелена глина	45,26	1,71	41,55	1,76	0,28	0,55
6	Сивочерна глина	58,44	1,61	51,18	1,71	0,40	0,58
Външни насипища. Задвижваща станция 1301							
7	Синьозелена глина песъчлива	28,48	1,90	26,92	1,95	0,76	1,39
8	Синьозелена глина песъчлива	33,52	1,85	29,64	1,94	0,12	0,30
9	Синьозелена глина песъчлива	31,36	1,88	28,24	1,96	0,44	0,41

Таблица 2. Промяна на водното съдържание и плътността на глините в нарушен масив за рудник „Трояново север"

Група	Описание	Намаляване на W_n и ρ_n след консолидация при σ=1,5.10⁵Pa, %					
		W_n			ρ_n		
		min	max	средно	min	Max	Средно
Вътрешно насипище. II насипищен хоризонт. Задвижваща станция 2201							
1	Сивозелени глини	7,4	10,6	9,3	2,1	3,1	2,7
Вътрешно насипище. I насипищен хоризонт. Задвижваща станция 2101							
2	Сивочерни глини	1,5	12,4	7,4	2,8	5,8	3,8
Външни насипища. Задвижваща станция 1301							
3	Синьозелени песъчливи глини	5,5	11,6	9,0	2,6	4,6	3,8



Фиг. 1. Зависимост между обемната плътност ρ и водното съдържание W след уплътняване при σ=1,5.10⁵Pa



Фиг. 2. Зависимост между специфичното съпротивление при пенетрация P_m и водното съдържание W след уплътняване при σ=1,5.10⁵Pa

Между механичните и физичните показатели на насипищните глини корелационни зависимости с достатъчно високи, удовлетворяващи практиката коефициенти на корелация (0,8), не бяха установени. Тези зависимости обаче показват, че и двата механични показателя се влияят в по-голяма степен от водното съдържание, отколкото от обемната плътност. Това логично може да се обясни със структурното им състояние в масива. Глините от откривните хоризонти, които са с ненарушена структура, се съпротивляват на механични въздействия преди всичко със структурните си връзки, а водата има подчинено значение. При насипищните глини, поради нарушената им структура, влиянието на водата има решаващо значение за намаляване на съпротивлението им при

механични въздействия, тъй като омокря контактите между частиците и ги отслабва.

Обслужващите пътища в рудник "Трояново север" се изграждат без настилка (черни) или с настилка от асфалт, бетон или трошенокаменни фракции. Проведените измервания на остатъчните деформации по тях дават информация за липсващите обеми настилка. Преобладаващата част от обслужващите руднични пътища са с настилка от трошенокаменни фракции. За остойностяване на операциите по текущо поддържане и определяне на оптималния срок за провеждането му при тези пътища, по методика предложена от Смилянов, 2008, глинестите разновидности от откривните хоризонти бяха групирани в три групи: 1-ва група: проби 1, 2 и 3; 2-ра група: проби 4, 5 и 6 и 3-та група: проби 7, 8 и 9, представени в таблица 3.

Таблица 3. Осреднени физико-механични показатели на насипищните глини в рудник „Трояново север"

Група	Описание	Физични показатели в естествено състояние		Физико-механични показатели след консолидация при σ=1,5.10^{5}Pa			
		W_n, %	ρ_n, g/cm^3	W, %	ρ, g/cm^3	τ,.10^{5}Pa при σ=1,5.10^{5}Pa	P_m, .10^{5}Pa
Вътрешно насипище. II насипищен хоризонт. Задвижваща станция 2201							
1	Сивозелени глини	38,08	1,83	34,48	1,88	0,20	0,45
Вътрешно насипище. I насипищен хоризонт. Задвижваща станция 2101							
2	Сивочерни глини	50,69	1,67	46,80	1,74	0,27	0,51
Външни насипища. Задвижваща станция 1301							
3	Синьозелени песъчливи глини	31,12	1,88	28,27	1,95	0,44	0,70

За бързото и лесно определяне на носещата способност на насипищните глини от земното платно и необходимата дебелина на скалните фракции (с отчитане на големината и честотата на преминаващите товари) за чакълираните обслужващи пътища е необходимо изследване на CBR-характеристиките им.

От резултатите, получени при изследване на геотехническите свойства на насипищните глини от земното платно на обслужващите пътища в рудник "Трояново север", могат да се направят следните

Изводи

1. Насипищните глини са сравнително хомогенни, неуплътнени, водонаситени. Решаващо влияние върху свойствата им има глинестата, респективно песъчливата фракция.

2. Под действие на уплътняващ товар (σ=1,5.10^{5}Pa) намаляват водното си съдържание с 1,5 до 12,4% (средно 9%) и увеличават обемната си плътност до 3,8% (средно 3%).

3. Под влияние на атмосферните води насипищните глини имат възможност да набъбват. Процесът на консолидация е възпрепятстван от невъзможността за филтрация на водата в тях, поради което се уплътняват твърде трудно и бавно.

4. За осигуряване на здрава основа на обслужващите пътища, освен задължителното уплътняване чрез валиране, особено важно за намаляване на водата е дренирането на пътя, което ще заздрави насипищните глини.

5. Необходимо е да се изследва, какъв е необходимия брой преминавания по една следа на ползваните в рудника уплътняващи валяци, за да се постигне максимално уплътняване на насипищните глини в земното платно на обслужващите пътища.

6. За използване на нови технологии и материали (геотекстил, геоклетки, геомрежи и др.) при изграждането на обслужващите пътища в рудника, особено върху насипищни глини, е необходимо да се изследват CBR-характеристиките им.

Литература

Демирев А. и др. *Ръководство за упражнения по инженерна геология*. ДИ Техника, София. 1979. 406 с.

Зеленин А. и др. *Машины для земляных работ*. Изд. Машиностроение, Москва. 1975. 422 с.

Смилянов А., В. Иванова и др. *Изследване на CBR-характеристиките на глините от надвъглищния комплекс на рудник "Трояново 3" за изясняване на възможностите за прилагане на нетрадиционни пътни и други настилки*. Отчет по дог. 1347. Архив на р-к "Трояново 3". 2007.

Смилянов А., В. Иванова и др. *Оптимизация с цел минимизиране на средногодишните разходи за строителство, поддържане и ремонт на сега прилаганите пътни настилки за обслужващите пътища в условията на рудник "Трояново 1"*. Отчет по дог. 1135. Архив на р-к "Трояново 1". 2008.

Смилянов А., В. Иванова и др. *Оптимизация с цел минимизиране на средногодишните разходи за строителство, поддържане и ремонт на сега прилаганите пътни настилки за обслужващите пътища в ненарушен и нарушен масив за условията на рудниците на "Мини Марица изток" ЕАД"*. Отчет по дог. 1928. Архив на НИС при МГУ, София. 2008.

Препоръчана за публикуване от Катедра "Подземно строителство ", МТФ

ГОДИШНИК НА МИННО-ГЕОЛОЖКИЯ УНИВЕРСИТЕТ "СВ. ИВАН РИЛСКИ", Том 52, Св. II, Добив и преработка на минерални суровини, 2009
ANNUAL OF THE UNIVERSITY OF MINING AND GEOLOGY "ST. IVAN RILSKI", Vol. 52, Part II, Mining and Mineral processing, 2009

ARRAY COMPUTING BASED IMPLEMENTATION OF WATER REINJECTION IN GEOTHERMAL STRUCTURE

Simeon Kostyanev[1], S. Kocsárdi[2], Z. Nagy[3], P. Szolgay[3], S. Akin[4], Velislav Stoyanov[1]

[1] University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, E-mail: simeon44@yahoo.co.uk; velislavs@yahoo.com
[2] Analogic Computers Inc., Budapest, Hungary
[3] Budapest University, Hungary
[4] Ankara Technical University, Turkey

ABSTRACT: A method is given here to model the processes of filtration and heat transfer in a three-dimensional geothermal medium. The main goal of the analysis was to find and proof the correlation between pressure and temperature in a geothermal structure.
The Cellular Neural /Nonlinear Networks paradigm is a natural framework to describe the behavior of locally interconnected dynamical systems which have an array structure. Emulated digital implementation of the CNN-Universal machine can use space variant templates (weighted interconnections) and multi-layered structures on different array processing architectures.
We want to find the optimal computational architecture which is satisfying the functional requirements, using the minimal precision and nevertheless achieving maximum computing power. To meet these requirements we want to process the spatial-regions with the highest possible parallelism.

КОМПЮТЪРНО ПРИЛОЖЕНИЕ ПРИ ПОВТОРНО ВПРЪСКВАНЕ НА ВОДА В ГЕОТЕРМАЛНИ СТРУКТУРИ

Симеон Костянев[1], С. Косарди[2], З. Наги[3], П. Солгей[3], С. Акин[4], В. Стоянов[1]
[1] Минно- геоложки университет "Св.Иван Рилски", 1700 София, E-mail: simeon44@yahoo.co.uk, velislavs@yahoo.com
[2] Аналогови компютри АД, Будапеща, Унгария
[3] Университет в Будапеща, Унгария
[4] Технически университет, Анкара, Турция

РЕЗЮМЕ: Представен е метод за моделиране на процеса на филтрация и топлопредаване в триизмерна среда. Главна цел на анализа беше да се намери и докаже корелацията между налягането и температурата в геотермална структура.
Парадигмата за Клетъчно невронната нелинейна мрежа е естествена рамка за описване на поведението на локална взаимосвързана динамична система, която има структура на масив. Цифровото прилагане на CNN-универсална машина може да използва пространствени вариантни модели (тегловно свързани) и многопластови структури от различни масиви изчислителни архитектури.
Ние искаме да намерим оптимална изчислителна архитектура, която удовлетворява функционалните изисквания, използвайки минимална точност, въпреки достигнатата максимална изчислителна мощност. За да удовлетворим тези изисквания ние пресмятаме пространствените области с най-голямо възможно съответствие.

Introduction

The Cellular Neural Network is a non-linear dynamic processor array. Its extended version, the CNN Universal Machine (CNN-UM), was invented in 1993 [*T. Roska and L. O. Chua*, 1993]. The CNN paradigm is a natural framework to describe the behavior of locally interconnected dynamical systems which have an array structure. So, it is quite straightforward to use CNN to compute the solution of different PDEs [*R. Carmona, F. Jiménez-Garrido, R. Domínguez-Castro, S. Espejo, A. Rodríguez-Vázque, Z. Nagy and P. Szolga, 2003; P. Szolgay, G. Vörös and Gy. Erőss, 1997*] – but in practical realizations the result cannot be used because of the limitations of the analog CNN-UM chips such as low precision or the restricted usability by applications operating with space-variant templates in a multi-layered structure – and to use the highest order of time derivatives. By implementing the CNN-UM architecture on an array processor it is possible to modify the cell model and simulate its behavior in very short time.

A method is given here to model the processes of filtration and heat transfer in a three-dimensional geothermal medium. The main goal of the analysis was to find and proof the correlation between pressure and temperature in a geothermal structure.
Knowing the partial differential equations of a valid geothermal problem it is necessary to compute complex spatio-temporal dynamic.

We want to find the optimal computational architecture which is satisfying the functional requirements, using the minimal required precision and nevertheless achieving maximum computing power. To meet these requirements we want to process the spatio-regions with the highest possible parallelism.

The geothermal model

A mathematical model of filtration and thermal processes of the surveyed region, the "Kazichene – Ravno pole" has been developed with a view to producing geothermal energy. The

mechanism of thermodynamic processes is strictly defined by Darcy's law of filtration and Fourier's law of heat transfer [*Pentland, Gitirana and Fredlun, 2001*], so it is expressed by differential equations, supplemented with initial and boundary conditions, conformable to the specific problem.

Boundary value problem of filtration process

For underground water movement the main differential equation referring to the filtration in the surveyed stratum, is

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(T\frac{\partial H}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(T\frac{\partial H}{\partial y}\right)=0 \qquad (1)$$

where H is water pressure measured from unspecified reference plane, T is stratum conductivity $T = k_f m$ which is function of co-ordinates x and y, k_f is filtration coefficient and m is stratum thickness which is a function of the co-ordinates x and y. The filtration rate in each point of the filtration field is:

$$V_x = -k_f\frac{\partial H}{\partial x},\quad V_y = -k_f\frac{\partial H}{\partial y} \qquad (2)$$

Boundary value problem of heat transfer

As the heat transfer takes place in three layers of different hydro-geological and thermo-physical characteristics, the model is described by three differential equations. The structure of the layers is shown in Figure 1.

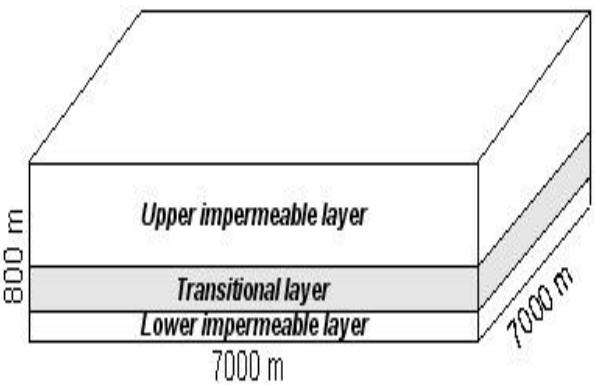


Fig. 1. Model of the examined region

In conformity with the key prerequisites of the heat transfer model, the main differential equations can be expressed in the following way:

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(\lambda_1\frac{\partial t_1}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(\lambda_1\frac{\partial t_1}{\partial y}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(\lambda_1\frac{\partial t_1}{\partial z}\right)=\rho_1 c_1\frac{\partial t_1}{\partial \tau} \qquad (3)$$

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(\lambda_2\frac{\partial t_2}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(\lambda_2\frac{\partial t_2}{\partial y}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(\lambda_2\frac{\partial t_2}{\partial z}\right)-m\rho c V_x\frac{\partial t_2}{\partial x} -m\rho c V_y\frac{\partial t_2}{\partial y}=m\rho_2 c_2\frac{\partial t_2}{\partial \tau} \qquad (4)$$

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(\lambda_3\frac{\partial t_3}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(\lambda_3\frac{\partial t_3}{\partial y}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(\lambda_3\frac{\partial t_3}{\partial z}\right)=\rho_3 c_3\frac{\partial t_3}{\partial \tau} \qquad (5)$$

where the symbols are as follows:
t_1, t_2 and t_3 denote temperatures in the 1st, 2nd and 3rd area and are functions of x, y and the time τ.
λ_1, λ_2 *and* λ_3 are the coefficients of conductivity in the same areas and are functions of x, y and z.
c_1, c_2 and c_3 mean heat capacities of the rocks.
ρ_1, ρ_2 and ρ_3 are the rock densities in the respective areas.
ρ and c are density and heat capacity of water.
V_x, V_y - projection of filtration rate on the x-axis and y-axis.

The equation (3) and (5) describe the heat transfer in the upper and lower argillaceous, impermeable layer, while the equation (4) denotes the process in the transitional, water saturated calcareous layer.

The initial and boundary conditions are as follows:

$$\begin{cases} t_1(x,y,0)=\varphi(x,y,z) \\ t_2(x,y,0)=\psi(x,y,z) \\ t_3(x,y,0)=\gamma(x,y,z) \end{cases} \qquad (6)$$

At the disruption λ conjugation conditions are satisfied:

$$\begin{cases} \left[t(x,y,\tau)\right]=0 \\ \left[\lambda\frac{\partial t}{\partial z}(x,y,\tau)\right]=0 \end{cases} \qquad (7)$$

Here the square brackets indicate the difference of the boundary value at the different sides of the surfaces, with disturbed continuity of parameter λ..

On the boundary $z=0$ the temperature is constant:

$$t_1(x,y,0,\tau)=t_0=const \qquad (8)$$

The boundary condition of area 3 is:

$$\lambda_3\frac{\partial t_3}{\partial z}(x,y,\tau)\big|_{z\to\infty}=q_0=const \qquad (9)$$

Discretisation of PDEs in time and space

The process described by the governing equation of filtration is a truly boundary value problem, which does not depend from the time and although by our computations the filtration terms are space dependent, but constant values in time.

In implementation of the governing equations of heat transfer on different hardware units, it is necessary to discretise the system of equations both in accordance with space and time.

The first order forward Euler formulation has been used to perform this operation and result wise a set of explicit, coupled finite-difference equations have been derived corresponding to equation (3)-(5) and can be described by the following formulas:

$$
\begin{aligned}
t_{1_{x,y,z}}^{k+1} &= t_{1_{x,y,z}}^{k} + \frac{\Delta\tau}{\rho_1 c_1}\frac{1}{\Delta x^2}\left(\lambda_{1_{x-1,y,z}} t_{1_{x-1,y,z}}^{k} - \left(\lambda_{1_{x-1,y,z}} + \lambda_{1_{x,y,z}}\right) t_{1_{x,y,z}}^{k} + \lambda_{1_{x,y,z}} t_{1_{x+1,y,z}}^{k}\right) \\
&+ \frac{\Delta\tau}{\rho_1 c_1}\frac{1}{\Delta y^2}\left(\lambda_{1_{x,y-1,z}} t_{1_{x,y-1,z}}^{k} - \left(\lambda_{1_{x,y-1,z}} + \lambda_{1_{x,y,z}}\right) t_{1_{x,y,z}}^{k} + \lambda_{1_{x,y,z}} t_{1_{x,y+1,z}}^{k}\right) \\
&+ \frac{\Delta\tau}{\rho_1 c_1}\frac{1}{\Delta z^2}\left(\lambda_{1_{x,y,z-1}} t_{1_{x,y,z-1}}^{k} - \left(\lambda_{1_{x,y,z-1}} + \lambda_{1_{x,y,z}}\right) t_{1_{x,y,z}}^{k} + \lambda_{1_{x,y,z}} t_{1_{x,y,z+1}}^{k}\right),
\end{aligned}
\tag{10}
$$

$$
\begin{aligned}
t_{2_{x,y,z}}^{k+1} &= t_{2_{x,y,z}}^{k} + \frac{\Delta\tau}{m_{x,y}\rho_2 c_2}\frac{1}{\Delta x^2}\left(\lambda_{2_{x-1,y,z}} t_{2_{x-1,y,z}}^{k} - \left(\lambda_{2_{x-1,y,z}} + \lambda_{2_{x,y,z}}\right) t_{2_{x,y,z}}^{k} + \lambda_{2_{x,y,z}} t_{2_{x+1,y,z}}^{k}\right) \\
&+ \frac{\Delta\tau}{m_{x,y}\rho_2 c_2}\frac{1}{\Delta y^2}\left(\lambda_{2_{x,y-1,z}} t_{2_{x,y-1,z}}^{k} - \left(\lambda_{2_{x,y-1,z}} + \lambda_{2_{x,y,z}}\right) t_{2_{x,y,z}}^{k} + \lambda_{2_{x,y,z}} t_{2_{x,y+1,z}}^{k}\right) \\
&+ \frac{\Delta\tau}{m_{x,y}\rho_2 c_2}\frac{1}{\Delta z^2}\left(\lambda_{2_{x,y,z-1}} t_{2_{x,y,z-1}}^{k} - \left(\lambda_{2_{x,y,z-1}} + \lambda_{2_{x,y,z}}\right) t_{2_{x,y,z}}^{k} + \lambda_{2_{x,y,z}} t_{2_{x,y,z+1}}^{k}\right) \\
&- \frac{\Delta\tau}{\rho_2 c_2}\frac{\rho c}{\Delta x} V_{x_{x,y}} \left(t_{2_{x,y,z}}^{k} - t_{2_{x+1,y,z}}^{k}\right) \\
&- \frac{\Delta\tau}{\rho_2 c_2}\frac{\rho c}{\Delta y} V_{y_{x,y}} \left(t_{2_{x,y,z}}^{k} - t_{2_{x,y+1,z}}^{k}\right)
\end{aligned}
\tag{11}
$$

And

$$
\begin{aligned}
t_{3_{x,y,z}}^{k+1} &= t_{3_{x,y,z}}^{k} + \frac{\Delta\tau}{\rho_3 c_3}\frac{1}{\Delta x^2}\left(\lambda_{3_{x-1,y,z}} t_{3_{x-1,y,z}}^{k} - \left(\lambda_{3_{x-1,y,z}} + \lambda_{3_{x,y,z}}\right) t_{3_{x,y,z}}^{k} + \lambda_{3_{x,y,z}} t_{3_{x+1,y,z}}^{k}\right) \\
&+ \frac{\Delta\tau}{\rho_3 c_3}\frac{1}{\Delta y^2}\left(\lambda_{3_{x,y-1,z}} t_{3_{x,y-1,z}}^{k} - \left(\lambda_{3_{x,y-1,z}} + \lambda_{3_{x,y,z}}\right) t_{3_{x,y,z}}^{k} + \lambda_{3_{x,y,z}} t_{3_{x,y+1,z}}^{k}\right) \\
&+ \frac{\Delta\tau}{\rho_3 c_3}\frac{1}{\Delta z^2}\left(\lambda_{3_{x,y,z-1}} t_{3_{x,y,z-1}}^{k} - \left(\lambda_{3_{x,y,z-1}} + \lambda_{3_{x,y,z}}\right) t_{3_{x,y,z}}^{k} + \lambda_{3_{x,y,z}} t_{3_{x,y,z+1}}^{k}\right)
\end{aligned}
\tag{12}
$$

where $\Delta\tau$ is the time step, Δx, Δy and Δz are the distance of grid points in direction x,y and z respectively.

Cell Processor Architecture

The Cell Broadband Engine Architecture (CBEA) is designed to achieve high computing performance with better area/performance and power/performance ratios than the conventional multi-core architectures. The CBEA defines a heterogeneous multi-processor architecture where general purpose processors called Power Processor Elements (PPE) and SIMD processors called Synergistic Processor Elements (SPE) are connected via a high speed on-chip coherent bus called Element Interconnect Bus (EIB). The CBEA architecture is flexible and the ratio of the different elements can be defined according to the requirements of the different applications. The first implementation of the CBEA is the Cell Broadband Engine (Cell BE or Cell), being designed for the Sony Playstation 3 game console, contains 1 PPE and 8 SPEs. The block diagram of the Cell is shown in Figure 2.

The PPE is a conventional dual-threaded 64bit PowerPC processor which can run existing operating systems without modification and can control the operation of the SPEs. To simplify processor design and achieve higher clock speed instruction reordering is not supported by the PPE. The EIB is not a bus as suggested by its name but a ring network which contains 4 unidirectional rings where two rings run counter to the direction of the other two. The dual-channel Rambus XDR memory interface provides very high 25.6GB/s memory bandwidth. I/O devices can be accessed via two Rambus FlexIO interfaces where one of them (the Broadband Interface (BIF)) is coherent and makes it possible to directly connect two Cell processors.

The SPEs are SIMD only processors which are designed to handle streaming data. Therefore they do not perform well in general purpose applications and cannot run operating systems.

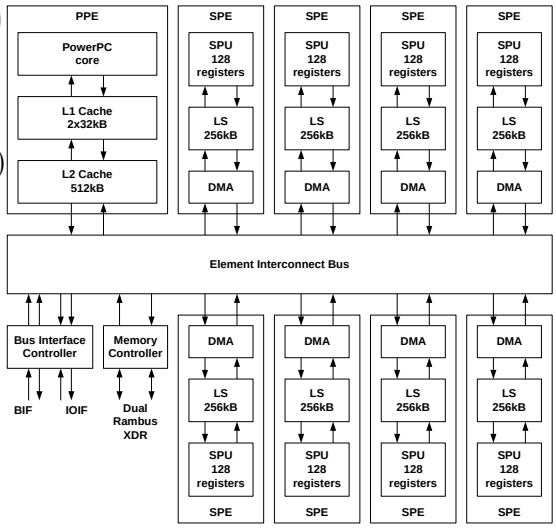


Fig. 2. Model of the examined region

Cell Systems

The third generation blade system is the IBM Blade Center QS22 equipped with new generation PowerXCell 8i processors manufactured by using 65nm technology. Double precision performance of the SPEs are significantly improved providing extraordinary computing density – up to 6.4 TFLOPS single precision and up to 3.0 TFLOPS double precision in a single Blade Center house. These blades are the main building blocks of the world's fastest supercomputer at Los Alamos National Laboratory which first breaks through the "petaflop barrier" of 1,000 trillion operations per second.

Solution on a CNN Architecture

To model the process of reinjection on emulated digital CNN architecture [8] a space-variant CNN model has been developed based on equation (10)-(12), which is operating with 3,5 dimensional templates. The second equation which describes the behavior of the water saturated transitional layer contains two additional parts which were derived from the time-independent filtration equation and make the connection between the process of filtration and heat transfer.

By the process of filtration only the temperature values have to calculated and updated during the iterations, so it can be used zero-input CNN templates using the given initial values as initial state of the template running. To design space-variant, non-linear template for the three-dimensional medium we have designed 3 coupled 2D templates using an r=1 neighborhood for every three physical layers, so every feedback template-threefold is containing 27 elements.

The structure of the coupled templates for one physical layer can be seen in Figure 3., where n denotes the described physical layer.

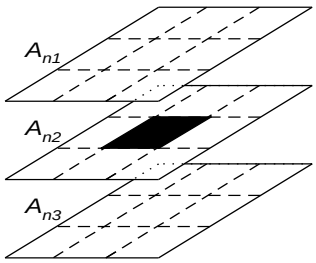


Fig. 3. Structure of coupled template

for the 3D heat transfer (r=1)

The coupled templates of the second layer which was determined from equation (11) are as follows:

$$A_{21} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{\Delta\tau}{m_{x,y}\rho_2 c_2}\frac{1}{\Delta z^2}\lambda_{x,y,z-1} & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$A_{23} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{\Delta\tau}{m_{x,y}\rho_2 c_2}\frac{1}{\Delta z^2}\lambda_{x,y,z} & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$A_{22} = \begin{bmatrix} 0 & \frac{\Delta\tau}{m_{x,y}\rho_2 c_2}\frac{1}{\Delta x^2}\lambda_{x-1,y,z} & 0 \\ \frac{\Delta\tau}{m_{x,y}\rho_2 c_2}\frac{1}{\Delta y^2}\lambda_{x,y-1,z} & \begin{array}{l} 1-\frac{\Delta\tau}{m_{x,y}\rho_2 c_2}\frac{1}{\Delta x^2}\left(\lambda_{x-1,y,z}+\lambda_{x,y,z}\right) \\ -\frac{\Delta\tau}{m_{x,y}\rho_2 c_2}\frac{1}{\Delta y^2}\left(\lambda_{x,y-1,z}+\lambda_{x,y,z}\right) \\ -\frac{\Delta\tau}{m_{x,y}\rho_2 c_2}\frac{1}{\Delta z^2}\left(\lambda_{x,y,z-1}+\lambda_{x,y,z}\right) \\ -\frac{\Delta\tau}{\rho_2 c_2}\frac{\rho c}{\Delta x}V_{x_{x,y}}-\frac{\Delta\tau}{\rho_2 c_2}\frac{\rho c}{\Delta y}V_{y_{x,y}} \end{array} & \begin{array}{l} \frac{\Delta\tau}{m_{x,y}\rho_2 c_2}\frac{1}{\Delta y^2}\lambda_{x,y,z} \\ +\frac{\Delta\tau}{\rho_2 c_2}\frac{\rho c}{\Delta y}V_{y_{x,y}} \end{array} \\ 0 & \frac{\Delta\tau}{m_{x,y}\rho_2 c_2}\frac{1}{\Delta x^2}\lambda_{x,y,z}+\frac{\Delta\tau}{\rho_2 c_2}\frac{\rho c}{\Delta x}V_{x_{x,y}} & 0 \end{bmatrix}$$

The space-variant templates for the first and third physical layers can be determined similarly, there only need to be used the appropriate *ρ* and *c* multiplier coefficients.

By using the previously described discretization method a C based solver is developed which is optimized for the SPEs of the Cell architecture.

The large (128-entry) register file of the SPE makes it possible to store the neighborhood of the currently processed cell during the solution of the governing equations. The number of load instructions can be decreased significantly. Since the SPEs cannot address the global memory directly, the user's application running on the SPE is responsible to carry out data transfer between the local memory of the SPE and the global memory via DMA transactions.

The relatively small local memory of the SPEs does not allow to store all the data required for the computation, therefore an efficient buffering method is required to save memory bandwidth. In our solution a belt of 6 slices is stored in the local memory from the array: 3 slices are required to form the local neighborhood of the currently processed row, one slice is required for data synchronization, and two slices are required to allow overlap of the computation and communication as shown in Figure 4. During implementation the environment of the CNN simulation kernel was used [*Z. Nagy, Zs. Vörösházi,P. Szolgay*, 2006]. Template operations are optimized according to the discretized equations (10)-(12) to improve performance. The optimized kernel requires about 32KB memory from the local store of the SPE leaving approximately 224KB for the slice buffers. Therefore the size of the buffer is maximum 3584 grid points (59x59 array) while the number of slices is only limited by the size of the main memory.

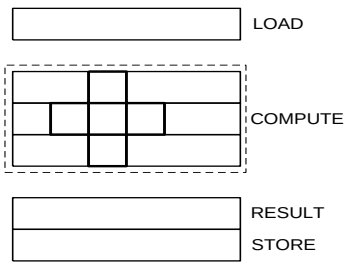
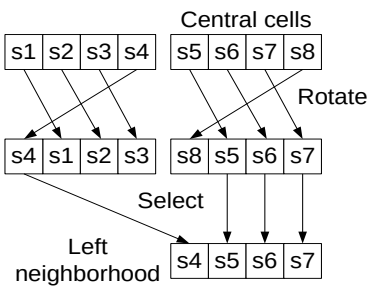


Fig. 4. Local store buffers

The SPEs in the Cell architecture are SIMD-only units hence the state values of the cells should be grouped into vectors. The size of the registers is 128bit and 32bit floating point numbers are used during the computation. Accordingly, our vectors contain 4 elements. Let's denote the state value of the ith cell by *si*.

It seems obvious to pack 4 neighboring cells into one vector {*s5,s6,s7,s8*}. However, constructing the vector which contains the left {*s4,s5,s6,s7*} and right {*s6,s7,s8,s9*} neighbours of the cells is somewhat complicated because 2 "rotate" and 1 "select" instructions are needed to generate the required vector (see Figure 5.). This limits the utilization of the floating-point pipeline because 3 integer instructions (rotate and select) must be carried out to generate the left and right neighbourhood of the cell, before a floating point instruction can be issued.



Fign 5. Generation of the left neighborhood

This limitation can be removed by slicing the cell array into 4 vertical stripes and rearranging the cell values. In the above case, the 4-element vector contains data from the 4 different slices as shown in Figure 6. This makes it possible to eliminate the shift and shuffle operations to create the neighborhood of the cells in the vector. The rearrangement should be carried out only once, at the beginning of the computation and can be

carried out by the PPE. Though, this solution improves the performance of the simulation data, data dependency between the floating-point instructions may still cause pipeline stalls. In order to eliminate this dependency the inner loop of the computation must be rolled out. Instead of waiting for the result of the first floating-point instruction, the computation of the next group of cells is started. The level of unrolling is limited by the size of the register file.

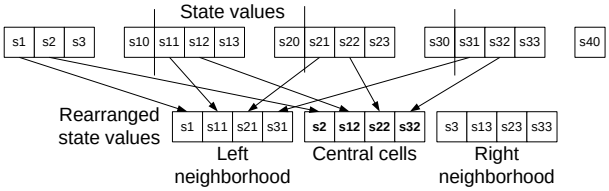


Figure 6. Rearrangement of the state values

To utilize the power of the Cell architecture computation work should be distributed between the SPEs. In spite of the large memory bandwidth of the architecture the memory bus can be easily saturated. Therefore an appropriate arrangement of data between SPEs can greatly improve computing performance. One possible solution is to distribute grid data between the SPEs. In this case each SPE is working on a narrow horizontal slice of the grid as shown in Figure 7. Communication between the SPE is required only during the computation of the first and last row of the slice (gray areas), which can be efficiently carried out by a single DMA transaction.

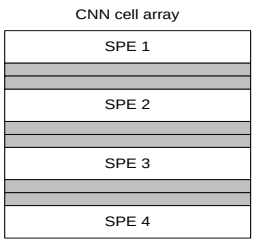


Fig. 7. Data distribution between SPEs: slicing

However the above data arrangement is well suited for the architecture of the array processors and simplifies the inter-processor communication, the SPEs are accessing main memory in parallel which might require very high memory bandwidth. If few instructions are executed on large data sets then memory system is saturated resulting in low performance. Static timing analysis of the optimized CFD solver kernel showed that a grid point can be updated in approximately 63 clock cycles. Each update requires movement of 24byte data (1x4byte state value, 1x4byte updated state value, 4x4byte mask value) between the main memory and the local store of the SPE. The Cell processor is running on 3.2GHz clock frequency therefore in an ideal case the expected performance of the computation kernel using one SPE is 203 million update/s. The estimated memory bandwidth requirement is 4.8GByte/s which is less than 20% of the available memory bandwidth. Therefore grid data can be distributed between 5 SPEs and each of them can work on its own slice in parallel without running into a memory bottleneck.

Results, performance

To show the efficiency of our solution a complex test case was accomplished in a model having 77x77x17 grid points. The input and the result of 32 bit floating-point computation of water saturated layer after 1 year of simulation time with 2048s timestep is shown on Figure 8. and Figure 9. The computation time was 221 seconds on Intel Core 2 Duo 2GHz microprocessor processor. This is equivalent to approximately 6.9 million cell update/s.

The performance of the IBM Cell based emulated digital solution of the model is very encouraging. The previous computation takes just 7.5s using 1 SPE and 4.14s using all the 8 SPEs of the Cell processor, so the computation has been accelerated by 29.4 and 194.2 times compared to the performance of Core 2 Duo.

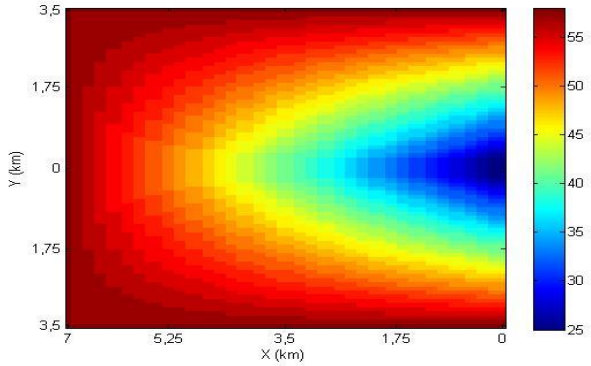


Fig. 8. Input map for transitional layer

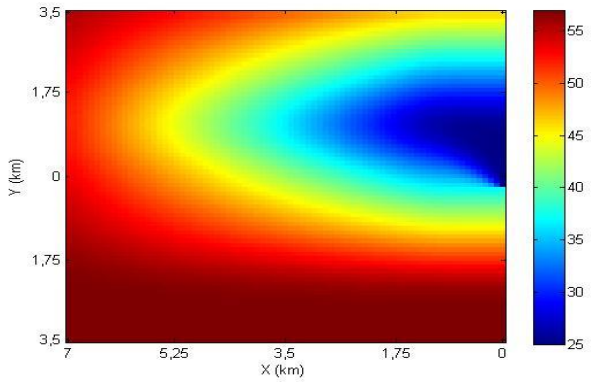


Fig. 9. Temperature map after simulation

Conclusion

The state equation of water reinjection in geothermal reservoirs with realistic input parameters was solved using a CNN architecture. The cell model of the emulated digital CNN-UM processor was modified according to the governing equations of model of heat transfer and filtration processes. The CNN-UM solution can be efficiently accelerated using re-configurable devices also [*Celoxica Ltd. Homepage, Xilinx Products Homepage, S Kocsárdi, Z. Nagy, S Kostianev, P. Szolgay, 2006*]. The proposed architecture was implemented on IBM Cell processor based QS22 architecture.

Our solution was optimized according to the special requirements of the Cell architecture. Performance comparison showed that about 29-time speedup can be achieved with respect to a high performance microprocessor in the single SPE solution, while the speedup is 194-time higher when all the 8 SPEs are utilized. In the future we are planning to extend our solution to use multiple Cell processors.

References

T. Roska and L. O. Chua, "The CNN Universal Machine: an Analogic Array Computer", IEEE Transaction on Circuits and Systems-II, vol. 40, pp. 163-173, 1993.

R. Carmona, F. Jiménez-Garrido, R. Domínguez-Castro, S. Espejo, A. Rodríguez-Vázquez, "Programmable retinal dynamics in a CMOS mixed-signal array processor chip", Proc. Of SPIE Vol. 5119, pp. 13-23.

Z. Nagy and P. Szolgay, "Configurable Multi-layer CNN-UM Emulator on FPGA", IEEE Transaction on Circuit and Systems I: Fundamental Theory and Applications, vol. 50, pp. 774-778, 2003.

Pentland, Gitirana and Fredlund, "Use of a General Partial Differential Equation Solver for Solution of Mass and Heat Transfer Problems in Geotechnical Engineering", 4th Brazilian Symposium on Unsatured Soils, March 2001, pp. 29-45.

P. Szolgay, G. Vörös and Gy. Erőss, "On the Application of an Analog Input Dual Output CNNUM Chip in Transient Analysis of Mechanical Vibrating Systems", Proc. Of the IEEE INES97, pp. 257-260, 1997.

Celoxica Ltd. Homepage [Online]. Available: http://www.celoxica.com.

Xilinx Products Homepage [Online]. Available: http://www.xilinx.com.

Z. Nagy, Zs. Vörösházi,P. Szolgay, "Emulated Digital CNN-UM Solution of Partial Differential Equations", Int. J. CTA, Vol. 34, No. 4, pp. 445-470 (2006).

Z. Nagy, L. Kék, Z.Kincses, A Kiss, P. Szolgay, "Toward exploitation of cell multiüprocessor array in time-consuming applications by using CNN model", Int. J. CTA, Vol. 36, No. 5-6, pp. 605-622 (2008).

S Kocsárdi, Z. Nagy, S Kostianev, P. Szolgay, "FPGA based implementation of water reijection in geothermal structure", Proc. of CNNA2006, pp. 323-327, 2006, Istanbul.

Recommended for publication
of Editorial board

ГОДИШНИК НА МИННО-ГЕОЛОЖКИЯ УНИВЕРСИТЕТ "СВ. ИВАН РИЛСКИ", Том 52, Св. II, Добив и преработка на минерални суровини, 2009
ANNUAL OF THE UNIVERSITY OF MINING AND GEOLOGY "ST. IVAN RILSKI", Vol. 52, Part II, Mining and Mineral processing, 2009

ДИФЕРЕНЦИАЛНИ ТЕНЗОРНИ ПРЕСМЯТАНИЯ ПРИ СМЯНА НА КООРДИНАТНАТА СИСТЕМА

Юлиян Димитров

Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София, E-mail: juldim@abv.bg

РЕЗЮМЕ. Основни величини в скалната механика се представят тензорно. Използва се специфичен аналитичен апарат, включващ функционални диференциални зависимости.
В настоящия материал се предлага една техника на пресмятане на диференциални зависимости. Въвежда се специално означение за диференцирането при умножение на векторни, матрични и тензорни величини.

DIFERENTIAL TENSOR CALCULUS AT TRANSFORMING OF COORDINATE SYSTEM

Julian Dimitrov
University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, e-mail: juldim@abv.bg

ABSTRACT. Basic quantities in rock mechanics are presented as tensors. Specific analytical apparatus is used, that includes functional differential dependencies.
In this material offers a techniques for calculation of differential dependencies. A special denotation for differentiating of vector, matrixes and tensor quantities is introduced.

Въведение

Механиката на непрекъснатите среди и по-специално, механика на скалите, използват специфичен аналитичен апарат, включващ функционални и диференциални зависимости между скаларни, векторни и матрични (тензорни) величини. Тези величини приемат стойности спрямо определена координатна система и представлява интерес един общ метод за преобразуване на изразите при смяна на координатната система.

В механика на еластичните среди един от основните параметри е тензора на напреженията $T_{xy} = \begin{pmatrix} \sigma_x & \tau_{xy} \\ \tau_{xy} & \sigma_y \end{pmatrix}$. Основно означение за диференциален оператор е векторът на градиента $\begin{pmatrix} \frac{\partial}{\partial x} \\ \frac{\partial}{\partial y} \end{pmatrix}$, който както и тензорът на напреженията T_{xy} са спрямо декартова координатна система (Влахов, 2001; Минчев, 1980).

Ако при смяна в полярна координатна система $O_{xy} \to O_{r\theta}$ се направят съответните пресмятания, както във Върбанов (1965) може да се запише в матричен вид

$$T_{xy} = \Lambda' T_{r\theta} \Lambda, \qquad (1)$$

където $\Lambda = \begin{pmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix}$ е матрицата на прехода при завъртане на ъгъл θ и $T_{r\theta} = \begin{pmatrix} \sigma_r & \tau_{r\theta} \\ \tau_{r\theta} & \sigma_\theta \end{pmatrix}$ е тензорът на напреженията в полярни координати.

Също така векторът $\begin{pmatrix} \frac{\partial}{\partial r} \\ \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial \theta} \end{pmatrix} = \Lambda \begin{pmatrix} \frac{\partial}{\partial x} \\ \frac{\partial}{\partial y} \end{pmatrix}$ ще наричаме <u>*полярен градиент*</u> и е записан като вектор – стълб.

Градиентът може да се запише и като вектор – ред във вида $\left(\frac{\partial}{\partial r}, \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial \theta}\right) = \left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y}\right)\Lambda'$. Както се забелязва в сила е правилото за транспониране на матрици при тяхното умножение.

Уравнението на статиката може да се представи в матричен вид

$$\left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y}\right) T_{xy} = (0, 0). \qquad (2)$$

Ако, обаче, искаме да запишем съответното уравнение, получено чрез транспониране, ще срещнем определени затруднения. Това се дължи на факта, че записът $T_{xy} \begin{pmatrix} \frac{\partial}{\partial x} \\ \frac{\partial}{\partial y} \end{pmatrix}$

по – скоро се възприема като $\begin{pmatrix} \sigma_x \dfrac{\partial}{\partial x} + \tau_{xy} \dfrac{\partial}{\partial y} \\ \tau_{xy} \dfrac{\partial}{\partial x} + \sigma_y \dfrac{\partial}{\partial y} \end{pmatrix}$

отколкото $\begin{pmatrix} \dfrac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \dfrac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} \\ \dfrac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \dfrac{\partial \sigma_y}{\partial y} \end{pmatrix}$.

За да укажем начина на действие на градиента ще въведем означение, при което със стрелка се посочва множителят, който е подложен на диференциране. По този начин за съответното на (2) транспонирано уравнение на статиката получаваме

$$\underbrace{T_{xy}}\underbrace{\begin{pmatrix} \dfrac{\partial}{\partial x} \\ \dfrac{\partial}{\partial y} \end{pmatrix}} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix} . \qquad (3)$$

Най общо така въведеното означение ще наричаме означение за ДТП (означение за диференциално тензорно пресмятане).

Цел

Да се предложи един начин за преобразуване на тензорно представени диференциални зависимости, който тук ще наричаме диференциално тензорно пресмятане (ДТП).

Да се формулират основните свойства определящи коректността на ДТП и да се представи приложение на метода.

Същност на ДТП

Определение: Оператора $L(a)$, действащ в множеството от реални числа R, наричаме скаларен, линеен, диференциален оператор, когато за произволни числа $a, b, \lambda, \mu \in R$ е изпълнено

$$L(\lambda a + \mu b) = \lambda L(a) + \mu L(b) \text{ и} \qquad (4)$$

$$L(ab) = aL(b) + bL(a) \qquad (5)$$

Свойство: Линейната комбинация на скаларни линейни диференциални оператори е линеен диференциален оператор.

Доказателство:

Нека $D(x) = \lambda L(x) + \mu G(x)$ е линейна комбинация на линейните и диференциални оператори L и G.

Тогава

$$D(pa+qb) = \lambda L(pa+qb) + \mu G(pa+qb) =$$
$$= \lambda pL(a) + \lambda qL(b) + \mu pG(a) + \mu qG(b) =$$
$$= p[\lambda L(a) + \mu G(a)] + q[\lambda L(b) + \mu G(b)] =$$
$$= \lambda D(a) + \mu G(b).$$

Също $D(ab) = \lambda L(ab) + \mu G(ab) =$

$$= \lambda[aL(b) + bL(b)] + \mu[aG(b) + bG(b)] =$$
$$= a[\lambda L(a) + \mu G(a)] + \mu[\lambda L(b) + \mu G(b)] =$$
$$= aD(b) + bD(a).$$

Определение: Нека $L(x)$ и $G(x)$ са скаларни линейни диференциални оператори. Тогава вектора $(L,G) = (L(x), G(x))$ наричаме линеен диференциален оператор вектор ред.

Дефинираме действие на оператора върху произведение от две числови матрици.

Нека $A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix}$ и $B = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{pmatrix}$.

Тогава въвеждаме означението

$$\underbrace{(L,G)}\underbrace{A}\underbrace{B} = (a_{11}L + a_{21}G, a_{12}L + a_{22}G)B =$$
$$= a_{11}L(b_{11}) + a_{21}G(b_{11}) + a_{12}L(b_{21}) + a_{22}G(b_{21}) +$$
$$+ a_{11}L(b_{12}) + a_{21}G(b_{12}) + a_{12}L(b_{22}) + a_{22}G(b_{22}).$$

При така въведеното означение матрицата A наричаме <u>*линеен*</u> <u>*операнд*</u>, а матрицата B - <u>*диференциален*</u> <u>*аргумент*</u>.

Елементарен случай:

В частност ще ползваме и означението

$\underbrace{(L,G)}\underbrace{A} = \underbrace{(L,G)}\underbrace{EA} = (L,G)A$, където E е единичната матрица.

При така въведеното означение:

<u>Линейният операнд</u> задава (дефинира) оператор - ред с елементи линейни комбинации на първоначалните елементи L и G на оператора.

<u>Диференциалният аргумент</u> е обекта върху който се действа след умножението на оператора с линейния операнд.

Въведеното означение за ДТП се обозначава с указател стрелка започваща от оператора и сочеща към диференциалния операнд.

Свойства на оператора – вектор:

Свойство 1: $(L,G) = (L(x), G(x))$ е линеен оператор.

$$\underbrace{(L,G)}\underbrace{(\lambda A + \mu B)} = \lambda \underbrace{(L,G)}\underbrace{A} + \mu \underbrace{(L,G)}\underbrace{B} \qquad (6)$$

Свойство 2: Изпълнени са дистрибутивните закони

$$\underbrace{(L,G)}\underbrace{A}\underbrace{(B+C)} = \underbrace{(L,G)}\underbrace{AB} + \underbrace{(L,G)}\underbrace{BC} \qquad (7)$$

$$\underbrace{(L,G)}\underbrace{(A+B)}\underbrace{C} = \underbrace{(L,G)}\underbrace{AC} + \underbrace{(L,G)}\underbrace{BC} \qquad (8)$$

Диференциране на векторни, матрични и тензорни операции

Операците между векторни и матрични величини са събиране и умножение (Ланкастер, 1978; Ражевский, 1967). За да направим обобщени изводи, тук ще използваме като означения за векторните и матричните величини големи латински букви $A, B, C, \ldots$. Векторите и матриците са с

елементи числа или означения за диференциране, като $\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y}$ и $\frac{\partial}{\partial z}$.

Вторият случай може да се разглежда, като оператор-скалар или елементи на оператор-вектор или оператор-матрица.

Матриците, които разглеждаме са квадратни матрици от втори ред и от трети ред. Когато дадени матрични величини участват в специални тензорни операции те се наричат тензори.

Събирането винаги се означава със знака +. Умножението със скалар се означава без знак, като скалара се записва първи. Останалите видове умножение се означават със специални знаци.

Събирането е почленно спрямо елементите на операндите и диференцирането на сума е също почленно.

Диференцирането на произведение на вектор или матрица със скалар се свежда до почленно диференциране на произведението на скалара със съответния елемент.

Ще спрем вниманието си върху диференцирането на произведението на вектори и матрици, което ще означаваме с $*n$, където $n = 1, 2, \ldots$ задава вида на операцията. Нека Ω е диференциален оператор. Съгласно въведените означения за деференциален оператор имаме:

Случай 1 $\underbrace{\Omega *_1 A *_2 B}$, $\underbrace{B *_1 A *_2 \Omega}$ (9)

Случай 2 $\underbrace{\Omega *_1 A *_2 B}$, $\underbrace{B *_1 A *_2 \Omega}$ (10)

В случай 1 операндът A и в случай 2 - B са линейни операнди.

В случай 1 операндът B и в случай 2 операндът A са дифенциални аргументи.

Ще покажем, че свойството на диференциалния оператор:

$$\underbrace{\Omega *_1 A *_2 B} = \underbrace{\Omega *_1 A *_2 B} + \underbrace{\Omega *_1 A *_2 B}$$

и (11)

$$\underbrace{B *_1 A *_2 \Omega} = \underbrace{B *_1 A *_2 \Omega} + \underbrace{B *_1 A *_2 \Omega}$$

е в сила при всеки вид умножение $*_1 u *_2$. За целта ще опишем видовете умножение между вектори и матрици (тензори) и как тези операции се свеждат до умножение на по два елемента на операндите.

1. Скаларно произведение на вектори

$$A \cdot B = \lambda \qquad \lambda = \sum_i a_i b_j$$

2. Векторно произведение на вектори

$$A \times B = C \qquad c_i = \varepsilon_{ijk} a_j b_k .$$

Тук ε_{ijk} е смвол на Кронекер.

3. Умножение на вектор-ред с матрица

$$A \cdot B = C \qquad c_i = \sum_i a_i b_{ij}$$

4. Умножение на матрици (скаларно умножение на матрици)

$$A \cdot B = C \qquad c_{ij} = \sum_k a_{ik} b_{kj}$$

5. Тензорно умножение на вектор-стълб по вектор-ред

$$A \otimes B = C \qquad c_{ij} = a_i b_j .$$

От формулите за поелементно описание на всяко от произведенията се вижда, че формулите (11) са изпълнени.

Също така, за случай 1 се установява и свойство свързано с линейния операнд:

$$\underbrace{\Omega *_1 A *_2 B} = \underbrace{\Omega *_1 A *_2 B}$$

$$\underbrace{B *_1 A *_2 \Omega} = \underbrace{B *_1 A *_2 \Omega} \qquad (12)$$

Приложение на ДТП за получаване на преместванията и деформациите в полярни координати

За да илюстрираме приложението на метода ДТП ще получим формулите за тензора на деформациите в полярни координати $D_{\tau\theta}$ използвани в Парашкевов (1969). За целта ще извършим трансформация с тензора на деформациите в декартови координати D_{xy} съгласно формулата $D_{\tau\theta} = \Lambda' D_{xy} \Lambda$. Тази формула може да се напише по съответните направени изчисления във Върбанов (1965), където

$$D_{xy} = \begin{pmatrix} \varepsilon_x & \frac{1}{2}\gamma_{xy} \\ \frac{1}{2}\gamma_{xy} & \varepsilon_y \end{pmatrix} \text{ и } D_{r\theta} = \begin{pmatrix} \varepsilon_r & \frac{1}{2}\gamma_{r\theta} \\ \frac{1}{2}\gamma_{r\theta} & \varepsilon_\theta \end{pmatrix}.$$

Нека с $u(x, y)$ и $v(x, y)$ сме означили преместванията съответно по x и y , а с $\xi(r, \theta)$ и $\eta(r, \theta)$`- радиалните и тангенциални премествания. Тогава може да се изведе връзката $\begin{pmatrix} \xi \\ \eta \end{pmatrix} = \Lambda \begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix}$ (Върбанов, 1965). Същевременно за деформациите в декартови координати имаме

$$D_{xy} = \begin{pmatrix} \frac{\partial u}{\partial x} & \frac{1}{2}\left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x}\right) \\ \frac{1}{2}\left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x}\right) & \frac{\partial v}{\partial y} \end{pmatrix} =$$

$$= \frac{1}{2}\left[\frac{D(u,v)}{D(x,y)} + \left(\frac{D(u,v)}{D(x,y)}\right)'\right],$$ където сме въвели означението за матричен якобиан

$$\frac{D(u,v)}{D(x,y)}=\begin{pmatrix}\frac{\partial u}{\partial x} & \frac{\partial u}{\partial y}\\ \frac{\partial v}{\partial x} & \frac{\partial v}{\partial x}\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}u\\ v\end{pmatrix}\otimes\left(\frac{\partial}{\partial x},\frac{\partial}{\partial y}\right) \qquad (13)$$

Тук $\otimes$ е означение за тензорно умножение на вектори.

От $\left(\frac{\partial}{\partial x},\frac{\partial}{\partial y}\right)=\left(\frac{\partial}{\partial r},\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial\theta}\right)\Lambda \Rightarrow$

$$D_{xy}=\frac{1}{2}\left[\begin{pmatrix}u\\ v\end{pmatrix}\otimes\left(\frac{\partial}{\partial x},\frac{\partial}{\partial y}\right)+\begin{pmatrix}\frac{\partial}{\partial x}\\ \frac{\partial}{\partial y}\end{pmatrix}\otimes(u,v)\right]=$$

$$=\frac{1}{2}\left[\Lambda'\begin{pmatrix}\xi\\ \eta\end{pmatrix}\otimes\left(\frac{\partial}{\partial r},\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial\theta}\right)\Lambda+\Lambda'\begin{pmatrix}\frac{\partial}{\partial r}\\ \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial\theta}\end{pmatrix}\otimes(\xi,\eta)\Lambda\right]=$$

$$=\frac{1}{2}\left[\Lambda'\begin{pmatrix}\xi\\ \eta\end{pmatrix}\otimes\left(\frac{\partial}{\partial r},\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial\theta}\right)\Lambda+\Lambda'\begin{pmatrix}\frac{\partial}{\partial r}\\ \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial\theta}\end{pmatrix}\otimes(\xi,\eta)\Lambda\right]+$$

$$+\frac{1}{2}\left[\Lambda'\begin{pmatrix}\xi\\ \eta\end{pmatrix}\otimes\left(\frac{\partial}{\partial r},\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial\theta}\right)\Lambda+\Lambda'\begin{pmatrix}\frac{\partial}{\partial r}\\ \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial\theta}\end{pmatrix}\otimes(\xi,\eta)\Lambda\right]=$$

(I)

$$=\Lambda'\begin{pmatrix}\frac{\partial\xi}{\partial r} & \frac{1}{2r}\frac{\partial\xi}{\partial\theta}+\frac{1}{2}\frac{\partial\eta}{\partial r}\\ \frac{1}{2}\frac{\partial\eta}{\partial r}+\frac{1}{2r}\frac{\partial\xi}{\partial\theta} & \frac{1}{r}\frac{\partial\eta}{\partial\theta}\end{pmatrix}\Lambda+$$

(II)

$$+\frac{1}{2r}\left[\frac{\partial(\Lambda')}{\partial\theta}\begin{pmatrix}\xi\\ \eta\end{pmatrix}\otimes(0,1)\Lambda+\Lambda'\begin{pmatrix}1\\ 0\end{pmatrix}\otimes(\xi,\eta)\frac{\partial(\Lambda)}{\partial\theta}\right],$$

където $\frac{\partial(\Lambda)}{\partial\theta}=\begin{pmatrix}-\sin\theta & \cos\theta\\ -\cos\theta & -\sin\theta\end{pmatrix}$.

За двете части от сумата имаме

$D_{r\theta(I)}=\Lambda' D_{xy(I)}\Lambda$ и $D_{r\theta(II)}=\Lambda' D_{xy(II)}\Lambda$

$\Rightarrow$

$$D_{r\theta(I)}=\Lambda' D_{xy(I)}\Lambda=\begin{pmatrix}\frac{\partial\xi}{\partial r} & \frac{1}{2r}\frac{\partial\xi}{\partial\theta}+\frac{1}{2}\frac{\partial\eta}{\partial r}\\ \frac{1}{2}\frac{\partial\eta}{\partial r}+\frac{1}{2r}\frac{\partial\xi}{\partial\theta} & \frac{1}{r}\frac{\partial\eta}{\partial\theta}\end{pmatrix}$$

$$D_{r\theta(II)}=\frac{1}{2r}\left[\Lambda\frac{\partial(\Lambda')}{\partial\theta}\begin{pmatrix}\xi\\ \eta\end{pmatrix}\otimes(0,1)+\begin{pmatrix}1\\ 0\end{pmatrix}\otimes(\xi,\eta)\frac{\partial(\Lambda)}{\partial\theta}\Lambda'\right]$$

От

$$\Lambda\frac{\partial(\Lambda')}{\partial\theta}=\begin{pmatrix}\cos\theta & \sin\theta\\ -\sin\theta & \cos\theta\end{pmatrix}\begin{pmatrix}-\sin\theta & -\cos\theta\\ \cos\theta & -\sin\theta\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}0 & -1\\ 1 & 0\end{pmatrix}$$

И

$$\frac{\partial(\Lambda)}{\partial\theta}\Lambda'=\begin{pmatrix}-\sin\theta & \cos\theta\\ -\cos\theta & -\sin\theta\end{pmatrix}\begin{pmatrix}\cos\theta & \sin\theta\\ -\sin\theta & \cos\theta\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}0 & 1\\ -1 & 0\end{pmatrix}$$

$\Rightarrow$

$$D_{r\theta(II)}=\frac{1}{2r}\left[\begin{pmatrix}0 & -1\\ 1 & 0\end{pmatrix}\begin{pmatrix}0 & \xi\\ 0 & \eta\end{pmatrix}+\begin{pmatrix}0 & 0\\ \xi & \eta\end{pmatrix}\begin{pmatrix}0 & 1\\ -1 & 0\end{pmatrix}\right]=$$

$$=\frac{1}{2r}\left[\begin{pmatrix}0 & -\eta\\ 0 & \xi\end{pmatrix}+\begin{pmatrix}0 & 0\\ -\eta & \xi\end{pmatrix}\right]=\begin{pmatrix}0 & -\frac{\eta}{2r}\\ -\frac{\eta}{2r} & \frac{\xi}{r}\end{pmatrix}$$

$\Rightarrow$

За компонентите на тензора на деформациите

$$\varepsilon_r=\frac{\partial\xi}{\partial r}$$

$$\varepsilon_\theta=\frac{1}{r}\frac{\partial\eta}{\partial\theta}+\frac{\xi}{r}$$

$$\gamma_{r\theta}=\frac{1}{r}\frac{\partial\xi}{\partial\theta}+\frac{\partial\eta}{\partial r}-\frac{\eta}{r}$$

Матричен запис

$$D_{\tau\theta}=\frac{1}{2}\left[\frac{D(\xi,\eta)}{D(\tau,\theta)}+\left(\frac{D(\xi,\eta)}{D(\tau,\theta)}\right)'\right]+\begin{pmatrix}0 & -\frac{\eta}{2\tau}\\ -\frac{\eta}{2\tau} & \frac{\xi}{\tau}\end{pmatrix}$$

Изводи

От формулиранете свойства на метода ДТП и примера за приложението му може да се направи изводът за коректността и общовалидността на въведеното означение за преобразуване на диференциални зависимости. Методът ДТП предоставя единна техника за извеждане на формулите на механика на непрекъснатите среди. Това от една страна ограничава допускането на технически грешки при пресмятанията и от друга страна улеснява получаването на формулите.

Методът ДТП има приложение при формализиране на теорията на механиката на непрекъснатите среди и може да се прилага в обучението на специалистите по механика на скалите.

Литература

Влахов Й. П. 2001. *Математични методи на физиката*, С., Св. Кл. Охридски, 261 с.

Върбанов Х. П. 1965. *Теория на еластичността,* С., Техника, 456 с.

Ланкастер П. Л. 1978. *Теория матриц*, М., Наука, 280 с.

Минчев И. Т. 1980. *Механика на непрекъснатите среди*, С., Техника, 291 с.

Парашкевов Р. Д. 1969. *Механика на скалите*. С., Техника, 268 с.

Рашевский П. К. 1967. *Риманова геометрия и тензорный анализ*, М., Наука, 664 с.

Препоръчана за публикуване от
Катедра "Математика", МГУ

ГОДИШНИК НА МИННО-ГЕОЛОЖКИЯ УНИВЕРСИТЕТ "СВ. ИВАН РИЛСКИ", Том 52, Св. II, Добив и преработка на минерални суровини, 2009
ANNUAL OF THE UNIVERSITY OF MINING AND GEOLOGY "ST. IVAN RILSKI", Vol. 52, Part II, Mining and Mineral processing, 2009

АНАЛИТИЧНО ФОРМУЛИРАНЕ И ОПТИЧНА ИНТЕРПРЕТАЦИЯ НА ДИСКРЕТНОТО ПРЕДСТАВЯНЕ НА НЕПРЕКЪСНАТИ ЗАВИСИМОСТИ

Юлиян Димитров [1], Таня Любенова [2]

[1] Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София, juldim@abv.bg
[2] СУ "Св.Кл. Охридски", Факултет по физика, 1000 София

РЕЗЮМЕ. Моделите на геомеханиката се характеризират с големи относителни грешки на важни параметри на процесите като напрежение, деформационни параметри и др.
Тази статия се основава на възможността за дискретно представяне на зависимостите между параметрите на реален процес, описани в тензорна форма. Предлагания подход е приложим в математическото моделиране в геомеханиката.

ANALITICAL FORMULATION AND OPTICAL INTERPRETATION OF DISCRETE PRESENTATION OF CONTINUOUS DEPENDENCES

Julian Dimitrov [1], Tania Lyubenova [2]
[1] University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, juldim@abv.bg
[2] University of Sofia, Faculty of Physics, 1000 Sofia

ABSTRACT. The geomechanical models characterized by the large relative error main defining parameters of processes as stress, deformation parameters and etc.
This material is based on the possibility of the discrete presentation of the dependencies between the parameters of real process in tensor form.
The offered approach is applicable in mathematical modeling in geomechanic.

Въведение

Характерът на геомеханичните процеси е такъв, че методите за изследване трябва да са свързани непосредствено с реалната среда. Основно се разчита на аналогията с други приложни области като механика на твърдото тяло, на класто-механичните среди, на насипните среди и др. Съществуващите теоретични изследвания и съответни модели в теорията на скалния натиск са с ограничено, върху конкретни минни обекти, приложение и трудно се адаптират за други геомеханични и минно-технологични условия. Необходими са средства за привеждане на сложни аналитични модели в достъпни правила, формули, таблици и др., без това да повлияе на качеството на проектирането на минния обект или разрешаването на конкретен технологичен проблем. Тази задача може да се формулира и като задача за избор на такива методи за моделиране, които водят до най-голяма информативност на данните.

Дискретно представяне на зависимостите

При геомеханичното моделиране на скалния масив се приема схема с определена степен на приближение на механичните свойства – квазинепрекъсната среда. Най-разпространени са модели, при които скалата е еднородна или слоиста среда, еластична или с трошливи, или пластични деформации. Такава среда съдържа определени структурни елементи, поради което описването на геомеханичните модели с непрекъснати зависимости е приближено.

За да бъде един модел изразен със зависимостта $y = F(x),\ \ x \in X \subset R^n$, съобразен с предметните свойства на участващите в неговото описание величини, трябва да се отчита и приближения му характер. Това може да се направи чрез възстановимо дискретно представяне $\bar{y} = \overline{F(x)}$ на зависимостта между параметрите.

Казваме, че непрекъснатата зависимост F е представена дискретно, когато е избрана таблица $\bar{F}$ от краен брой стойности на аргумента (възли на F) и съответните им функционални стойности. Най-често възлите са равномерно разположени в дефиниционното множество. Тогава $\bar{F}$ ще наричаме дискретна зависимост (дискретно изображение). Това представяне на зависимостите съответства на вероятностното поведение на параметрите на геомеханичния модел и на използването на стандартни размери в производствената практика.

Определения:

- Нека в интервала $U \subset R$ е дефинирана една физична величина v. Ще казваме, че тази величина е с **допустима абсолютна грешка** ε, ако за всеки две стойности $v_1, v_0 \subset U$ на величината е изпълнено $|v_1 - v_0| \le \varepsilon$ точно когато са предметно неразличими –

т.е. от технологични или други приложни съображения двете стойности се възприемат като неразличими.

• Нека U не съдържа числото нула. Ще казваме, че v е с **допустима относителна грешка** ε, ако за всеки две стойности $v_1, v_0 \subset U$ на величината е изпълнено $\left|\frac{v_1 - v_0}{v_0}\right| \le \varepsilon$, точно когато v_1 и v_0 са предметно неразличими.

• Нека $A = (x_1, x_2, \ldots, x_n) \in X$. Ако ε_j е допустима абсолютна грешка на $j^{-\text{тата}}$ компонента на A, то $\varepsilon = \|(\varepsilon_1, \varepsilon_2, \ldots, \varepsilon_n)\|$ наричаме **допустима абсолютна грешка** на данните от X. Аналогично се дефинира **допустима относителна грешка**.

Нека $y = f(x)$ е функция на един аргумент, дефинирана в интервала X и $Y = f(X) = [c, d]$. В случая, когато Y е с по-голяма размерност, направените тук разсъждения могат лесно да се приложат.

Нека δ е допустима абсолютна грешка за $y \in Y$. Тогава интервалът $[c, d]$ може да се раздели на подинтервали с възможно най-малък брой делящи точки, така че във всеки подинтервал числата да са неразличими от една фиксирана, вътрешна за интервала точка, наречена **модална точка**. Нека числата $x_1, x_2, \ldots x_l \in X$ са избрани така че $\bar{y}_j = f(x_j)$ са модални числа. Тогава за всяко $x \in X$ съществува такова $x_j \in X$, за което $|f(x) - f(x_j)| \le \delta$. Означаваме $\overline{f_\delta}(x) = f(x_j) = \bar{y}_j$ и наричаме **дискретно представяне** на f.

Ще казваме, че $\bar{F}$ е възстановимо, когато информацията за процеса, описан с непрекъснатото изображение F се съдържа изцяло в $\bar{F}$ и F може да се възстанови.

Определение: Нека $\varepsilon \ge 0$ и $\delta \ge 0$ са съответно допустимите относителна грешка за X и абсолютна грешка за $Y = [c, d]$. Ще казваме, че дискретното представяне $\bar{f}_\delta$ на f **може да се възстанови**, при даденото ε, ако за всеки две предметно различими $y', y'' \in [c, d]$, $(|y' - y''|) > \delta$, съществуват съответни предметно различими $A, A_0 \in X$ (т.е. съществува и $S \in \overline{AA_0}$), такива че $\|AA_0\|_S > \varepsilon$ и е изпълнено $f(A) = y'$, и $f(A_0) = y''$.

В механиката на скалите, където преобладават малки скорости на динамични прояви е в сила принципът на Галилей за независимост при равномерно движение. Точно в геомеханичните системи протичат процеси инвариантни относно линейни трансформации в мировото пространство и изцяло зависещи от началното състояние (Арнольд, 1989). Т.е. състоянието на механичната система във всеки следващ момент зависи само от нарастването на координатите и нарастването на скоростта спрямо началния момент. От този извод, пренесен за други физични величини освен път и скорост следва, че за да се получат за еквивалентните геомеханични системи еднакви оценки трябва:

1. Оценката да зависи само от нарастването на аргументите и съответното нарастване на функционалната стойност;
2. Оценката да е независима от пропорционалната промяна на мащабите на аргументите и функционалните стойности.

Критерий за възстановимост:

Нека означим $\|BB_0\| = |f(A) - f(A_0)|$, където $A = (x_1, x_2, \ldots, x_n)$, $A_0 = (x_1^0, x_2^0, \ldots \ldots, x_n^0)$. Нека отсечката $\overline{AA_0}$ не пресича координатните равнини и $S \in \overline{AA_0}$, $S = (s_1, s_2, \ldots, s_n)$. Означаваме $\|AA_0\|_S = \sqrt{\sum_i \left(\frac{x_i - x_i^0}{s_i}\right)^2}$. Нека $\varepsilon \ge 0$ и $\delta \ge 0$ са съответно допустимите относителна грешка за X и абсолютна грешка за Y. Ако е изпълнено

$$\frac{\|BB_0\|}{\|AA_0\|_S} \le \frac{\delta}{\varepsilon}, \qquad (1)$$

то дискретното представяне $\bar{f}$ на f може да се възстанови.

Доказателство: Нека $|y' - y''| > \delta$ и $y' = f(A)$, $y'' = f(A_0)$. От $\frac{|y' - y''|}{\|AA_0\|_S} \le \frac{\delta}{\varepsilon}$ следва $\|AA_0\|_S \ge \frac{\varepsilon}{\delta}|y' - y''| > \varepsilon$.

Установихме, че частното $\frac{\|BB_0\|}{\|AA_0\|_S}$ може да се оцени с неподобряема оценка $\mathrm{grad}_{\ln}(f)$. Тогава неравенство (1) може да се напише във вида

$$\mathrm{grad}_{\ln}(f) \le \varepsilon, \qquad (2)$$

което представлява условието за възстановимост.

Следователно, чрез стойностите на градиента и грешките ε и δ се определя възможността за възстановимост на дискретното представяне $\bar{f}$ и е възможен оптимален избор на измерваните данни от X.

Представяне на непрекъсната зависимост с ред на Котелников

Тук ще разгледаме въпроса за възстановимост на дискретно представени зависимости в механика на непрекъснатите среди, където процесите се описват със зависимости между тензорни величини (Ильюшин, 1971). Представяме доказателството на теоремата на Котелников

– Шенон в тензорна форма (Котельников; 1933, Котельников, 1956; Shanon, 1948).

Нека $X=\left(x_{ij}\right)_{i,j=1}^{3}$ и $U=\left(u_{ij}\right)_{i,j=1}^{3}$ са тримерни матрици от променливи. Използваме тензорната операция $X\cdot U=\mathrm{Sp}\left[\left(x_{ij}\right)\left(u_{kl}\right)\right]=\sum_i\sum_j x_{ij}u_{ji}$ (Минчев, 1980).

Операцията е комутативна $X\cdot U=U\cdot X$

Нека $F(X)$ е функционално съответствие на тензора X, представимо с многократен интеграл на Фурие

$$F(X)=\int_{-\infty}^{\infty}\cdots\int_{-\infty}^{\infty}G(U)e^{2\pi i\,X\cdot U}dU, \qquad (4)$$

където е означена диференциалната форма $dU=du_{11}du_{12}\cdots du_{33}$. Тогава ще бъде изпълнено

$$G(U)=\int_{-\infty}^{\infty}\cdots\int_{-\infty}^{\infty}F(X)e^{-2\pi i\,U\cdot X}dX, \qquad (5)$$

където $G(U)$ е спектър на $F(X)$. Стойностите на F и G могат да бъдат числа, вектори или най-общо тензори и горните равенства разглеждаме в съответния смисъл. Зависимостта $Y=F(X)$ представя геомеханичен процес с входни параметри X и изходни параметри Y. Понеже F и G представят реален процес, те са дефинирани в ограничени множества извън които можем да приемем, че те или компонентите им имат стойност нула. Нека $G(X)$ е нула извън

$$\Omega=\left[-\Omega_{11},\Omega_{11}\right]\times\left[-\Omega_{12},\Omega_{12}\right]\times\cdots\times\left[-\Omega_{33},\Omega_{33}\right]$$

Тогава $F(X)=\int_{\Omega}G(U)e^{2\pi i\,X\cdot U}dU$.

Нека G е представена с реда

$$G(U)=\sum_{n_{11}=-\infty}^{+\infty}\cdots\sum_{n_{33}=-\infty}^{+\infty}a_T e^{\pi i\,T\cdot U}, \qquad (6)$$

където $T=\left(\frac{n_{ij}}{\Omega_{ij}}\right), n_{ij}=0,\pm1,\pm2,\ldots$,

$$a_T=\frac{1}{\prod_{i,j}\left(2\Omega_{ij}\right)}\int_{\Omega}G(U)e^{-\pi i\,T\cdot U}dU=\frac{1}{\prod_{i,j}\left(2\Omega_{ij}\right)}F\left(-\frac{1}{2}T\right)$$

следователно $G(U)=\sum_{n_{11}=-\infty}^{+\infty}\cdots\sum_{n_{33}=-\infty}^{+\infty}a_{-T}e^{-\pi i\,T\cdot U}=$

$$=\frac{1}{\prod_{i,j}\left(2\Omega_{ij}\right)}\sum_{n_{11}=-\infty}^{+\infty}\cdots\sum_{n_{33}=-\infty}^{+\infty}F\left(\frac{1}{2}T\right)e^{-\pi i\,T\cdot U}$$

и

$$F(X)=\int_{\Omega}\sum_{n_{11}=-\infty}^{+\infty}\cdots\sum_{n_{33}=-\infty}^{+\infty}a_{-T}e^{-\pi i\,T\cdot U}\cdot e^{2\pi i\,X\cdot U}dU=$$

$$\sum_{n_{11}=-\infty}^{+\infty}\cdots\sum_{n_{33}=-\infty}^{+\infty}a_{-T}\int_{\Omega}e^{-\pi i\,(2X-T)\cdot U}\cdot dU=$$

$$=\frac{1}{\prod_{i,j}\left(2\Omega_{ij}\right)}\sum_{n_{11}=-\infty}^{+\infty}\cdots\sum_{n_{33}=-\infty}^{+\infty}F\left(\frac{1}{2}T\right)\prod_{i,j=1}^{3}\frac{2\Omega_{ij}}{\pi}\cdot\frac{\sin\pi\left(2\Omega_{ij}x_{ij}-n_{ij}\right)}{2\Omega_{ij}x_{ij}-n_{ij}}=$$

$$=\sum_{n_{11}=-\infty}^{+\infty}\cdots\sum_{n_{33}=-\infty}^{+\infty}F\left(\frac{1}{2}T\right)\prod_{i,j=1}^{3}\frac{\sin\pi\left(2\Omega_{ij}x_{ij}-n_{ij}\right)}{\pi\left(2\Omega_{ij}x_{ij}-n_{ij}\right)}$$

$$F(X)=\sum_{n_{11}=-\infty}^{+\infty}\cdots\sum_{n_{33}=-\infty}^{+\infty}F\left(\frac{1}{2}T\right)\prod_{i,j=1}^{3}\frac{\sin\left(\varpi_{ij}x_{ij}-n_{ij}h_{ij}\right)}{\left(\varpi_{ij}x_{ij}-n_{ij}h_{ij}\right)}, \qquad (7)$$

където $\varpi_{ij}=2\pi\Omega_{ij}=\frac{\pi}{h_{ij}}$

Така се доказва, че ако F е с ограничен в Ω спектър то F се определя изцяло от дискретната зависимост $\overline{F}=\left\{F\left(\frac{1}{2}T\right)\right\}$ с точки във всяка от променливите със стъпка $h_{ij}=\frac{1}{2\Omega_{ij}}$ т.е. без загуба на информация.

Полученото развитие на F е ред на Котелников. От гледна точка на приложенията F също може да се приеме, че има краен носител – компонентите на F приемат стойност 0 извън определено дефиниционно множестно

$$D=\left[a_{11},b_{11}\right]\times\left[a_{12},b_{12}\right]\times\cdots\times\left[a_{33},b_{33}\right].$$

Тогава F е представена като крайна сума от вида (1) и е развиваема в степенен ред навсякъде в D. От горните изводи е ясно, че F може да се разглежда, като достатъчно точно непрекъснато представяне на дискретното изображение $\overline{F}$.

В този случай критерият за възстановимост, разгледан по-горе е изпълнен, когато моделните точки $\left\{\frac{1}{2}T\right\}$ са зададени, така че стъпката h_{ij} не надминава допустимата относителна грешка $\left|h_{ij}\right|\le\varepsilon_{ij}$.

Това е изпълнено при достатъчно големи Ω_{ij}. В този случай съгласно теоремата на Котелников – Шенон $F\equiv\overline{F}$. В общия случай е възможно областта Ω да не е достатъчно голяма. Тогава ако означим реда на Котелников съответен на $\overline{F}$ с $\overline{F}_K$ е изпълнено $F\ne\overline{F}$. В случая на $F\equiv\overline{F}\equiv\overline{F}_K$ може да смятаме, че дискретното представяне на зависимостта $\overline{F}$ съдържа цялата информация и е с допустима абсолютна грешка.

Оптична итерпретация

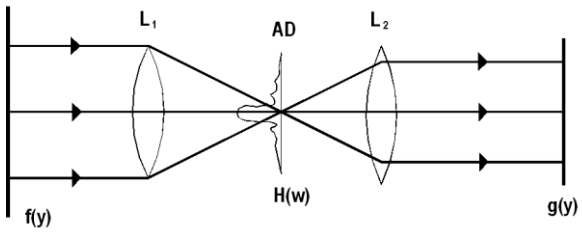
Опитът, който има и научните изследвания, които са правени в областта на цифровата оптика, може да бъде

използван за подходяща обработка на дискретната функция с цел повишаване на точността на модела. Един пример на такова приложение е представен в (Димитров, 2003).

Независимо от броя на участващите параметри използваните в реалните модели зависимости имат свойства аналогични на двумерните изображения. Следва за тях да се прилагат подходящи числени методи на оптиката, като подробно представените в Prat (1978) и Pavlidis (1986).

Според Бриджмен, физически са само тези величини, които могат да се измерят (Brillouin, 1964). Обектите, които не се наблюдават и не подлежат на измерване нямат действително физическо съществуване. При всяко измерване или използване на параметър в практиката се допуска неизбежно случайна грешка. Случайната грашка се получава от неточност на уредите за измерване и неточност на приложния модел.

Можем да направим аналогия между приближения характер на параметрите на моделите в геомеханиката и моделите на оптични системи с ограничаваща апертура.



Фиг. 1. Оптична система с ограничаваща апертура

На фиг. 1 схематично е представена оптична система с апертурна диафрагма AD, която пропуска само част от спектъра. От входния за системата образ $f(y)$ се формира образът $g(y)$. На фиг.1 е представена телескопична оптична система, състояща се от две лещи L_1 и L_2 и апертурна диафрагма AD.

Оптичната система изкривява образа $f(y)$ по различни причини: не идеални среди на оптичните елементи; грешки при калибрирането на системата; сферична и други аберации. Прекъсването на вълновия фронт от апертурата предизвиква дифракция на Фраунхофер. Така възникват вълнови аберации на полето след апертурната диафрагма. Диафрагмата представлява и филтър за спектъра. Един от начините за подобряване на изображението $g(y)$ е преодоляването на ограничаващите свойства на апертурната диафрагма.

Когато дискретното представяне е такова, че не може да се възстанови, може по аналогия да се съпостави на оптична система с по-малка апертура от допустимата. Необходимо е спектърът на дискретното представяне да се продължи извън областта, която го ограничава.

Повишаването на качеството на изображението (аналогично точността на $\overline{F}$) може да се постига чрез аналитично продължаване на спектъра, извън дифракционното ограничение. За целта е създаден ефективен метод, използващ изтеглени сфероидални вълнови (ИСВ) функции (Slepian, 1964; Slepian, 1965; Хонина, 2000).

Това е редица от едномерни функции $\left\{\Psi_{nc_{ij}}(x)\right\}_{n=0}^{\infty}$, където функциите $\Psi_{nc_{ij}}(x)$ са дефинирани в $(-\infty, +\infty)$ и зависят освен от x и от $c_{ij} = \dfrac{T_{ij}\Omega_{ij}}{2}, i, j = 1, 2, 3$.

(ИСВ) функциите се дефинират със следните свойства:

1. Спектъра на редицата от функции $\Psi_{nc_{ij}}(x)$ е ограничен в

$$\Omega = [-\Omega_{11}, \Omega_{11}] \times [-\Omega_{12}, \Omega_{12}] \times \cdots \times [-\Omega_{33}, \Omega_{33}]$$

2. Функциите $\left\{\Psi_{nc_{ij}}(x)\right\}_{n=0}^{\infty}$ са ортонормирани по реалната ос

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \Psi_{nc_{ij}}(x)\Psi_{mc_{ij}}(x)dx = \delta_{nm} \tag{8}$$

3. Функциите $\left\{\Psi_{nc_{ij}}(x)\right\}_{n=0}^{\infty}$ са ортонормирани в множеството

$$T = [-T_{11}, T_{11}] \times [-T_{12}, T_{12}] \times \cdots \times [-T_{33}, T_{33}]$$

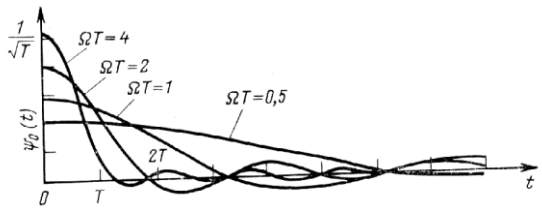
$$\int_{-\frac{T_{ij}}{2}}^{\frac{T_{ij}}{2}} \Psi_{nc_{ij}}(x)\Psi_{mc_{ij}}(x)dx = \delta_{nm} \tag{9}$$

4. За всяко x е изпълнено

$$\lambda_{ij}\Psi_{nc_{ij}}(x) \int_{-\frac{T_{ij}}{2}}^{\frac{T_{ij}}{2}} \frac{\sin \Omega_{ij}(x-t)}{\pi(x-t)} \Psi_{nc_{ij}}(t)dt \tag{10}$$

Изтеглените сфероидални вълнови (ИСВ) функции представляват пълна ортонормирана система, както върху цялата права така и в краен интервал. Изображението развито в ред по ИСВ функциите е устойчиво спрямо дифракционния ефект при система с ограничена апертура. ИСВ функциите притежават свойството да се "самовъзпроизвеждат" – те са собствени функции на оператора на дифракцията на Френел при ограничена апертура.

За прсмятането на ИСВ функциите са създадени числени методи (Хонина, 1999; Волотовский и др., 2000).



Фиг. 2. ИСВ функции при различни стойности на параметъра $\dfrac{c}{2}$

Описание на метода на аналитично продължаване на спектъра:

Нека $N=\left(\lambda_{ij}\right)_{j,j=1}^{3}$. Интерполирането на спектъра се осъществява по формулата

$$U(\mathrm{X})=\sum_{n_{11}=-\infty}^{+\infty}\cdots\sum_{n_{33}=-\infty}^{+\infty}a_N\prod_{i,j=1}^{3}\Psi_{n_{ij}c_{ij}}\left(u_{ij}\right), \qquad (11)$$

където

$$a_T=\frac{1}{\prod_{i,j=1}^{3}\left(\lambda_{ij}\right)}\int_{\Omega}\prod_{i,j=1}^{3}\Psi_{n_{ij}c_{ij}}\left(u_{ij}\right)dU\cdot \qquad (12)$$

Приложение на дискретното представяне на зависимостите

В реалните геомеханичните модели параметрите са с големи относителни грешки: за якост на натиск на скалата – 20%; за линейни размери – 5% и за натиск на горнището върху целици или крепеж –от 50% до 100%. Тези стойности за грешките са допустими грешки. Както е показано в Димитров (2003) съответното дискретно представяне $\overline{F}$ е не възстановимо ($F\neq\overline{F_K}$). Разгледан е пример с хоризонтална минна изработка с образуван свод. Данните при конкретните геомеханични условия за един участък включват следните механични величини:

l - ширина на изработката при димензия (дефиниционен интервал) $2.8m\div4.2m$ и размерност $[l]=L$.

През периода, когато са набирани данните, са се провеждали минните работи при указаната ширина на изработката ;

h - височина на свода след обрушаване с димензия $2m\div4m$ и размерност $[h]=L$;

γ- обемно тегло на скалата, $\gamma\in$ {21,22,23,24} kN/m^3 и размерност $[\gamma]=NL^{-3}$;

σ_R - якостна (структурна) константа на скалата с димензия $6kN/m^2\div25kN/m^2$ и $[\sigma_R]=NL^{-2}$;

Допустимата грешка за параметрите е зададена с :

$l\in[2.8,4.2]\pm0.1$, $\quad h\in[2,4]\pm0.25$,

$\gamma\in\{21,22,23,24\}\pm0.5$, $\sigma_R\in[6,25]\pm20\%$

Връзката между параметрите е $h=0.15\dfrac{\gamma l^2}{\sigma_R}$.

Съответните допустими относителни грешки за параметрите са $\varepsilon_l=\dfrac{0.1}{l}$, $\delta_h=\dfrac{0.25}{h}$, $\varepsilon_\gamma=\dfrac{0.5}{\gamma}$.

При зададените допустими грешки за параметрите $l,\gamma\ u\ \sigma_R$, се проверява дали грешката на изчислената по формулата стойност на h не надминава числото 0.25.

Пресмята се градиента

$$grad_{\ln}(F)=\sqrt{\left(\frac{\partial h}{\partial\ln\ell}\right)^2+\left(\frac{\partial h}{\partial\ln\gamma}\right)^2+\left(\frac{\partial h}{\partial\ln\sigma_R}\right)^2}=$$

$$=h\sqrt{2^2+1^2+(-1)^2}=h\sqrt{6}\ .$$

Допустимата средна относителна грешка за данните се представя с

$$\varepsilon=\|\mathrm{AA_0}\|_S=\sqrt{\left(\frac{0.1}{l}\right)^2+\left(\frac{0.5}{\gamma}\right)^2+(0.2)^2}\geq0.2\cdot$$

По критерия за възстановимост (2) за грешката на получените стойности за h имаме $\Delta h\geq\geq h\cdot\sqrt{6}\cdot\varepsilon\approx$ $\approx h\cdot0.49>2.0\cdot0.49>0.25$.

Получава се, че ползвайки формулата в цялото дефиниционно множество X се допуска грешка значително по-голяма от допустимата за h.

В Димитров (2003) е направена оценка на формули за оразмеряване на камери и целици. Установено е, че при пресмятането по някои формули се получава не допустима грешка в резултата. Може да се забележи, че част от формулите, при които пресмятането е с допустима грешка могат да се разглеждат като теглови средни. При пресмятането по тези формули грешката не надвишава грешката на данните.

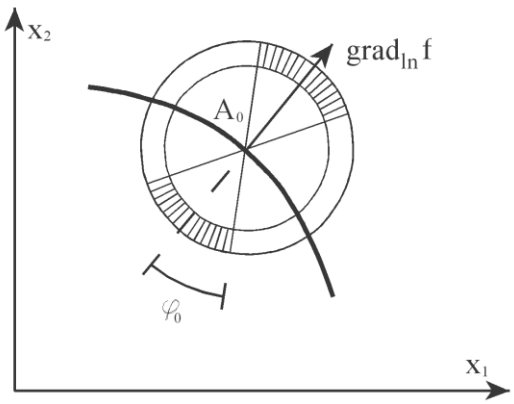
В Димитров (2008) е отслабено условието за възстановимост, като е прието неравенството (2) да е изпълнено навсякъде освен в достатъчно малък доверителен интервал.

На Фиг.3 е илюстрирано пространството на аргументите $\mathrm{X}\subset\mathrm{R}^n$, градиента $grad_{ln}f$ в точка A_0 и графиката на повърхнината на f. Изобразено е кълбо с радиус ε и сегмент от кълбото с ос успоредна на $grad_{ln}\ f$ и ъгъл φ_0.

Вероятността p точки от кълбото да попаднат в сегмента е равна на отношението на обема на сегмента

към обема на кълбото $p=\dfrac{V(\varphi_0)}{V}=\dfrac{\int_0^{\varphi_0}\sin^{m-2}\varphi d\varphi}{\int_0^{\frac{\pi}{2}}\sin^{m-2}\varphi d\varphi}$,

където m е броя на аргументите на f, за които модела се прилага с неточни данни.



Фиг. 3. Приведено кълбо на грешките и критична област

Кълбото на грешките се определя от три независими параметъра $k = cos\varphi_0$, $\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_1^2 + \cdots + \varepsilon_m^2}$ и $\|grad_{ln} f\|$. Смятаме, че в интервала на всеки параметър е определена критична област (подинтервал) с вероятност p. Вероятността точка от кълбото да попадне едновременно в трите критични области е p^3 и тогава числото $1-\bar{p} = 1-p^3$ е доверителната вероятност F да се възстанови. При този избор на $\bar{p}$ можем да смятаме, че имаме намаляване на радиуса на кълбото $\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_1^2 + \cdots + \varepsilon_m^2}$ на $\bar{\varepsilon} = (1-p)\varepsilon$ и аналогично на дължината на градиента $\|grad_{ln} f\|$ на $(1-p)\cdot\|grad_{ln} f\|$.

Окончателно условието за възстановимост е

$$k\cdot(1-p)^2\cdot\|grad_{ln} f\|\cdot \le \frac{\delta}{\varepsilon}, \qquad (13)$$

където $k = cos\varphi_0$, $\varphi_0 \in \left[0, \frac{\pi}{2}\right]$.

В [Димитров 18] е разгледана задачата за определяне на граничната височина H на откоса на стъпало от неработния борд [5]. Височината H се изчислява по формулата $H = \frac{2c}{\gamma}\frac{sin\alpha\, cos\varphi}{sin^2\left(\frac{\alpha-\varphi}{2}\right)}$ $[m]$, където:

γ - обемно тегло на скалата, kN/m^3;
α - ъгъл на наклона на откоса;
c - кохезия на скалата kN/m^2;
φ - ъгъл на вътрешно триене.

Използвани са следните стойности за параметрите на модела: $\alpha = 45^\circ$, $c = 24\ kN/m^2$, $\gamma = 18\ kN/m^3$, $\varphi = 18^\circ$ и е даден коефициент на сигурност $\eta = 1.2$.

Величините $c\ и\ v = tg\varphi$ са представени с абсолютна и относителна грешки съответно

$c = \{20,24\} \pm 2 = \{24\} \pm 9.1\% [kN/m^2]$ и

$v = tg\varphi = \{0.27, 0.32\} \pm 0.027 = \{0.32\} \pm 9.1\%$.

За градиента се получава $grad_{ln} H = H\sqrt{1+Q^2}$, където

$$Q = H\frac{v}{1+v^2}\left(cos\frac{\alpha - arctgv}{2} - v\, sin\frac{\alpha - arctgv}{2}\right)$$

Таблица 1.
Две групи експериментални данни

№ група	$c\ kN/m^2$	$v = tg\varphi$	Q	$H\ [m]$	$\|grad_{ln} f\|\ [m]$
1	20	0,27	0.226	22.87	23.44
2	24	0.32	0.261	32.90	33.99

Допустимата грешка на данните е

$$\varepsilon = \sqrt{\left(\frac{9.1}{100}\right)^2 + \left(\frac{9.1}{100}\right)^2} = \frac{9.1}{100}\sqrt{2} = 12.87\%$$

Таблица 2.
Точност на решението при абсолютно презапасяване

№ група	$\delta = \|grad_{ln} H\|\cdot\varepsilon [m]$
1	3.02
2	4.37

Като се приеме $1\,m$ за допустима грешка за параметъра H, то за експерименталните данни от група №1 условието (13) е изпълнено с достоверност 95%, а за група №2 – с достоверност 91%.

Литература

Арнольд В.И. 1989. *Математические методы класической механики*, Москва.

Волотовский С.Г., Казанский Н.Л., Хонина С.Н. 2000. Анализ и разработка методов вычисления собственных значений вытянутых сфероидальных функций нулевого порядка // Труды *5-й между- народной конференции РОАИ-5-2000*. Самара. Россия. № 4. С. 697-700.

Димитров Ю. 2003. Развитие на графоаналитичните методи при геомеханичното моделиране и проектирането на минните работи със съвременни компютърни средства, *Сб.доклади "Съвременни геомех. методи в минната промишленост и подземното гражданско и тунелно строителство*, Несебър.

Димитров Ю. 2003. Оптимизиране на информативността на данните и оценка на числените модели в геомеханиката, *Сб.доклади "Съвременни геомех. методи в минната промишленост и подземното гражданско и тунелно строителство*, Несебър.

Димитров Ю. 2003. Оценка на зависимостите използвани за оразмеряване на целици и камери, *Сб.доклади "Съвременни геомех. методи в минната промишленост и подземното гражданско и тунелно строителство*, Несебър.

Димитров Ю. 2007. Оценка на зависимостите между параметрите в открити рудници, *Сб.доклади "Открит и подводен добив на полезни изкопаеми – висока ефективност, екологично производство"*, Варна.

Ильюшин А. А. 1971. *Механика сплошной среды.* М.,Изд. Московского университета.

Котельников В. А. 1933 *О пропускной способности "эфира" и проволоки в элоктросвязи*. Изд. Управления связи РККА.

Котельников В. А. 1956. *Теория потенциальной помехоустойчивости*. Гос-энергоиздат.

Минчев Ив. 1980. *Механика на непрекъснатите среди*, София.

Хонина С.Н. 2000. Котляр В.В. Вытянутые сфероидальные функции в дифракционной оптике // *Материалы международной молодежной школы по*

оптике, лазерной физике и биофизике. Сара- тов: Изд-во Сарат. ун-та. С. 50-51.

Хонина С.Н. 1999. Приближение сфероидальных волновых функций конечными рядами // *Компью- терная оптика*, Самара, ИСОИ РАН, 19, С. 65-70.

Brillouin L. 1964. *Scientific Uncertainity and Informationq Ac Press*. New York.

Pavlidis T. 1986. *Algrithms for Graphics and Image Processing*, Computer science press.

Prat W. K. 1978. *Digital Image Processing*, New York.

Shanon C.E. 1948. *A mathematical theory of communication*. Bell System Techn. Journ., vol. 27,

Slepian D. 1964. Prolate spheroidal wave functions. *Fourier Analysis and Uncertainty – IV: Extensions to many dimensions; generalized prolate spheroidal functions*, The Bell System Technical Journal, 43, P. 3009-3057.

Slepian D. 1965. *Some asymptotic expansions for prolate spheroidal wave functions* // J. Math. & Phys., 44, P. 99-140.

Препоръчана за публикуване от
Катедра "Математика", МГУ

ГОДИШНИК НА МИННО-ГЕОЛОЖКИЯ УНИВЕРСИТЕТ "СВ. ИВАН РИЛСКИ", Том 52, Св. II, Добив и преработка на минерални суровини, 2009
ANNUAL OF THE UNIVERSITY OF MINING AND GEOLOGY "ST. IVAN RILSKI", Vol. 52, Part II, Mining and Mineral processing, 2009

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ИНЦИДЕНТИ ПРИ ТРАНСПОРТИРАНЕ НА ЕКСПЛОЗИВИ, ВЗРИВНИ ИЗДЕЛИЯ И ВЗРИВООПАСНИ МАТЕРИАЛИ

Славчо Лазаров**, **Гергана Камбурова

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

РЕЗЮМЕ: Експлозивите и взривните изделия се използват за извършване на различни взривни работи при добива на полезни изкопаеми, строителството и др. отрасли, както и за специални цели. Те обаче са чувствителни към външни въздействия и при тяхната непредвидена детонация се получават тежки аварии и последствия. Особена опасност се отбелязва при транспортирането на експлозиви и взривни изделия от мястото на тяхното производство до мястото на тяхната употреба. Изследването и изучаването на инцидентите при транспортиране на експлозивите и взривните изделия е важно условие за осигуряване на безопасна работа с тях.

RESEARCH OF RECENT ACCIDENTS INVOLVING EXPLOSIVES TRANSPORT AND HAZARDOUS MATERIALS

Slavcho Lazarov, Gergana Kamburova
University off Mining and Geology "St.Ivan Rilski", 1700 Sofia

ABSTRACT: Fires involving vehicles transporting bulk blasting products for use in mine blasting operations have occurred and danger present from such incidents should be understood so that an incident is controlled in a safe manner. Several fire and subsequent explosion incident involving bulk transport vehicles are discussed. Although such fire incidents are rare, knowing the hazard and having the appropriate safety protocol can serve to prevent a life –threatening disaster. The various factors that can result in a disaster from an explosion caused by a fire involving a bulk truck are discussed

1. Въведение

Експлозивите и взривните изделия се използват за граждански и специални цели. Те са чувствителни на различни физико-механични въздействия, като удар, триене, натиск, искра, огън и др. При запалване и горене в зависимост от конкретните условия те преминават в детонация с всички произтичащи от това последствия. Изхождайки от тези свойства на експлозивите и взривните изделия са разработени различни правила и изисквания за тяхното производство, пакетиране, транспортиране, зареждане и взривяване.

Транспортирането от мястото на производство до мястото на употреба или складирането им е важен и отговорен процес при работата с тях.

Транспортирането на експлозиви и взривни изделия може да се извършва с автомобилен, железопътен, морски и въздушен транспорт в закрити и охраняеми превозни средства. При превозването на експлозиви и взривни изделия с ж. п. транспорт се използват товарни влакове със закрити вагони. Вагоните се почистват основно и експлозивите във фабричната им опаковка се закрепват добре за да се избегне триенето на отделните части.

При превозването на експлозиви с морски транспорт се използват контейнери или цели вагони при фериботен транспорт.

Въздушният транспорт се използва за ограничени количества експлозиви за граждански цели, като мостри и др.

Най – масово, експлозивите и взривните изделия се доставят с автомобилен транспорт. По – голямата част от доставките на експлозивите за граждански цели от производителя до потребителя, както и от складовете на потребителя до взривните полета в откритите и подземни рудници, кариери и обекти се извършва също с автомобилен транспорт.

През 1999г. Република България прие да изпълнява Европейската спогодба за превоз на опасни товари с автомобилен транспорт позната като **АДР**. Системата АДР обхваща всички изисквания за транспортиране на опасни товари с автомобилен транспорт. Товарите са разпределени в 9 класа, като клас 1 се отнася за всички видове експлозиви (материали и изделия) предназначени както за граждански, така и за специални цели. Амониевият нитрат използван масово като окислител във взривните смеси е от пети клас , подклас 5.1.

Клас 1 е „ограничен клас". Веществата и изделията включени в него се транспортират при спазване на специфични разпоредби, като други товари не могат да се включат в превоза. С изключение се разрешава само

превозването на гориво в резервоарите и резервно гориво, което по същество е опасен товар от клас 3.

В клас 1 експлозиви се включват:

а) Конкретни поименно определени взривни или пиротехнически смеси;

б) Конкретни поименно определени взривни или пиротехнически изделия;

в) Образци и мостри от неуточнени поименно вещества или изделия, за които се предполага, че са експлозиви и взривни изделия с цел уточняване на тяхната кодировка;

г) Вещества и изделия под общото наименование „НУК" (неуказани конкретно);

д) Празни непочистени опаковки от експлозиви и взривни изделия.

Експлозивите и изделията от клас 1 са дадени в шест подкласа в зависимост от степента на опасност от разрушителното действие и чувствителността им към действието на външни фактори.

Степента на опасност при превоз на експлозиви и взривни изделия от посочените подкласове е най – голяма при **подклас 1.1** и най – малка при **подклас 1.4**. Подреждане на експлозивите и взривните изделия по степен на опасност е , както следва:

1.1,1.5,1.2,1.3,1.6 и 1.4

Към амбалажа и опаковките на експлозивите и взривните изделия от всички подкласове, както и към опаковката на амониев нитрат (AN) има определени изисквания по системата АДР дадени в маржинали 10014 и 2000. Опаковките трябва да осигурят да не изтича опакования материал или изделие , да са достатъчно здрави, да се затварят така, че да предотвратяват изтичане, навлажняване , нагряване и др. Металните части на взривните изделия трябва да са изолирани от металните части на амбалажа и др. Върху опаковките се поставят задължително етикети за опасност.

2. Изследване на характерни инциденти при транспортиране на експлозиви, взривни изделия и взривоопасни материали

В резултат на извършените изследвания се установи, че при транспортиране на експлозиви и взривни изделия преди всичко с автомобили и ж. п. транспорт стават тежки с голями последствия инциденти въпреки взетите мерки съгласно изискванията на нормативните документи.(Камбурова , 2007; Mainiero, Rowland, 2009; Verakia, Lobb, 2009)

На таблица 1 са дадени част от най –характерните инциденти при транспортиране с описание на превозваните експлозиви и взривни изделия причината и последствията от станалите инциденти.

Таблица 1

Най –характерни инциденти при транспорт на експлозиви, взривни изделия и материали

Място на инцидента	Дата	Транспортирани експлозиви и взривни изделия	Характеристика на инцидента	Последствия от инцидента
1.Walden Ontario-Канада	05.08.1998г.	18 тона експлозиви за граждански цели	Пожар и след 32-37 минути експлозия	Разлет на късове и повредени къщи на 2470м.
2.Neyshabur, Иран	18.02.2004г.	Влак с вагони с сяра, петрол, тор, памук, вълна	Дерайлирали вагони с последваща експлозия	300 убити в т.ч. 182 обгорени, 450 души ранени
3. Ryongchon, Северна Корея	22.04.2004г.	Влак с вагони с 88 тона АС и дизелово гориво	Експлозия всл. на удар на вагоните с АС и ДГ	154 убити, 1300 ранени разрушения до 500 м.
4. Mihailesti, Румъния	24.05.2004г.	22 тона азотен тор	След пътен инцидент -пожар и последваща експлозия с кратер дълбок 10 м и диам. 20 м.	20 убити в т.ч. двама журналисти
5. Salt Lake City, Юта,САЩ	08.2005г.	16,1 тона бустери	Експлозия с кратер 9 м. дълбок и 21 м. диаметър	11 ранени
6. Shengangzhai, Китай	12.09.2005г.	19,5 тона амониев нитрат	Експлозия с кратер 5,6 м. дълбок и 18,5 м. диаметър	12 убити, 43 ранени
7.Mesa Arizona-САЩ-медна мина	15.09.2006г.	5,1 тона емулсионен експлозив	Пожар по време на зареждане, след 40 и 70 мин. експлозии	Кратер дълбочина 0,76 и диаметър от 4 до 12 м.
8. р. Република, България	04.2007г.	3,2 тона експлозив ГДА-БМ, 50 броя детонатори, 50 броя бустери	Запалване зад кабината на шофьора, след 15-20 мин. експлозия	Бордови автомобил ЗИЛ напълно разрушен

На 5 август 1998 г. при автомобилен превоз на влекач с контейнер за Валден Онтарио, Канада на 18 тона експлозив за граждански цели след пътен инцидент последвало обръщане и пожар. След 32-37 минути от пожара настъпва експлозия на превозвания експлозив.

На фигура 1 е даден общият вид на пътната магистрала след експлозията.

Фиг.1 Експлозия при транспортиране на експлозив в Онтарио, Канада след пътно произшествие

Влекачът с контейнера с експлозива се движел в пътен участък с отвесни скали. Водачът се отклонил от пътя, вследствие на което един или два от резервоарите с дизелово гориво се пробиват. След инцидента вследствие на изтичането на дизелово гориво последвал пожар. Водачът на товарния автомобил излязъл от кабината с помощта на двама души спрели пътници за помощ. Пътят е бил двустранно отцепен от уведомената полиция и пожарникари. Пожарникарите уведомили по телефон за инцидента канадският транспортен спешен център, който им е наредил да преустановят пожарогасенето , да изтеглят хората на безопасно разстояние и да отцепят района, поради опасност от експлозия. След 32-37 минути от инцидента през които експлозивът е горял е настъпила детонация. Вследствие на това е имало разлет на късове от транспортните средства до 2470 м и са повредени няколко жилищни постройки. Вследствие на взетите правилни мерки за отцепване на района и извеждане на хората няма жертви от инцидента, като съвсем леко са ранени двама души от участниците при положение, че експлозията е станала на магистрала с интензивно движение

На 18 февруари 2004г. в Neyshabur, Иран е станал инцидент с влак превозващ в 17 товарни вагони сяра, шест цистерни с дизелово гориво, седем вагона тор, 10 вагона памук и вълна. След дерейлиране на влака е станал обемен взрив, при който са загинали 300 души и 450 души са били ранени. Превозваните товари не са от клас 1 по АДР, но тяхното смесване е довело до експлозията , като обемен взрив.

На 22 април 2004г. е станал подобен инцидент в Ryongchon- Северна Корея с влак превозващ 88 тона амониев нитрат и цистерни с дизелово гориво. След влизане в ж.п. гарата и маневриране в резервен коловоз двата вагона с по 44 тона амониева селитра се сблъскват с цистерни с дизелово гориво. Вследствие на това става експлозия, в резултат на която се е образувал кратер с дълбочина 10 м. и диаметър 20 м. (фиг.2). Загинали са 154 души, а 1300 души са ранени. Разрушени са сгради в т.ч. училище на разстояние до 500 м. (фиг.3)

а)

б)

Фиг.2 Експлозия на вагони с АС при удар с цистерни с дизелово гориво в Северна Кореа:
а) Кратер получен в резултат на експлозия; б) Общ вид на разрушените вагони

На 24 май 2004 г. в Mihailesti, Румъния на около 50 км северно от Букурещ е станала катастрофа с автомобил натоварен с 22 тона амониев нитрат. Машината се е обърнала. В резултат се е разразил пожар . Водачът на колата се е опитал да загаси огъня, като след това е поискал помощ от близкото селище. Междувременно няколко коли са спрели, като излезлите

Фиг.3 Училищна сграда след станалата експлозия с вагони с АС и дизелово гориво в Северна Кореа

хора са наблюдавали пожара. Между тях е имало и двама телевизионни журналисти, които са снимали. Пристигнали са и пожарни коли, които са започнали пожарогасене.

Вследствие на интензивното горене е последвало силна експлозия. Поради голямо струпване на хора от експлозията са загинали 20 души, сред които 7 души пожарникари участвали в гасенето. Сред загиналите са и двама телевизионни журналисти и осем души наблюдаващи пожара. В резултат на експлозията се е образувал кратер с дълбочина 10 м и диаметър 20 м (фиг. 4).

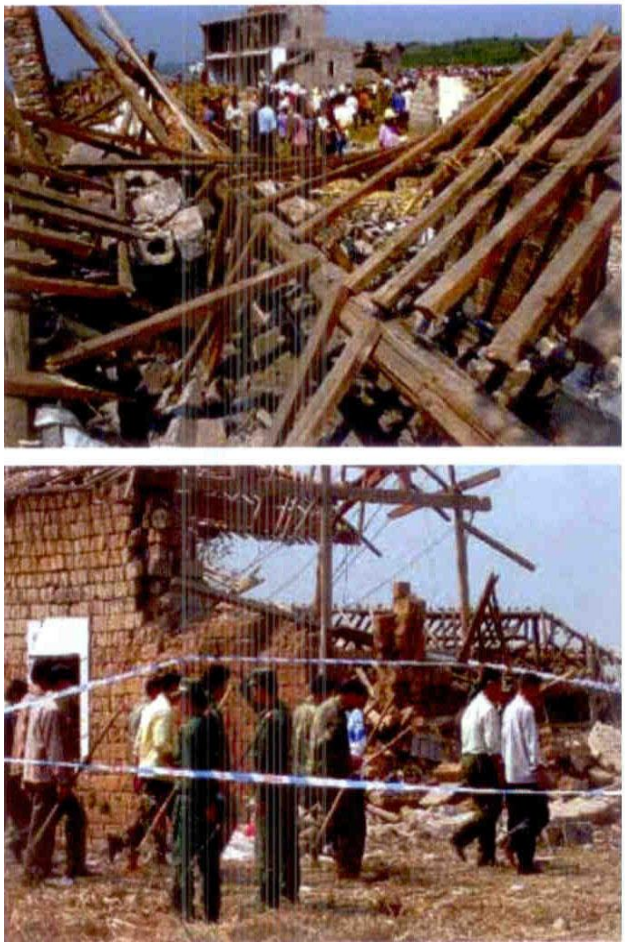
Станалият инцидент с последваща експлозия показва недвусмислено, че при горене на чист амониев нитрат вследствие на развиване на висока температура настъпва експлозия с тежки последствия. Инцидентът показва, че гасенето в продължително време на пожари на такива товари е изключително опасно , като мястото на пожара следва бързо да се евакуира и отцепва.

През август 2005 г. е станала експлозия при автомобилен транспорт на 16,2 тона бустери в път 6 в Salt Lake City, Юта,САЩ. Водачът на колата губи контрол при завой, вследствие на което покривалото се скъсва и товарът се прекатурва и запалва. Преминаващи коли спират, за да помогнат, но водача им казва, че превозват експлозиви и те напускат мястото. След известно време колата експлодира, като се образува кратер с диаметър 20-30 м и дълбочина 9 м. Ранени са 11 души , като колата е напълно разрушена.(фиг.5).

Фиг.4 Фрагменти от пътния инцидент, пожар и експлозия на 22 тона амониев нитрат в Mihailesti, Румъния

Фиг. 5 Кратер с диаметър 25-35 м. след пожар и експлозия на 16,2 тона бустери в Salt Lake City, Юта,САЩ

На 12 септември 2005 г. автомобил с 19,5 тона амониев нитрат е експлоздирала в Китай до селището Shengangzhai, Китай. В резултат се е образувал кратер с диаметър 18,5 м и дълбочина 5,6 м. В резултат на експлозията са загинали 12 души , ранени са 43 души и са разрушени множество сгради.(фиг.6)



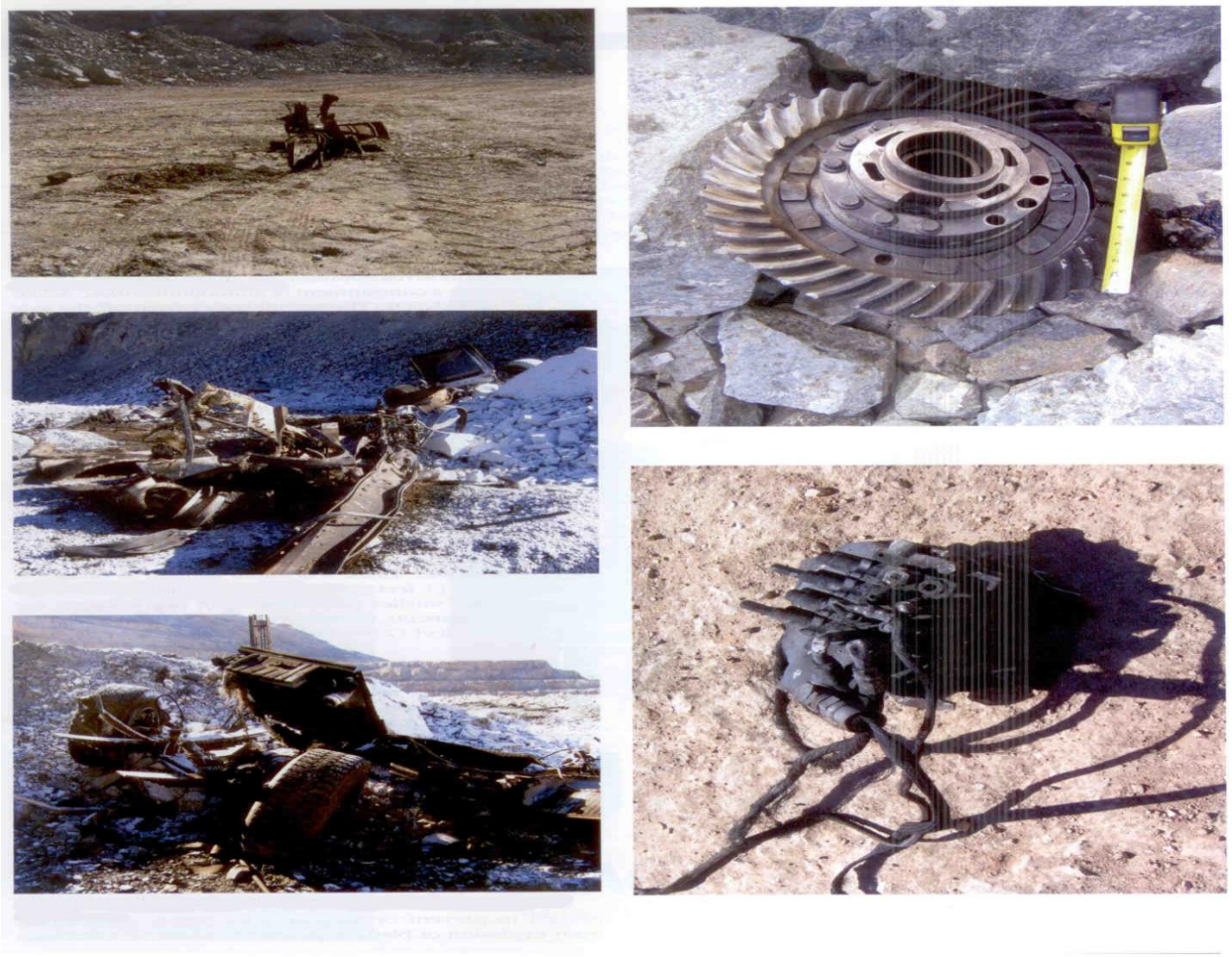
Фиг. 6 Фрагменти от разрушенията след експлозия на автомобил с 19,5 тона амониев нитрат в Shengangzhai, Китай

На 15 септември 2006г. в открит рудник за медна руда в Меса, Аризона САЩ е станал пожар с последващи две експлозии на 5,1 тона емулсионен експлозив по време на зареждане на сондажи. Отчита се, че емулсионните експлозиви са с голямо водно съдържание и са слабо чувствителни. По свидетелски показания пожарът е започнал със свистене под шофьорската кабина и се е разпространил в баките с взривни субстанции. След 40 мин. от започването на пожара е станала малка експлозия, а след 70 мин. е станала голяма експлозия. На фиг. 7 е даден общият вид на ситуацията след експлозията. От фотосът е видно, че експлозията не е засегнала зареждащия маркуч и зареждащия сондаж.(фиг. 7) Съгласно извършената експертиза по време на пожара моторът на колата е работил. Счита се, че е започнало изтичане на хидравлична течност с високо налягане от страна на шофьора. Моторът е бил топъл и затова хидравличната течност се е запалила от горещия аспух. Огънят е изпарил водата и амониевият нитрат се е разлял като бял прах, което е видно от фиг.7

Фиг. 7 Общ вид на ситуацията след експлозията в Меса , Аризона САЩ със зареждащия маркуч.

На фиг. 8 са дадени фрагменти при експлозията на 5,1 тона емулсионен експлозив в меден рудник Маса, Аризона, САЩ по време на зареждане.

През месец април 2007 г. в България в откритие рудник Република, Перник става пожар и последваща експлозия в автомобил превозващ 3,2 тона грубодисперсен експлозив сенсибилизиран с вторичен барут с марка ГДА-БМ, около 50 броя електродетонатори и 50 броя бустери от взривния склад на предприятието до рудника. Колата е бордови ЗИЛ неотговарящ и непригоден за транспортиране на експлозиви по системата на АДР. След 7-10 мин. от пристигането и паркирането на колата на взривното поле, работещи в рудника забелязват дим и пламъци , които излизат зад кабината на водача. След взетите мерки за евакуиране на хората от мястото на пожара в продължение на няколко минути е станала експлозия на целия товар. Жертви и ранени няма.



Фиг. 8 Фрагменти при експлозията на 5,1 тона емулсионен експлозив в меден рудник Меса, Аризона, САЩ по време на зареждане

3. Анализ на инцидентите и основни изводи

От анализа на разглежданите инциденти при превоз на експлозиви, взривни изделия и материали могат да се направят следните основни изводи:

1.Значителна част от инцидентите при транспортиране на експлозиви, взривни изделия и взривоопасни материали с тежки последствия са станали след пътно-транспортни произшествия, изразяващи се с загуба на контрол и обръщане при автомобилния транспорт, при дерейлиране на вагони и удари при маневриране на вагони при ж.п. транспорт, както и при зареждане на емулсионни експлозиви във взривни полета.

В Република България е регестриран инцидент станал вследствие на пожар в спрял автомобил не отговарящ на изискванията на АДР с бензинов двигател.

2. При инциденти с автомобилен транспорт станали след пътни произшествия се отбелязват тежки произшествия с много жертви. При тези случаи обикновенно са се предприемали действия по гасене на пожарите на превозвания товар в т.ч. и наблюдаване на произшествието от странични хора. Типичен пример за това е инцидента до град Mihailesti, Румъния, при което загиват 7 пожарникари и ощи 13 души странични наблюдатели, от които и двама телевизионни журналисти.

При пътен инцидент в Ontario, Канада след взето решение от канадският транспортен спешен център за отцепване на района , извеждане на хората на безопасно разстояние в т.ч. на водача и помощник-водач и не предприемане на действия по гасене на пожара липсват жертви, като само двама души са леко пострадали. Вследствие на експлозията са нанесени материални щети само на няколко къщи.

От извършения анализ следва, че при пожар на експлозиви, взривни изделия, окислители и др. взривни материали след първи неуспешен опит за потушаването му следва преустановяване на пожарогасенето , бързо отцепване на района и извеждане на хората на безопасно разстояние. Такива мерки са били предпприети и при инцидента в Salt Like Sity, Uta, САЩ през август 2005г. и в рудник Република , България през април 2005г., което е довело до липса на човешки жертви.

3. Значителна част от инцидентите с тежки последствия са станали при превоз на амониев нитрат и други окислители, които са от клас 5 по АДР. Такива са случаите при удряне на ж.п. маневра на 2 тона амониев нитрат в цистерни с дизелово гориво в Ryongchon, Северна Корея, през 2001г., при което става експлозия с 154 души убити и

1300 души ранени, инцидента в Mihailesti, Румъния, през същата година с 22 тона амониев нитрат след пътно произшествие и в Shengangzhai, Китай през 2005 г. с 19, 5 тона амониев нитрат с 12 убити и 45 броя ранени.

Всички инциденти стават след пожар и последваща експлозия на чистия амониев нитрат. От това следва, че амониевият нитрат трябва абсолютно да се третира като взривоопасен материал и при организиране на мерки при станали инциденти с амониев нитрат да се съблюдават изискванията към инциденти с експлозиви и взривни изделия.

4. От анализа на станалите инциденти произлиза и още един важен извод. Той е свързан с инциденти по същество с невзривни материали и изделия, но при чието смесване в т.ч. и с въздуха се получават взривоопасни смеси, при чието инициране вследствие на някакви причини (пожар, удар) се получават обемни експлозии. Такъв е случаят с дерейлирала влакова композиция в Neyshabur, Иран през февруари 2004 г. превозваща сяра, петрол, окислител, памук и вълна. При станалата експлозия вследствие на дерейлиране на композицията, удар и смесването на различни материали са загинали 300 души и 450 души са ранени.

Изхождайки от разгледания инцидент изучаването на т.н. обемни взривове в различни стопански отрасли е с изключителна важност в т.ч. при транспортиране на материали и от клас 2, клас 3, клас 5 и др.

Заключение

От извършения анализ на пътно транспортните инциденти и основните изводи при транспорт на експлозиви, взривни изделия и взривоопасни материали се установява, че въпреки взетите мерки за организиране на транспорта съгласно нормативните изисквания в отделните страни са налице инциденти с тежки последствия изразяващи се преди всичко с много жертви и значителен брой ранени хора. Освен това се нанасят и значителни материални щети. Трябва да се има впредвид , че инциденти с особено тежки последствия стават и при превоз на материали и изделия извън клас 1 експлозиви, но с такива, при чието смесване в т.ч. и с въздуха се получават взривоопасни смеси и се реализират голями обемни взривове.

Основният извод от направения анализ на инцидентите е, че при пожар на такива материали вследствие на различни причини след първи неуспешен опит за потушаване на пожара, пожарогасенето следва да се преустанови, да се маркира и отцепи района на инцидента и незабавно да се отведат на безопасни разстояния хората в т.ч. и служителите на различни ведомства – водачи, помощник-водачи, пожарникари, полицейски служби и др.

Много съществен елемент в случая е разгледаните основни мерки за предотвратяването на жертви при такива инциденти да бъдат отразени като незабавни мероприятия в задължителните инструкции за безопасност при превоз на опасни товари съгласно изискванията на АДР. За съжаление тези изисквания съгласно действащите нормативни документи в страните от Европейския съюз и в света се подценяват, не се обясняват на водача и помощник-водача на транспортните средства и често имат формален характер.

Литература

Камбурова Г. 2007 „*Взривни явления и експлозиви*", С

Камбурова Г., 2008, Изисквания и документи при превоз на експлозиви и взривни изделия по системата АДР, сп. *Експлозив*, бр. 7 С.

Mainiero R,Rouland J, 2009, A review of Recent Accidents Involving Explosives Transport, *Explosives Engineering, mart/april*

Verakis H, Tbomas L, 2009,Bulk Transport Vehicle Fire Safety: Preventing a Mi e Site Disaster, *Explosives Engineering,2 брой mart/april*

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

ГОДИШНИК НА МИННО-ГЕОЛОЖКИЯ УНИВЕРСИТЕТ "СВ. ИВАН РИЛСКИ", Том 52, Св. II, Добив и преработка на минерални суровини, 2009
ANNUAL OF THE UNIVERSITY OF MINING AND GEOLOGY "ST. IVAN RILSKI", Vol. 52, Part II, Mining and Mineral processing, 2009

ВЛИЯНИЕ НА КИСЛОРОДНИЯ БАЛАНС ВЪРХУ ОТДЕЛЯНЕТО НА ТОКСИЧНИ ГАЗОВИ ЕМИСИИ И СКОРОСТТА НА ДЕТОНАЦИЯ НА ГРУБОДИСПЕРСНИТЕ АМОНИТИ ЗА РАБОТА НА ОТКРИТО

Гергана Камбурова

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

РЕЗЮМЕ. В изпълнение на изискванията на ЕС и новите световни тенденции са извършени комплексни изследвания за характера на взривната химична реакция на грубодисперсните експлозиви тип ГДА. Установи се, че вследствие на непълното окисляване не горимите елементи С и Н при експлозивите от този тип при нулев кислороден баланс се отделят значително по-големи количества нитрозни силно токсични газове, които намаляват до над 2 пъти при състави с кислороден баланс до минус 8%.За изясняване влиянието на кислородния баланс върху енергийните параметри и скоростта на детонационния процес са извършени изследвания, като експлозивът ГДА-ЛМ се разработи с КБ от плюс 4% до минус 7,5 % .От изследванията се установи, че при работа с КБ минус 7,5% в сравнение с КБ плюс 4% се повишават енергийните параметри на експлозива, като скоростта на детонация се увеличава с около 50%. Вследствие на извършените изследвания експлозивът ГДА-ЛМ е преработен от минус 1% КБ на минус 7,5% КБ, при което се получават значителен екологичен и икономичен ефект

EFFECT OF THE OXYGEN BALANCE ON TOXIC GAS EMISSIONS AND VELOCITY OF DETONATION OF ROUGHLY DISPERSED AMMONITES FOR OUTDOOR OPERATION

Gergana Kamburova
University off Mining and Geology "St.Ivan Rilski", 1700,(e-mail minenergo yahoo.com)

ABSTRACT. With regard the requirements of the European Union and recent world tendencies an integrated research has been performed in order to study the character of explosive chemical reaction of roughly dispersed explosives of the type GDA (Roughly Dispersed Ammonites). It has been established that much higher quantities of nitrous highly toxic gases are emitted because of the incomplete oxidation of the inflammable elements C and H during explosions of that type with zero oxygen balance and those toxic gas emissions are twice reduced when the explosive mixtures have an oxygen balance of minus 8%.
Experiments have been performed in order to study the effect of oxygen balance on the energy parameters and velocity of detonation. For the needs of the experiments the explosive mixture ГДА-ЛМ (Roughly Dispersed Ammonite – LM) has been developed with and OB from plus 4% to minus 7,5 % .The experiments revealed that the operation of explosive mixtures with OB of minus 7,5%, compared to mixtures of OB plus 4%, increases the energy parameters of the explosion and the velocity of detonation increases with nearly 50 %. Further to the experiments the explosive ГДА-ЛМ (Roughly Dispersed Ammonite – LM) has been remade from minus 1% OB to minus 7,5% OB and this has involved significant ecological and economical effect.

Въведение

Грубодисперсните тротилосъдържащи амонити са познати с абривиатурата "ГДА и са една от основните групи експлозиви използвани в Република България за извършване на взривни работи, основно на открито. Някои марки от тези експлозиви са допуснати до употреба и в подземни условия

Грубодисперсните амонити с абревиатура ГДА представляват прости механични взривни смеси от гранулирана амониева селитра и люспест или гранулиран тринитротолуол и се произвеждат без загряване на компонентите. В различните марки и видове се поставят и някои други съставки, предимно енергийни. Познати са и различни модификации с кристална и специално обработена водоустойчива амониева селитра от типа ЖВК.

Грубодисперсните амонити имат редица положителни качества. Те се произвеждат значително по–лесно и по–безопасно в сравнение с прахообразните амонити, по–малко чувствителни са при работа с тях, при рьчно и механизирано зареждане се отделя по–малко прах и пр.

Грубодисперсните тротилосъдържащи амонити се произвеждат с различен кислороден баланс от нулевия за ГДА 79/21 до минус 8,2% за ГДА 70/30.

През 2002–2005г.са извършени комплексни изследвания на отделящите се токсични газови емисии на грубодисперсните тротилосъдържащи експлозиви в изпълнение на новия стандарт на Европейския съюз и новите световни тенденции.

1.Изследване на токсичните газови емисии по новите изисквания на Европейския съюз

Изследванията за токсичните емисии по новите изисквания на Европейския съюз са извършени по нова

методика в 142m³ натискоопорна камера. Получените резултати значително се различават от резултатите получени при досегашните стари методи в малки по обем натискоопорни камери (бомби).

На таблица 1 са дадени обобщените резултати на отделящите се газови емисии от взрива на тротилосъдържащите грубодисперсни амонити с марки ГДА 70/30, ГДА –ЛМ и ГДА 79/21. За сравнение са дадени и получените газови емисии от преработения въз основа на настоящите изследвания експлозив с марка ГДА-ЛМ с кислороден баланс минус 7,5% (Kamburova 2005, Kamburova 2006).

Таблица 1

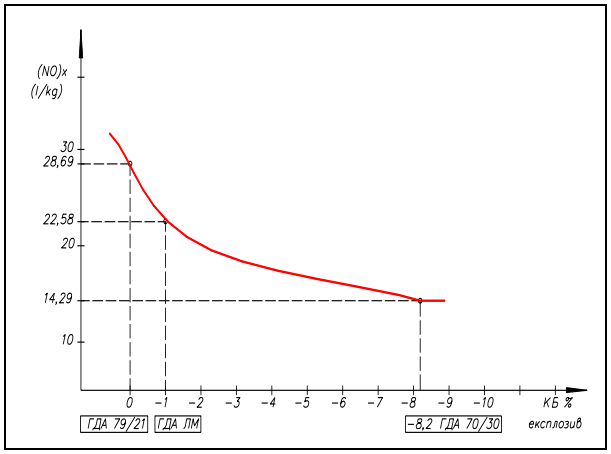
Обобщени резултати за отделящите се газови емисии от тротилосъдържащи грубодисперсни амонити – ГДА 70/30, ГДА–ЛМ и ГДА 79/21

Експлозиви, Кислороден баланс	Газови емисии, l/kg				
	$\sum NO_x$	CO	$\sum NO_x$ +CO	$\sum C_xH_y$	Усл. CO
ГДА 79/21, нулев КБ	29	14	43	59	200
ГДА –ЛМ, минус 1%КБ	23	17	40	42	164
ГДА ЛМ прераб. с минус 7,5 %КБ	15	13	28	50	110
ГДА 70/30,минус 8,2%КБ	14	11	25	59	104

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 l/kg. Тези оксиди бързо намаляват с промяна на кислородния баланс към минус, за да достигнат до 14 l/kg, при ГДА 70/30. Тази ясна тендеция е особено важна, като се има впредвид значително по–голямата токсичност на нитрозните оксиди в сравнение с въглеродния монооксид.

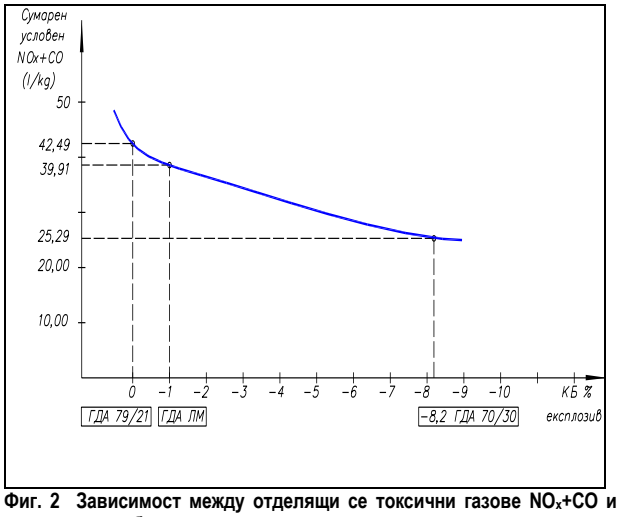
На фиг 1 е дадена зависимостта между отделящите се сумарни азотни оксиди – NO_x и кислородният баланс на изследваните експлозиви с абревиатура ГДА.

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 l/kg токсични газове, които намаляват до 25 l/kg при ГДА 70/30 с минус 8,2% кислороден баланс.



Фиг. 1 Зависимост между отделящите се сумарни азотни оксиди – NO_x и кислородният баланс на различните видове тротилосъдържащи грубодисперсни амонити

На на фиг 2 е дадена зависимостта между общото количество отделящи се токсични газове и кислородния баланс на изследваните експлозиви.



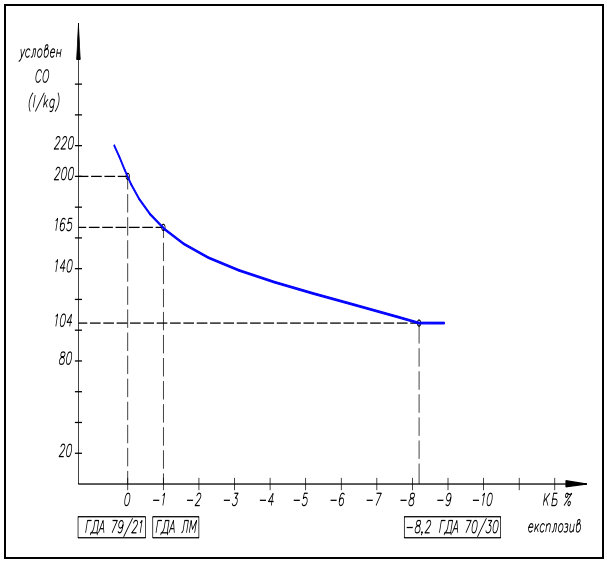
Фиг. 2 Зависимост между отделящи се токсични газове NO_x+CO и кислородният баланс на изследваните експлозиви

Тази тенденция се запазва напълно и при преизчисляване на отделящите се токсични газови емисии в Условен CO съгласно досегашното българско законодателство по израза:

$$\text{Усл. CO} = \text{l CO} + 6{,}5\ \text{l } NO_x,\ \text{l/kg}$$

Интересни резултати се получават при разглеждане на зависимостта между определения Условен CO в l/kg на отделните видове тротилосъдържащи грубодисперсни амонити и кислородният баланс.

Така при Условен CO от 200 l/kg отделящ се от ГДА 79/21 с нулев кислороден баланс, се достига до почти два пъти по–малък Условен CO – 104 l/kg при минус 8,2 % КБ за ГДА 70/30.На фиг. 3 е дадена зависимостта между определения Усл.CO съгласно изискванията на ПБТВР и кислородният баланс на изследваните тротилосъдържащи грубодисперсни амонити.



Фиг.3 Зависимост между Условен CO l/kg и кислородният баланс за различните видове грубодисперсни тротилосъдържащи експлозиви с марка ГДА

Установените зависимости са нови и същите имат голямо отражение върху бъдещото проектиране, създаване, производство и употреба на този вид най–употребявани 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 въглеводороди C_xH_y от 42 до 59 l/kg, 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 кислородният баланс и минимизирането им при около минус 8 % кислороден баланс.

На база на получените нови резултати за отделящите се токсични газове, при грубодисперсните тротилосъдържащи експлозиви от вида ГДА, на масово употребявания експлозив ГДА – ЛМ е извършена преработка на състава му, като кислородният баланс от минус 1 достига до минус 7,5–8%.

С преработения експлозив ГДА – ЛМ с минус 7,5% кислороден баланс са извършени промишлени изследвания в кариера Клокотница, Хасково и в рудник Република Перник, като в едно поле разделено на две се взривяват преработеният и стандартният експлозив. Получените резултати показват, че газопраховият облак в полето на преработения експлозив е значително по–чист, като взривения материал е по–равномерно раздробен в сравнение с полето от стандартния състав на същия експлозив с минус 1 % кислороден баланс.

Подобни резултати са получени и в откритият рудник Република.Извършените промишлени изследвания напълно потвърждават лабораторно – полигонните изследвания и верността на новото разбиране на формулата за взривно химично превръщане. След извършените изследвания и опити, грубодисперсният експлозив ГДА–ЛМ се произвежда и употребява само с минус 7,5–8,0% кислороден баланс.

3.Изследвания за влиянието на кислородния баланс върху скоростта на детонация на грубодисперсните амонити

За да се изясни влиянието на кислородния баланс на грубодисперсните тротилосъдържащи експлозиви върху енергийните му параметри и скоростта на детонационния процес са извършени лабораторно–полигонни изследвания.

Скоростта на детонационния процес е изследвана с апарата „Експломет”–2000, Швейцария, като при зададено разстояние между датчиците на дисплея се получава скоростта на детонация в m/s. (Kamburova, 2007). Изпитването за скоростта на детонация на грубодисперсния експлозив с марка ГДА – ЛМ са извършени при +4%, при +2% , “0”% и при минус 7,5% кислороден баланс. За сравняемост на резултатите се използва оситнена водоустойчива амониева селитра, тип ЖВК.

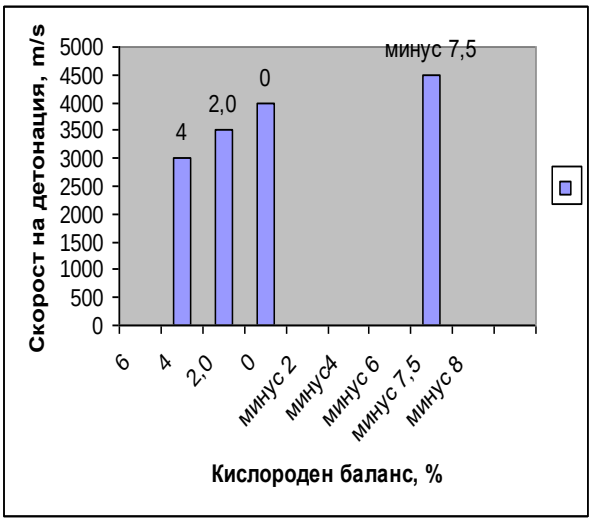
На табл. 2 и фиг.4 и 5 да дадени получените резултати за скоростта на детонация в зависимост от кислородния баланс.

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% кислороден баланс. В случая се очертава оптимален кислороден баланс за този тип експлозив от минус 7,5–9,5%.

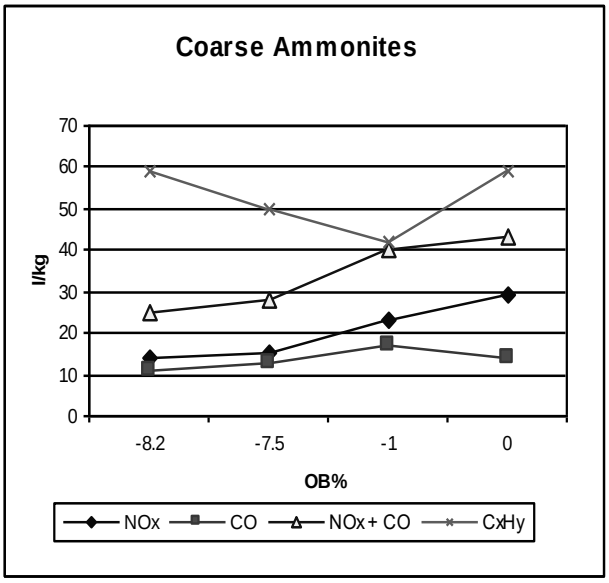
Таблица 2

Скорост на детонация на грубодисперсния експлозив ГДА–ЛМ в зависимост от кислородния баланс

Кислороден баланс, %	Скорост на детонация, m/s
плюс 4,0	3000
плюс 2,0	3500
0	4000
Минус 7,5	4500



Фиг.4 Зависимост между скоростта на детонация и кислородният баланс на грубодисперсния тротилосъдържащ експлозив ГДА –ЛМ



Фиг.5 Зависимост между кислородният баланс и газовите емисии на грубодисперсния тротилосъдържащ експлозив ГДА –ЛМ

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

4. Основни изводи

От извършените изследвания могат да се направят следните основни изводи:

1. В резултат на установения различен характер на взривното химично превръщане при експлозиви с нулев кислороден баланс, вследствие отделянето на сумарни въглеводороди и по–голямо количество на азотни оксиди с поглъщане на топлина, се намалява енергията на експлозивите.

2. Извършените изследвания за влиянието на кислородния баланс върху скоростта на детонация на експлозива ГДА–ЛМ, след преработка му 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 същия експлозив с 4% положителен кислороден баланс.

3. 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 случаи отрицателен кислороден баланс.

Литература

EuropeanFederation of Explosives Engineers, World Conference on Explosives and blasting , Brighton U.K., 2005

Kamburova G. New researches on the toxic gases emitted during blasting from chemical reactions according to the new requirements of the *European Community,*

Kamburova G&Mitkov V New examinatioms of the tocsic gas emissions emitted during blasting of emulsion and Anfo explosives**,** *Annuel Conference on Explosives and Blasting, Slovakia* .2006

Kamburova G, Oxygen Balance Influence on the Chemical Explosive Reaction, World Conference on Explosives and blasting Viena 2007.

ГОДИШНИК НА МИННО-ГЕОЛОЖКИЯ УНИВЕРСИТЕТ "СВ. ИВАН РИЛСКИ", Том 52, Св. II, Добив и преработка на минерални суровини, 2009
ANNUAL OF THE UNIVERSITY OF MINING AND GEOLOGY "ST. IVAN RILSKI", Vol. 52, Part II, Mining and Mineral processing, 2009

НОВИ ДОНОРНИ ЗАРЯДИ ТИП ЛЯТ БУСТЕР ОТ УТИЛИЗИРАНИ БОЕПРИПАСИ

Валери Митков

Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София, E-mail valery.mitkov@gmail.bg

РЕЗЮМЕ. В статията са разгледани създаването, изпитването и внедряването на нови донорни заряди, предназначени за инициране на слабо чуствителни експлозиви. Донорните заряди тип лят бустер са произведени изцяло от експлозиви, получени от утилизацията на ненужни боеприпаси - тринитротолуол, хексоген, тен и въглерод. Донорните заряди се отличават от досега произвежданите в нашата страна по своята конструкция, но са със същите маси от 150 до 900g и същите високи взривни характеристики: скорост на детонация от 8200 до 8500 m/s, плътност 1,6 g/cm^3, отлична водоустойчивост и здравина. Новата конструкция позволява да се повиши сигурноста на инициране на зарядите в сондажите. Донорните заряди са получили сертификат за безопасност на продукта и се използват както у нас така и в други страни от ЕС и извън него.

NEW DONOR CHARGES OF CAST BOOSTER TYPE OBTAINED FROM UTILIZED AMUNITION

Valery Mitkov

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, e-mail valery.mitkov@gmail.bg

ABSTRACT. The article focuses on developing, testing and putting into practice donor charges for initiating low sensitive explosives. Donor charges of cast booster type are entirely made of explosives obtained from utilization of useless ammunition such as TNT, hexogen, TEN and hydrogen. Donor charges differ from those produced in Bulgaria up to now. They have different structure but the same weight varying from 150 to 900 g and blasting parameters: detonation velocity - from 8200 to 8500 m/s, density of 1.6 g/cm3, excellent water resistance and solidity. The new structure makes it possible to improve the certainty of initiating charges in drills. Donor charges have a safety certificate and are used in Bulgaria as well as in other EU and non EU countries

Въведение

Поради настъпилите през последните години геополитически промени, натрупаните боеприпаси станаха излишни и в момента предсавляват сериозен проблем за армийте и правителствата на редица страни по света. Това налага разработване на технологии за тяхната утилизация.

Промишлената утилизация на обикновените видове боеприпаси представлява общодържавен проблем и за България, възникнал в следствие на промените в политическата обстановка, свързани с приемането на страната ни в НАТО и ЕС, необходимоста от изпълнение на международни договори за ограничаване на стратегически, настъпателни и обикновени оръжия, сваляне от въоръжение в нашата армия на морално и технически остарели въоръжения, военна техника и боеприпаси.

Под утилизация се разбира комплекс от мероприятия, осигуряващи ефективно използване на боеприпасите в интерес на промишлеността за сметка на получените от тяхното разснаредяване продукти. Като основен начин на утилизация се разглежда разснаредяването, състоящо се в извличане на взривните материали от съставните части на боеприпасите с последваща преработка на енергетическите материали и елементите на корпусите на боеприпасите.

Анализа на промишлено-техническата база и технологиите за утилизация на боеприпаси в САЩ, в страните от ЕС и Русия показва, че използваните в миналото методи за взривяване и изгаряне на боеприпаси вече отдавна са заменени с промишлени методи на безопасна и технологически чиста утилизация. В резултат на това утилизацията на боеприпасите има суровинна направленост. От извлечените експлозиви и барути се произвеждат промишлени експлозиви, взревателите се взривяват, а капсулните втулки – изгарят безопасно в специални пещи оборудвани със филтри за очистка на получените при това газове.

По оценки на американските специалисти търсенето на технологии позволяващи връщането на боеприпасите за повторно използване в САЩ има тенденция към увеличаване. До 87% от излишните боеприпаси подлежат на утилизация, 68% от тях могат да се използват повторно. У нас този процент е значително по-малък поради необходимоста от подмяната на въоръжението на БА по натовските стандарти.

Към момента излишните за Българската армия бойни припаси са над 46 000 тона и се разпределят както следва: класически боеприпаси – 30 734 тона; инженерни боеприпаси – 9 404 тона; авиационни средства за поразяване – 5 294 тона; морски боеприпаси – 505 тона. Класическите боеприпаси произведени до 1980г. са 19 434 тона, което е 63% от излишните такива. Независимо от годината на производство боеприпасите с месингова гилза

представляват търговски интерес и ще бъдат реализирани, след което също ще бъдат предоставени срещу заплащане за утилизация, а те съставляват 4 576 тона – 15%. Боеприпасите произведени след 1980г. са общо 11 300 тона или 37% и се разпределят по видове както следва: стрелкови – 2 477 тона; артилерийски – 1 335 тона; танкови – 884 тона; противотанкови – 2 648 тона; зенитни – 3 976 тона; пиротехнически – 10 тона.

Голяма част от тези боеприпаси - около 95% са снарядени с бризантни експлозиви като тринитротолуол, хексоген, тетрил и тен. Преработването и използването на тези експлозиви за производство на експлозиви за граждански цели позволява процеса на утилизация да се извършва без да е необходимо да се инвестират огромни средства в закупуването на инсталации за изгаряне и същевременно да не се замърсява околната среда. Изхождайки от това, бяха разработени, изпитани и внедрени нов тип донорни заряди, произвеждани изцяло от суровини, получени от разснаредяване на излишни боеприпаси.

Технология на производство

Изхождайки от световните тенденции в развитето на донорните заряди, бе извършена съответната научно изследователска работа по разработването, създаването и внедряването на нов донорен заряд тип лят бустер изцяло със суровини получени от разснаредяването на боеприпаси.

Като суровини за производството на донорния заряд бе използвана смес от следните бризантни експлозиви, в съответно съотношение: тринитротолуол, хексоген, тетрил и въглерод.

Технологията на производство включва разтапяне на тринитротолуола в котел на Михайлов и нагряване до необходимата температура - 84-86°C. След тва се добавят хексогена и тетрила с въглерода и сместа се хомогенизира в продължение на 15 минути. След получаване на напълно хомогенна смес, последната се разлива на порции в предварително приготвени форми и се оставя да истине, след което се проверява всяка отливка за наличието на шупли, усадъчни раковини и други недостатъци и годните отливки се отправят на етикитиране и опаковка. Отливките с наличие на дефекти се врящат за повторно претопяване. По този начин самата технология е безотходна и не замърсява околната среда.

Основно отличие на новия лят бустер от досега произвежданите е не само използването на вторични експлозиви за суровина, но и нова геометрия на заряда. За пръв път у нас се произвежда бустр с три отвора (виж фиг.1), което позволява инициирането му с два детонатора. Последннато позволява да се повиши сигурноста за сработване на сондажа при евентуален отказ на единия детонатор. Тово е от изключителна важност при взривяване в специални условия, изискващи сто процентова надеждност на ВР.

Фиг.1. Общ вид на донорен заряд тип лят бустер

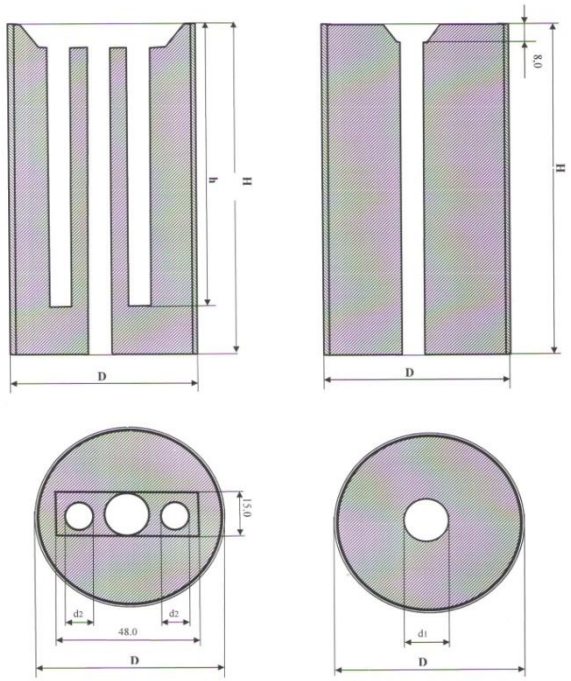
Настоящата технология е внедрена и се използва от завод „Миджур" в с. Горни Лом, собственост на" Видекс" АД. Произвежданите заряди са с тарговско наименование ЛБ - 03.

На фиг.2 е дадена схема на новия донорен заряд. Той се произвежда с различна маса от 150 до 900 g и има три отвора.

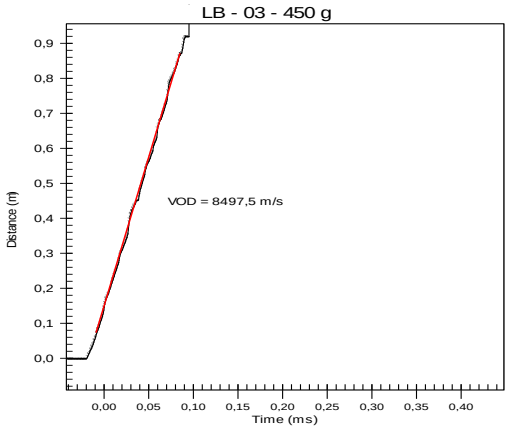
В таблица 1 са дадени размерите на донорния заряд и отворите за различните тегла. Понастоящем най-използвания типо размер е лят бустер от 450 g.

Таблица 1.
Основни размери на донорните заряди тип лят бустер ЛБ-01

Маса на заряда, g	D, mm	H, mm	d_1, mm	d_2, mm
150	36	110	8,5	8,3
230	46	115	11,5	8,3
340	52	115	11,5	8,3
450	58	115	11,5	8,3
900	84	115	11,5	8,3



Фиг.2. Схема на донорния заряд тип лят бустер



Фиг.3. Скорост на детонация на донорен заряд ЛБ-01 след 72 h престой под воден стълб 10 m

Резултати от изпитанията

След разработването на донорния заряд тип лят бустер бяха извършени пълни лабораторно полигонни изпитвания. Изпитванията се извършиха чрез инициране на заряда от неелектрически детонатори, електродетонатори и детониращ шнур. Във всички случаи бе наблюдавана пълна детонация на летите бустери. Скоростта на детонация на последните бе измервана с уред „Микротрап". Резултата от един такъв замер на скоростта на детонация на лят бустер е дадена на фиг.3.

В таблица 2. Са дадени основните технически параметри на донорните заряди тип лят бустер, като за база е приет най-масово използвания лят бустер с маса 450g. За този тип лят бустер е издаден сертификат за съответствие въз основа на Наредбата за съществените изисквания и оценка на съответствието на взривни вещества за граждански цели. С новоразработените донорни заряди бяха проведени тестове на водоустойчивост, които те преминаха успешно, показвайки пълна водоустойчивост. След престой на зарядите под воден стълб от 10m в продължение на 72 часа всички донорни детонатори детонираха напълно със скорост от 8200 до 8500 m/s.

В резултат от извършените промишлени изпитания, както и от лабораторно полигонните изпитания се установи, че новоразработените донорни заряди тип лят бустер инициират безотказно и напълно надеждно всички видове слабочуствителни експлозиви, като получавания първоначален импулс в тях е с 20 до 30% по-голям отколкото при инициране с донорен заряд от типа та 400g пресовка от люспест тротил. От извършените изпитвания се установи, че един донорен заряд тип лят бустер 450g, произведен от вторични експлозиви заменя 2 броя тротилови пресовки от по 400g пресован свеж тротил.

Таблица 2.

Основни технически параметри на донорни заряди тип лят бустер

Показатели	Стой-ности	Допустими отклонения		Метод на изпитване
		мин.	макс.	
Детонационна способност от КД №8, ДШ, ЕД, Неелектрически детонатори	пълна дето-нация	пълна детонация	пълна детонация	БДС EN 13631 - 10
Скорост на детонация, м/с	8200	8000	8500	БДС EN 13631 - 14
Токсични газове в условен CO, l/kg	70	-	70	БДС 15410-81
Безопасна на-деждна и ця-лостна де-тонация или дефлаграция: - пълнота на детонация - дефлаграция	пълна дето-нация не де-флаг-рира	пълна детонация не дефлагрира	пълна детонация не дефлагрира	БДС 15000-80 ОН 0186730-96
Химическа стабилност при температура 75 °C, h	48	над 48	-	БДС 17360-94

Изводи и заключение

Въз основа на извършените лабораторно полигонни и промишлени изпитания на новоразработения донорен заряд тип лят бустер могат да се направят следните основни изводи:

1. Донорните заряди тип лят бустер произведени от продукти, получени при разснаредяването на ненужни боеприпаси са съвременно и надеждно средство за инициране на всички видове слабочувствителни експлозиви за граждански цели.

2. Донорните заряди тип лят бустер възприемат безотказно детонация и са пригодени за работа с всички основни средства за взривяване като неелектрически детонатори, електродетонатори и детониращ шнур.

3. Донорните заряди тип лят бустер имат нова конструкция, позволяваща едновременното използване на две неелектрически детонатора или 2 електродетонатора, което повишава нивото на сигурност.

4. Донорните заряди тип лят бустер съдържат в своя състав въглерод под формата на графит,който повишава тяхната електропроводност и намалява риска от наелектризация на зарядите. Това е гаранция за тяхната по-голяма безопасност.

5. Донорните заряди тип лят бустер имат устойчива висока скорост на детонация от 7200 до 7500 m/s вследствие, на което предават с 20 до 30% по- голям импулс на инициирания слабочувствителен експлозив. Извършените изпитания показват, че един брой лят бустер с маса 450g напълно заменя два броя тротилови пресовки от по 400g свеж тротил.

6. Донорните заряди тип лят бустер имат отлична водоустойчивост, здрави са и не се оронват,следователно не замърсяват околната среда при производство, транспортиране и употреба. Те имат гаранционен срок 10 години. Имат издаден сертификат за съответствие въз основно но Наредбата за съществените изисквания и оценка на съответствието на взривни вещества за граждански цели - модул В и модул Д.

Всички тези качества на новите донорни заряди тип лят бустер предопределят масовото им използване в минната практика на откритите рудници и кариерите, а също така и в подземни условия. Понастоящем те се използват както в нашата страна, така и в съседни страни като Македония, а също от Европейски страни като Великобритания.

Препоръчана за публикуване от Катедра „Подземно строителство" МТФ

Литература

Техническа спецификация № 1048 - 2007г.

Митков В. Производство на експлозиви за граждански цели, изд.къща МГУ" Св.И.Рилски", С. 2007

Митков В., Камбурова Г. Производство на експлозиви от утилизирани боеприпаси, изд.къща МГУ „Св. Иван Рилски", С. 2007.

ГОДИШНИК НА МИННО-ГЕОЛОЖКИЯ УНИВЕРСИТЕТ "СВ. ИВАН РИЛСКИ", Том 52, Св. II, Добив и преработка на минерални суровини, 2009
ANNUAL OF THE UNIVERSITY OF MINING AND GEOLOGY "ST. IVAN RILSKI", Vol. 52, Part II, Mining and Mineral processing, 2009

ТЕХНОЛОГИЯ БЕЗ ПРЕУДЪЛБАВАНЕ С ХИДРОФИЗИЧЕН ВЗРИВ

Гергана Камбурова[1], Георги Георгиев[2]

[1]Минно геоложки университет "Св. Иван Рилски",1700 София
[2]„АБ" АД, Хасково

РЕЗЮМЕ: В откритите рудници и кариери понастоящем се извършват значителни по обем взривни работи. Вследствие на това се отделят значителни газо-прахови емисии, които силно замърсяват околната среда.

С цел намаляване на вредното въздействие в Р.България се разработва нова технология за сондажно взривяване без преудълбаване на сондажите и в комбинация с хидро-физичен взрив.

От извършените изследвания се установи, че с новата технология се получава значително намаляване на разхода на експлозив за разрушаване на 1 м^3 скален масив, както и намаляване на вредните газо-прахови емисии. Освен това се получава отлично раздробяване на материала и оформяне на долното работно стъпало.

Разработената нова екологична технология е в процес на внедряване в няколко кариери в Р.България с реален екологичен и икономичен ефект.

NEW ECOLOGICAL TECHNOLOGIES FOR HOLE BLASTING IN OPENCAST MINES AND QUARRIES

Gergana Kamburova[1], Georgy Georgiev[2]
[1] University of mining and geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia
[2] AB JsC, Haskovo

ABSTRACT: At present, a considerable amount of blasting operations is made in the opencast mines and quarries. As a result considerable gas and dust emissions violently polluting the environment are evolved.

A new technology for hole blasting without the holes to be deepened and in combination with hydrophisical blast is developed in Bulgaria with the purpose of decrease in the harmful influence.

By the research it is found out that the new technology to a considerable extent decreases the outgo of explosive needed for the destruction of 1m^3 of rock mass and also there is a decrease in the harmful gas and dust emissions. Apart from that, an excellent disintegration of the material and shaping of the low bench are obtained.

The developed new technology is in process of introduction in practice in several quarries in Bulgaria with real ecological and economical effect.

1.Въведение

Добивните работи в откритите рудници и кариери се извършват преобладаващо с пробивно-взривни работи по метода на сондажното взривяване. Използват се различни видове преобладаващо грубодисперсни експлозиви от типа АНФО, грубодисперсни тротилосъдържащи амонити, емулсионни и водонапълнени експлозиви. Работи се със сондажи преобладаващо с диаметри от 100 до 250 и повече mm и височина на добивните стъпала от 10 до 20 и по рядко 30 m Взривяват се наведнаж от 10-15 до 50 и повече тона експлозив.

Освен това откритите рудници и кариери се изграждат обикновенно от 1000 до 5000 м и повече от населени места и различни съоръжения.

Поради голямата интензивност на добива при така използваната технология и организация на работа в околното пространство се отделят значителни количества газо-прахови емисии, които силно замърсяват околната жизнена среда. Значително влияние оказват и сеизмичното действие на взрива, ударната въздушна вълна, както и разлета на късове.

Въпросът за вредното въздействие на взрива върху околната среда напоследък придоби особено значение и внимание.

В Европейския съюз са разработени някои серии от стандарти, които следва да осигурят изпълнение на изискванията към експлозивите за граждански цели (EN 13631-16-2002).Един от тези стандарти се отнася за начините на изследване и определяне на токсичните газови емисии отделящи се от допуснатите до употреба експлозиви (Kamburova, G and Hristozov G , 2009). В този стандарт не се определят нормите за отделящите се оранжеви нитрозни газове и въглеродния монооксид и диоксид, като всяка страна следва да ги определя сама.

Важен въпрос за намаляване на вредното влияние на взривните работи е оценката за рационалното насищане на взривявания масив с експлозиви или така наречения относителен разход за разрушаване на 1 m^3 плътна скална маса.

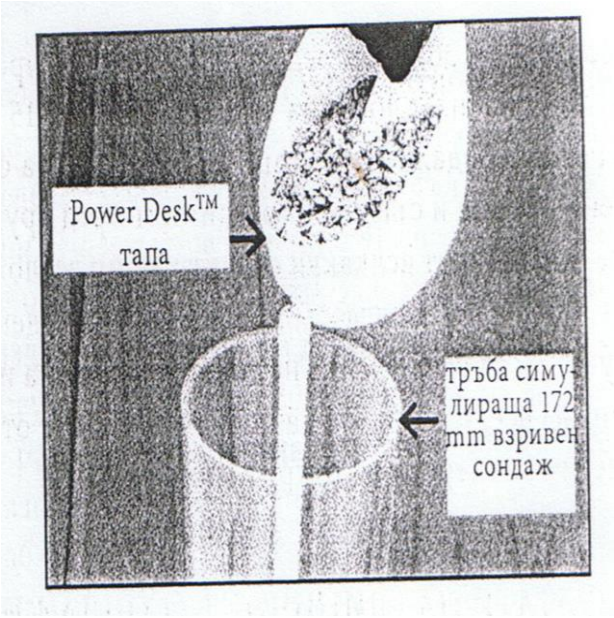
От извършения анализ се установява, че по различни причини обикновено масивите се пренасищат с експлозив,

което от своя страна води до отделянето на по-големи токсични газо-прахови емисии.

Всичко това налага разработването на нови технологии в т.ч. и за сондажно взривяване.

1.Нова технология за сондажно взривяване

През последните години е разработена технология без преудълбаване на сондажите под нивото на долното стъпало и оставяне на въздушна празнина в дъното от 0,9 м.(Frank Chiapeta) За целта е разработена технология и устройство за оформяне на незаредената част от сондажа наречен Power Desk ™. На фиг.1 е дадено устройството разработено от Frank Chiapeta



Фиг. 1. Дървена рейка с тапа за осигуряване на въздушна празнина

От извършените изследвания в Република България в кариера "Клокотница"се установи, че разработената технология и устройство е трудоемко и практически трудно приложимо.

След извършване на системни изследвания е разработена мобилна технология и устройство за изграждане на незаредената част от сондажите. Използва се гъвкаво устройство, което се фиксира и закрепва на съответната височина на сондажа и над него се изгражда зарядът от експлозив (Камбурова, 2009)

На фиг. 2 са дадени фрагменти от разработеното устройство и начина на поставянето му в сондажите.

С така разработената технология и устройство са извършени редица изследвания при взривяване на сондажи с дълбочина 15 m, диаметър 105 mm, въздушна празнина в дъното от 1 m и сондажна мрежа 3,5x3,5m, при което се установи следното:

1.1 Взривяваният материал в полето без преудълбаване на сондажите е много добре раздробен и не се различава от материала на полето взривявано по старата технология с преудълбаване на сондажите от 1 m под долното ниво. Големината на скалните късове не надвишава 80-85 cm.

Фиг. 2. Фрагменти от разработеното гъвкаво устройство и начина на поставянето му в сондажите

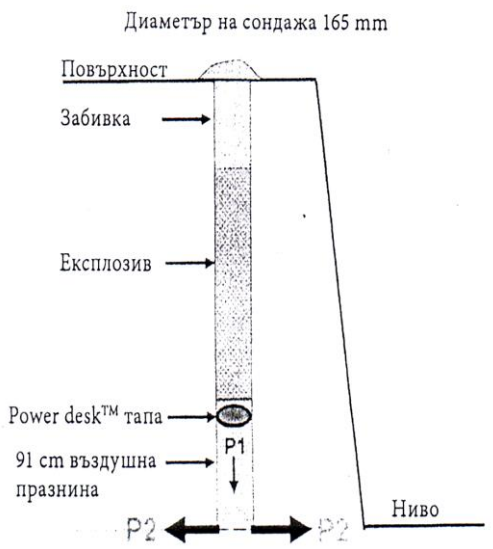
1.2 Нивото на долното стъпало е без повдигания и е добре оформено, като същевременно не е нарушен горният му слой, което се отразява благоприятно на следващо сондиране.

1.3 Намалени са значително относителният разход на експлозиви и на сондажи, което води до значителни икономии.

1.4 Вследствие намаления разход на експлозиви се намалява чувствително отделянето на токсични газо-прахови емисии.

Получените резултати дават основание в кариера "Клокотница" да се премине на работа изцяло по новата технология без преудълбаване на сондажите и оставяне на въздушна празнина от 1 m в дъното им.

В дъното на сондажите получената енергия от химичния взрив се предава върху въздуха в незаредената част. По този начин се генерира въздушно-физичен взрив, който оформя нивото на стъпалото удряйки се в дъното на сондажите и разпространявайки се в перпендикулярна посока. На фиг.3 е дадено действието на получаващия се въздушно- физичен взрив.



Фиг. 3. Налягане на дъното на сондаж без преудълбаване и с въздушна празнина

Какво се случва на дъното на сондажа на новата система може да бъде обяснено с помощта на налягането и или с кинетичната енергия. Когато експлозивът детонира във взривния сондаж, отделените продукти с висока температура винаги ще приемат траектория към мястото с най-малко съпротивление. Първоначално въздушната празнина на дъното на сондажа ще бъде изложена на силната ударна вълна преминаваща през нея. Когато първоначалният фронт на ударната вълна удари дъното на сондажа, скоростта на вълната намалява, отразява се от дъното и увеличава налягането в тази точка. В този момент от време, отделен вторичен удар от продуктите на взрива прибавя още един тласък на дъното на сондажа. Точно заради този комбиниран ефект налягането P_2 на дъното на сондажа може да се увеличи 2 до 7 пъти в сравнение с началното налягане P_1.

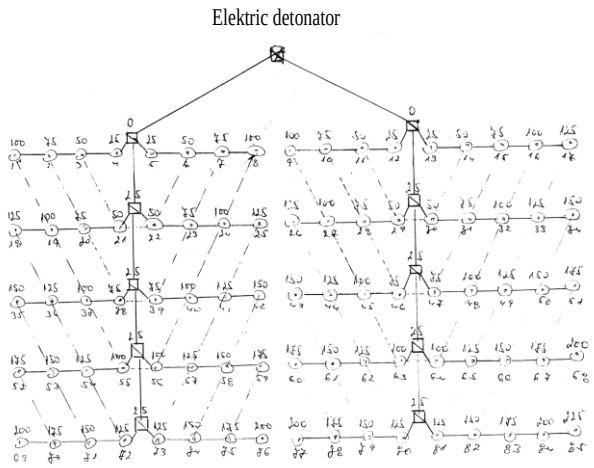
Увеличеното налягане е достатъчно да доведе до разцепване и разчупване на дъното на сондажа в двете посоки. По същество първоначалната енергия на ударната вълна и вторичната енергия на взривните продукти са много по-ефикасни отколкото концентрирания, непрекъснат цилиндричен заряд на дъното на сондажа, но само когато дължината на въздушната празнина и масата на тапата са точно проектирани за дадените полеви условия и за използваната взривна система.

2.Технология без преудълбаване на сондажите с хидро-физичен взрив в дъното

От извършеният анализ за качеството на масивите в откритите рудници и кариери се установи, че в много случаи се работи в частично и напълно обводнени терени. В тези случаи изграждането на въздушна празнина в дъното на сондажите по новата технология се явява проблематично. В същото време е известно , че водата се използва успешно, като ефективен носител на физичен взрив. Това дава основание за извършване на изследвания за прилагане на технология без преудълбаване на сондажите в комбинация с хидро-физичен взрив в незаредената част от 1 м. в дъното на сондажите.

За сравнение изследванията са извършени в същата кариера „Клокотница". Прилага се приетата диагонална схема на взривяване с неелектрическа технология.

С цел да се установи разликата между въздушно-физичния и хидро- физичния взрив в дъното на сондажите, взривяваното поле по принципно приетата в кариера „Клокотница" схема се разделя на две части взривявани едновременно.(фиг.4)



Фиг. 4. Схема на експерименталното взривно поле

В лявата част на полето (фиг. 4), полето е заредено по новата технология без преудълбаване с оставяне на въздушна празнина от 1 m изградена с гъвкавото устройство съгласно фигура 2. В дясната част вместо въздушна празнина се поставя воден патрон с диаметър 100mm и дължина 1 m

На фигура 5 са дадени фрагменти с поставянето на воден патрон в дъното на сондажите.

Фиг. 5.Фрагменти от изграждането на незаредената част с воден патрон и начина на поставянето му

При извършването на опитното взривяване се следи за отделящите се газо-прахови емисии, раздробяването на материала и характера на нивото на долното стъпало.

На фигура 6 са дадени прахо-въздушните емисии от извършеното взривяване в двете полета в началото и края на процеса.

Установи се, че в полето с хидро-физичния взрив, при еднакви други условия, се отделя значително по-малък газо-прахов облак в сравнение с полето с въздушно- физичен взрив. Този ефект се получава при еднакъв относителен разход на експлозив в двете експериментални полета.

На фигура 7 са дадени фрагменти от разрушения материал от взривяването на двете полета, при което се установява, че материалът е еднакво добре разрушен.

а)

б)

Фиг. 6. Газо-прахови емисии от взривяване по технология без преудълбаване. В лявата част с въздушно-физичен взрив, а в дясната с хидро-физичен взрив

Фиг. 7. Фрагменти от разрушения материал от двете полета

На фигура 8 е дадено нивото на долното стъпало след изземване на взривения материал, което е много добре оформено и е без надигания.

3.Основни изводи

От извършените изследвания могат да се направят следните основни изводи:

3.1. При извършване на сондажното взривяване в откритите рудници и кариери се взривяват наведнаж големи количества до 50 и повече тона грубодисперсни експлозиви. Вследствие на това в околното пространство се отделят значителни количества токсични газо-прахови емисии.

Фиг. 8. Ниво на долното стъпало от двете взривни полета

3.2 Въпросът за вредното въздействие на взривните работи върху околната среда придобива особено значение и внимание в Европейския съюз и в останалите развити страни и е предмет на сериозни нови нормативни изисквания.

3.3 Разработването на нови технологии на сондажно взривяване и намаляване разходът на експлозиви води до намаляване отделянето на токсични газо-прахови емисии. Такава технология е взривяването без преудълбаване и оставяне на въздушна незаредена част от 0,9-1,0 m в дъното на сондажите.

3.4 С внедряване на новата технология без преудълбаване и изграждане на въздушна празнина с мобилно гъвкаво устройство се получава намаляване относителния разход на експлозиви с над 44% и разход на сондажи с над 36%. Получава се добро раздробяване на материала, добре оформено ненарушено долно стъпало и намалени газо-прахови емисии.

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

3.5 Новата технология без преудълбаване и въздушна празнина в дъното е трудно приложима за частично и изцяло обводнени взривни полета. При тези условия могат да се използват ефектите на хидро-физичния взрив.

3.6 Извършените изследвания показват, че при поставяне на воден патрон в незаредената част в дъното на сондажа се получава значително по-малки газо-прахови емисии при всички други еднакви условия в сравнение с въздушно-физичния взрив. Освен това материалът е добре раздробен и долното стъпало е ненарушено и добре оформено.

3.7 Технологията без преудълбаване на сондажите и използването на хидро-физичния взрив може да се прилага успешно при работа в частично и силно обводнени взривни полета с несъмнен екологичен ефект.

Заключение

Извършените изследвания недвусмислено показват, че хидро-физичния взрив в дъното на сондажите при новата технология без преудълбаване е по-рационален от въздушно-физичния взрив по същата технология. Хидро-физичния взрив е практичен и лесно приложим и с успех може да се използва в сухи взривни полета. При работа в обводнени сондажи необходимото пространство за хидро-физичния взрив следва да се определя от компетентни специалисти. За целта не е необходим воден патрон , а регулирането на водния стълб може да се извърши с гъвкавия балон разработен за технологията с въздушно-физичния взрив.

Литература

Chiappetta, F. New Blasting Technique to Eliminate Subgrade drilling.

Consul Directive 93/15 EEC of 5 April 1993 on the harmonization of the provisions relating to the plaicing on the market and supervisions of explosives for civil uses (OJ No L 121/20 of 1993-05-15).

EN 13631-16-2002 Explosives for civil uses-High explosives-Part 16: Detection and measurement of toxic gases, CEN, Brussels.

Kamburova, G. and Hristozov G., 2009. Blasting Technology with no Sub- grade drilling for the conditions of Klokotniza quarry, Fifth World Conference on Explosives and blasting European Federation of Explosives engineers, Budapest.

ГОДИШНИК НА МИННО-ГЕОЛОЖКИЯ УНИВЕРСИТЕТ "СВ. ИВАН РИЛСКИ", Том 52, Св. II, Добив и преработка на минерални суровини, 2009
ANNUAL OF THE UNIVERSITY OF MINING AND GEOLOGY "ST. IVAN RILSKI", Vol. 52, Part II, Mining and Mineral processing, 2009

ОПРЕДЕЛЯНЕ НА БЕЗОПАСНИТЕ РАЗСТОЯНИЯ ЗА ОСТЪКЛЕНИЕТО НА СГРАДИ ПРИ ВЗРИВЯВАНЕ НА САМОДЕЛНИ ВЗРИВНИ УСТРОЙСТВА

Валери Митков[1], Генчо Генчев[2]

[1]МГУ"Св.Иван Рилски", 1700 София,E-mail: valery.mitkov@gmail.com
[2]МВР, 1000 София

РЕЗЮМЕ. В статията са представени извършените теоретични изследвания и проведените научни експерименти за определяне на безопасните за остъклението на сградите разстояния по действието на ударната въздушна вълна (УВВ). Определени са действително безопасните за остъкляването разстояния, което позволява по-висока степен на безопасност, както при извършване на промишлени взривни работи, така и при охрана на сградите от несанкционирани , терористични действия.

DERERMINATION OF THE SAFE DISTANCES FOR WINDOW GLASSES OF BUILDINGS DURING DETONATION OF MAKESHIFT EXPLOSIVE DEVICES

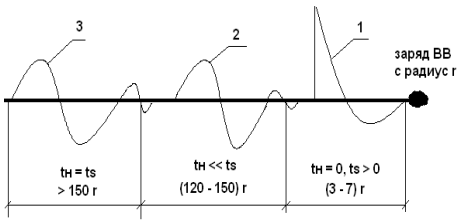
Valery Mitkov[1], Gencho Genchev[2]
[1]University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, e-mail valery.mitkov@gmail.bg
[2] Ministry of Interior, 1000 Sofia

ABSTRACT. The article presents accomplished theoretical researches and scientific experiments for determination of the safe distances for window glasses of buildings under the air-blast influence. Actually safe distances for the window glasses have been determined, which effects in achievement of a higher safety degree during the development of industrial blasting works, as well as in other operations such as building conservation, especially during terroristic attacks.

Въведение

Ударната вълна е мигновеното свиване на околната среда, при което параметрите на състояние на веществото се изменят скокообразно, а скоростта на неговото разпространение превишава скоростта на звука в дадената среда. Разпространението на ударната вълна е свързано с големи загуби на енергия и физически е възможно до тогава, докато налягането на фронта на ударната вълна превишава модула на обемното свиване на средата, която преминава в подвижно състояние.

Практически областта на разпространение на ударната вълна е ограничена в зона от 3÷7 радиуса на заряда.



Фиг. 1. Зони на разпространение на ударните вълни (1); вълните на свиване (2) и сеизмичните вълни (3)
(t_s е времето за спадане на напрежението от max до 0, $t_н$ – време за нарастване на напрежението от 0 до max, r е радиуса на заряда)

В продължение на времето в средата се наблюдава превръщане на ударната вълна във вълна на свиване – фиг. 1. Вълната на свиване представлява нееластичното свиване на средата, при което параметрите се изменят достатъчно плавно, скоростта на разпространяване на свиването е равна на скоростта на звука в дадената среда, а времето за извеждане на веществото от състояние на покой е винаги по-малко от времето за връщането му в това състояние.

В областта на разпространение на вълните на свиване околната среда е нееластична, като в нея възникват остатъчни деформации, които водят до нарушаване на средата. Зоната на разпространение на тези деформации обхваща обем до 120÷150 радиуса на заряда на взривната вълна. При по-нататъшното разпространяване на вълната на свиване в околната среда тя постепенно се превръща в сеизмична вълна. Сеизмична вълна е еластичното свиване на средата, като нейната скорост е равна на скоростта на звука в дадената среда, а времето на еластично свиване е равно на времето на връщане на средата в състояние на покой.

Областта на разпространение на еластичните колебания обикновено се определя от общата маса на заряда и еластично-пластичните свойства на средата и превишава 150 радиуса на заряда.

Теоретична постановка

Максималната величина на свръхналягането на фронта на УВВ ΔP_a (Pa) при взрив във въздуха може да се определи по формулата на М.А. Садовски, получена на базата на опитни наблюдения:

$$\Delta P = \left(6{,}5 + \frac{Q}{r^3} + 2{,}55\frac{Q^{2/3}}{r^2} + 0{,}75\frac{Q^{1/3}}{r}\right).10^5 \qquad (1)$$

При взрив на заряд от експлозив (тротил) на повърхността на земята, може да се използва същата формула ако величината на Q (масата на експлозива) се увеличава два пъти. Тогава за взрив на тротилови заряди на повърхността на земята имаме:

$$\Delta P = \left(13 + \frac{Q}{r^3} + 3{,}9\frac{Q^{2/3}}{r^2} + 0{,}95\frac{Q^{1/3}}{r}\right).10^5 \qquad (2)$$

$$S=540.Q^{2/3}/r \qquad (3)$$

$$\tau_+=1{,}1Q^{1/6}.r^{1/2}.10^{-3} \qquad (4)$$

където:

ΔP - свръхналягане на фронта на УВВ, s.

S - импулс на фазата свиване, Pa.s

τ_+ - време на действие на положителната фаза на УВВ, s.

Q – маса на заряда експлозив, kg.

r – разстояние от епицентъра до обекта, m.

Тези формули, обаче,са вярни единствено при $\Delta P > 10^4$ Pa. На голями разстояния от мястото на взрива, налягането във фронта на УВВ пада значително. В този случай имат място слаби ударни въздушни вълни. Към тях се отнасят такива вълни, налягането на които на фронта на УВВ $\Delta P < 10^4$Pa.

На параметрите и условията на разпространяване на слабите УВВ оказват влияние ралични фактори, най-важни от които са: атмосферните условия в момента на взрива (температурните градиенти по височина, скоростта и посоката на вяръра), физико-механичните свойства на земната повърхност, наличие на различни прегради на пътя на УВВ, положението на заряда от ВВ относно обекта и т.н. Различните фактори оказват различно влияние на параметрите на УВВ и е практически невъзможно да се определи степента на влияние на всеки от тях, основен метод за установяване на количествените зависимости на параметрите на УВВ си остават преките експерименти.

На основата на обработката на експериментални данни за разчета на основните параметри на слабите УВВ при взрив на заряди от експлозив на повърхността на земята:

$$\Delta P = 4{,}7.10^5 K_П K_M \left(\frac{\sqrt[3]{Q}}{r}\right)^{1/5} \qquad (5)$$

$$S = 160.K_П \frac{Q^{2/3}}{r} \qquad (6)$$

$$r_+ = 0{,}65.Q^{1/6} r^{1/2} 10^{-3} \qquad (7)$$

където:

$K_П$ - коефициент, отчитащ влиянието на физико-механическите свойства на конкретната земна повърхност на интензивността на УВВ (значенията на $K_П$ са дадени в таблица 1).

K_M - коефициент на метеорологичните условия в момента на взрива.

Той отчита възможността за увеличаване на интенззивността на УВВ, когато K_M <1.

Значенията на K_M зависят от конкретните метеорологични условия и разстоянието между взрива и преградата.

На малки разстояния влиянието на метеорологичните условия оказва положително влияние на УВВ.

В резултат на статистическата обработка на данните за атмосферните условия при летните месеци са получени следните значения на коефициента K_M :

K_M = 3 при разстояние равно или по-голямо от 2000 m.

K_M = $3(r/2000)^{1/2}$ в диапазона на разстояние от 1000 до 2000 m.

$K_M = 1 + \left(\frac{r}{1000}\right)^2$ в диапазона от 200 до 1000m.

K_M = 1 при разстояние по-малко от 200m.

През зимата значението на коефициента K_M следва да се увеличи до 1,7 пъти, ако разстоянието между мястото на взрива и преградата е по-голямо от 200 m.

Най-слабият конструктивен елемент от всички здания и съоръжения е остъклението. При осигуряване целостта на остъклението се гарантира липсата на разрушения на зданията и съоръженията от действието на ударната въздушна вълна на взрива.

Таблица 1

Класификация на почвите в зависимост от физико-механичните свойства и значения на коефициента $K_П$

Група на почвата	Наименование на почвата	Коефициент на твърдост по скалата на проф. М. М. Протодяконов	Категория на почвата		Коефициент K_1
			по СНиП	по взриваемост	
I	Пясъчници, варовици, доломит, серпентина и перидотити, замръзнали почви	До 8	До 6	I-II	0,5
II	Твърди варовици, гранодиорит, гранит, гранитогрес, талкокарбонатни почви, строителни материали (тухли, бетон)	8-12	6-8	III	1,0
III	Гранити, порфирити, кварц, базалт, диорит, серпентизиран перидотит	12-20	9-11	IV-V	1,6

Повреждането (счупването) на остъклението се получава като правило под въздействие на слаби УВВ. Разчета на основните параметри на слабите УВВ се извършва по формулите (5),(6) и (7). Според съществуващите в момента теории, счупването на остъкляването на зданията и съоръженията под въздействие на УВВ се наблюдава след достигане на фронта на вълната критични нива на налягането при импулса на фазата на свиване. При определяне на критерия на опасност, параметрите на ударната вълна и характера на натоварване зависят от съотношението на времето на действие на положителната фаза на УВВ. τ_+ е собственият период на колебания на конструкцията T. При $\tau_+ \leq 0{,}25$ T реакцията на натоварване е пропорционална на импулса на фазата на свиване S. В този случай критерии за опасност се явява импулса. При $\tau_+ \geq 10.T$ механическото свръхналягане ΔP на фронта на УВВ, а повреждането на остъклението се наблюдава при превишаване на критичното значение на свръхналягането ΔP.

Периода на собствени колебания на остъклението е в границите на 20÷40 s. Следователно за остъклението импулсен характер на натоварването ще има при $r_+ \leq (5 \div 10)$ s.

Времето за действие на положителната фаза на УВВ е много малко (в рамките на няколко милисекунди).

Следователно, повреждане на остъклението на обектите в близката зона на взрива се наблюдава при превишаването на статистическото значение на импулса на фазата на свиване S.

На разстояние 200 m и повече (средната и далечна зона на взрива), критерии за опасност на остъклението е свръхналягането на УВВ – ΔP.

Експериментално е установено, че в близката зона на взрива повреждането на остъклението се наблюдава при въздействие на импулса на фазата на свиване на УВВ повече от 4,5 kPa.s. Като пределно допустимо се приема значението на импулса S=2,5 Pa.s. В средната (разстояние по-големи от 200 m) и далечната зона на взрива разрушаването на остъклението се наблюдава при налягане на фронта на УВВ – 1500 Pa.

Като пределно допустимо за остъклението (при обикновени стъкла) е прието значението на свръх налягането ΔP=500 Pa.

Пределно допустимото значение на свръхналягането и импулса се определя изхождайки от приетата степен на безопасност (първа, втора или трета).

Пределно допустимото значение на свръхналягането и импулса в зависимост от степента на безопасност са дадени в таблица 2.

Както вече беше споменато по-горе, в средната и далечна зона на взрив, критерий за опасност на взрива (на разстояние до 200 m) е импулсът на фазата на свиване на УВВ.

При извеждане на формулите за разчет на радиуса на опасната зона трябва задължително да се отчита зависимостта на коефициента за метеоусловия $K_м$ от озона и от разстоянията.

Таблица 2
Пределно допустимо значение на свръхналягането

Степен на безопасност	**Възможни повреди на остъклението**	**Свръхналягане ΔP**	**Импулс на фаза на свиване S, Pa sec.**
1	Отсъствие на повреди на остъклението	500	2,5
2	Случайни повреди на остъклението	1500	4,5
3	Пълно разрушаване на остъклението	5000	20,0

Тогава от формули (5 и 6) при $\Delta P_{доп}$=500 Pa и S=2,5 Pa.s за летния сезон, получаваме следните формули за определяне на радиуса на опасната зона (за летния период) по действието на УВВ на остъклението за първа степен на безопасност (отсъствие на повреди).

$r=200.K_T^{2/3}.Q^{1/3}$ при $Q \geq 1000$ kg.$\leq$ 10 000 kg.
$r=65.\ K_T.\ Q^{1/2}$. при $125 \leq Q \leq 1000$ kg.
$r=63.\ K_T.\ Q^{1/3}$. при $2 \leq Q \leq 125$ kg.
$r=63.\ K_T.\ Q^{2/3}$. при $Q \leq 2$ kg.

За втора степен на безопасност (случайни повреди на остъклението), при:

ΔP= 1500 Pa и S=4,5 Pa.s, се предлагат следните формули:
$r=100.K_T^{2/3}.Q^{1/3}$ при $Q \geq 1000$ kg.$\leq$ 10 000 kg.
$r=30.\ K_T.\ Q^{1/2}$. при $125 \leq Q \leq 1000$ kg.
$r=35.\ K_T.\ Q^{1/3}$. при $2 \leq Q \leq 125$ kg.
$r=35.\ K_T.\ Q^{2/3}$. при $Q \leq 2$ kg.

За трета степен на безопасност (пълно разрушаване на остъклението), при:
ΔP= 5000 Pa и S=20.0 Pa.s, се предлагат следните формули:
$r=40.K_T^{2/3}.Q^{1/3}$ при $Q \geq 1000$ kg.$\leq$ 10 000 kg.
$r=8.\ K_T.\ Q^{1/2}$. при $125 \leq Q \leq 1000$ kg.
$r=8.\ K_T.\ Q^{1/3}$. при $2 \leq Q \leq 125$ kg.
$r=8.\ K_T.\ Q^{2/3}$. при $Q \leq 2$ kg.

През зимния сезон, при наличието на отрицателни температури, получените разстояния трябва да се увеличат 1,5 пъти ако Q>2 kg.

Радиусите на опасната зона се изчисляват , съгласно формулите:

$$R=K_M \sqrt{Q}\ , m \qquad (8)$$

$$R=K_П \sqrt[3]{Q}\ , m \qquad (9)$$

където:
R – минимално допустимо разстояние от епицентъра на взрива до обекта (m)
Q – маса на заряда (тротилов еквивалент), kg.

K_M и $K_П$ – коефициенти зависещи от масата на заряда и от характера на повредите. Стойностите на тези коефициенти за открит заряд се определят съгласно таблица 3.

- За открити заради по-големи от 10 тона при 1,2 и 3-та степен на безопасност се приема коефициент $K_П$ и се използва формула (9)
- За всички останали степени на безопасност се използва коефициент K_M и формула (8)

Таблица 3

Значения на коефициентите K_M и $K_П$ за открит заряд

Степен на безопасност	Възможни повреди	Открити параметри		
		Q,t	K_M	$K_П$
1	Отсъствие на повреди	<10t	50÷150	-
		>10t	-	400
2	Случайни повреди на остъклението	<10t	10÷30	-
		>10t	-	60÷100
3	Пълно разрушаване на остъклението	<10t	5÷8	-
		>10t	-	30÷50

В таблица 4 са предложени нови формули и коефициенти за определяне на безопасните зони за остъкление на въздействието на УВВ за количества в експлозиви до 10000 kg.

Таблица 4

Коефициенти за определяне на безопасните зони за остъкление от въздействието на УВВ за количества вкеплозиви до 10000 kg.

Степен на безопасност	Възможни повреди	Открит заряд с маса до 10 t
1	Отсъствие на повреди	$r=200.K_T^{2/3}.Q^{1/3}$, при $Q\geq1000$ kg.$\leq$ 10 000 kg. $r=65.\ K_T.\ Q^{1/2}$.,при $125\leq Q\leq1000$ kg. $r=63.\ K_T.\ Q^{1/3}$. ,при $2\leq Q\leq125$ kg. $r=63.\ K_T.\ Q^{2/3}$. ,при $Q\leq 2$ kg.
2	Случайни повреди на остъклението	$r=100.K_T^{2/3}.Q^{1/3}$ при $Q\geq1000$ kg.$\leq$ 10 000 kg. $r=30.\ K_T.\ Q^{1/2}$. при $125\leq Q\leq1000$ kg. $r=35.\ K_T.\ Q^{1/3}$. при $2\leq Q\leq125$ kg. $r=35.\ K_T.\ Q^{2/3}$. при $Q\leq 2$ kg.
3	Пълно разрушаване на остъклението	$r=40.K_T^{2/3}.Q^{1/3}$,при $Q\geq1000$ kg.$\leq$ 10 000 kg. $r=8.\ K_T.\ Q^{1/2}$. ,при $25\leq Q\leq1000$ kg. $r=8.\ K_T.\ Q^{1/3}$., при $2\leq Q\leq125$ kg. $r=8.\ K_T.\ Q^{2/3}$., при $Q\leq 2$ kg.

Според формулите и коефициентите от (1) за експлозив – тротил с маса 0,200 kg; 0,400 kg; 1 kg; 2 kg; 5 kg; 10 kg; 15 kg; 20 kg; 25 kg; 30 kg; 35 kg; 40 kg; 45 kg; и 50 kg; радиусът на опасната зона за 1,2 и 3 степени на безопасност са дадени в таблица 5.

Съгласно разработената разработения от авторите формулен апарат, радиусът на опасната зона за същото количество експлозив- тротил, за 1, 2 и 3-та степен на безопасност, при $к_T$=1 са дадени в таблица 6.

Таблица 5

Първа степен на безопасност	Втора степен на безопасност	Трета степен на безопасност
$R_1=(50\div150)\sqrt{0,200}=(20\div60)$ m	$R_1=(10\div30)\sqrt{0,200}=(4\div12)$ m	$R_1=(5\div8)\sqrt{0,200}=(2\div3,2)$ m
$R_2=(50\div150)\sqrt{0,400}=(30\div90)$ m	$R_2=(10\div30)\sqrt{0,400}=(6\div18)$ m	$R_2=(5\div8)\sqrt{0,400}=(3\div4,8)$ m
$R_3=(50\div150)\sqrt{1,00}=(50\div150)$ m	$R_3=(10\div30)\sqrt{1,00}=(10\div30)$ m	$R_3=(5\div8)\sqrt{1,00}=(5\div8)$ m
$R_4=(50\div150)\sqrt{2,00}=(70\div210)$ m	$R_4=(10\div30)\sqrt{2,00}=(14\div42)$ m	$R_4=(5\div8)\sqrt{2,00}=(7\div11,2)$ m
$R_5=(50\div150)\sqrt{4,00}=(100\div300)$ m	$R_5=(10\div30)\sqrt{4,00}=(20\div60)$ m	$R_5=(5\div8)\sqrt{4,00}=(10\div16)$ m
$R_6=(50\div150)\sqrt{6,00}=(122\div367)$ m	$R_6=(10\div30)\sqrt{6,00}=(24,5\div73,5)$ m	$R_6=(5\div8)\sqrt{6,00}=(12,2\div19,6)$ m
$R_7=(50\div150)\sqrt{8,00}=(141\div424)$ m	$R_7=(10\div30)\sqrt{8,00}=(28,3\div84,9)$ m	$R_7=(5\div8)\sqrt{8,00}=(14,1\div22,6)$ m
$R_8=(50\div150)\sqrt{10,00}=(160\div480)$ m	$R_8=(10\div30)\sqrt{10,00}=(32\div96)$ m	$R_8=(5\div8)\sqrt{10,00}=(16\div25,6)$ m
$R_9=(50\div150)\sqrt{15,00}=(195\div585)$ m	$R_9=(10\div30)\sqrt{15,00}=(39\div117)$ m	$R_9=(5\div8)\sqrt{15,00}=(19,5\div31,2)$ m
$R_{10}=(50\div150)\sqrt{20,00}=(225\div675)$ m	$R_{10}=(10\div30)\sqrt{20,00}=(45\div135)$ m	$R_{10}=(5\div8)\sqrt{20,00}=(22,5\div30)$ m
$R_{11}=(50\div150)\sqrt{25,00}=(250\div750)$ m	$R_{11}=(10\div30)\sqrt{25,00}=(50\div150)$ m	$R_{11}=(5\div8)\sqrt{25,00}=(25\div40)$ m
$R_{12}=(50\div150)\sqrt{30,00}=(215\div825)$ m	$R_{12}=(10\div30)\sqrt{30,00}=(55\div165)$ m	$R_{12}=(5\div8)\sqrt{30,00}=(27,5\div44)$ m
$R_{13}=(50\div150)\sqrt{35,00}=(300\div900)$ m	$R_{13}=(10\div30)\sqrt{35,00}=(60\div180)$ m	$R_{13}=(5\div8)\sqrt{35,00}=(30\div48)$ m
$R_{14}=(50\div150)\sqrt{40,00}=(315\div945)$ m	$R_{14}=(10\div30)\sqrt{40,00}=(63\div189)$ m	$R_{14}=(5\div8)\sqrt{40,00}=(31,5\div50,4)$ m
$R_{15}=(50\div150)\sqrt{45,00}=(335\div1005)$ m	$R_{15}=(10\div30)\sqrt{45,00}=(67\div201)$ m	$R_{15}=(5\div8)\sqrt{45,00}=(33,5\div53,6)$ m
$R_{15}=(50\div150)\sqrt{50,00}=(350\div1050)$ m	$R_{15}=(10\div30)\sqrt{50,00}=(71\div213)$ m	$R_{15}=(5\div8)\sqrt{50,00}=(35,5\div56,8)$ m

Експериментална част

С цел практическа проверка на получените резултати за радиуси на опасните зони за остъкляване при 1-ва и 3-та степени на безопасност беше проведен практически експеримент. Експериментът бе проведен на полигона на завод „Миджур” с. Горни Лом, собственост на фирма ВИДЕКС АД и полигона Нови хан. Целта на експериментите бе да се потвърдят резултатите за радиусите на опасната зона, получени по теоретичен път. Бяха взривени тротилови заряди с маси: 1, 2, 4, 6, 8, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 и 50 kg. За всяко количество експлозив бяха проведени три опита. Като мишена беше използван стандартен прозорец с размери 4x3 m и дебелина на стъклото 3 mm.

Изпитанието беше проведено на равна земна повърхност без налични прегради между заряда от

експлозив и мишената. В резултат от проведените експерименти бяха получени следните резултати, дадени в таблици 7 и 8.

Таблица 6

Първа степен на безопасност	Втора степен на безопасност	Трета степен на безопасност
$R_1=63\sqrt[3]{0{,}200^2}$ =21,5m	$R_1= 35\sqrt[3]{0{,}200^2}$ =12,0m	$R_1=8\sqrt[3]{0{,}200^2}$ = 2,7m
$R_2= 63\sqrt[3]{0{,}400^2}$ =34,0m	$R_2= 35\sqrt[3]{0{,}400^2}$ = 19,0m	$R_2= 8\sqrt[3]{0{,}400^2}$ = 4,3m
$R_3= 63\sqrt[3]{1^2}$ = 63,0 m	$R_3= 35\sqrt[3]{1^2}$ = 35,0 m	$R_3= 8\sqrt[3]{1^2}$ = 8,0 m
$R_4=63\sqrt[3]{2^2}$ = 79,4 m	$R_4=35\sqrt[3]{2^2}$ = 44,0 m	$R_4=8\sqrt[3]{2^2}$ = 10,1 m
$R_5=63\sqrt[3]{4^2}$ = 100,0 m	$R_5=35\sqrt[3]{4^2}$ = 55,6 m	$R_5=8\sqrt[3]{4^2}$ = 12,7 m
$R_6=63\sqrt[3]{6^2}$ = 114,5 m	$R_6=35\sqrt[3]{6^2}$ = 63,6 m	$R_6=8\sqrt[3]{6^2}$ = 14,5 m
$R_7=63\sqrt[3]{8^2}$ = 126,0 m	$R_7=35\sqrt[3]{8^2}$ = 70,0 m	$R_7=8\sqrt[3]{8^2}$ = 16,0 m
$R_8=63\sqrt[3]{10^2}$ = 135,7 m	$R_8=35\sqrt[3]{10^2}$ = 75,4 m	$R_8=8\sqrt[3]{10^2}$ = 17,2 m
$R_9=63\sqrt[3]{15^2}$ = 155,4 m	$R_9=35\sqrt[3]{15^2}$ = 83,6 m	$R_9=8\sqrt[3]{15^2}$ = 19,7 m
$R_{10}=63\sqrt[3]{20^2}$ = 171,0 m	$R_{10}=35\sqrt[3]{20^2}$ = 95,0 m	$R_{10}=8\sqrt[3]{20^2}$ = 21,7 m
$R_{11}=63\sqrt[3]{25^2}$ = 184,2 m	$R_{11}=35\sqrt[3]{25^2}$ = 102,3 m	$R_{11}=8\sqrt[3]{25^2}$ = 23,4 m
$R_{12}=63\sqrt[3]{30^2}$ = 195,8 m	$R_{12}=35\sqrt[3]{30^2}$ = 108,8 m	$R_{12}=8\sqrt[3]{30^2}$ = 24,9 m
$R_{13}=63\sqrt[3]{35^2}$ = 206,1 m	$R_{13}=35\sqrt[3]{35^2}$ = 114,5 m	$R_{13}=8\sqrt[3]{35^2}$ = 26,2 m
$R_{14}=63\sqrt[3]{40^2}$ = 215,5 m	$R_{14}=35\sqrt[3]{40^2}$ = 119,7 m	$R_{14}=8\sqrt[3]{40^2}$ = 27,4 m
$R_{15}= 63\sqrt[3]{45^2}$ = 224,1 m	$R_{15}= 35\sqrt[3]{45^2}$ = 124,5 m	$R_{15}= 8\sqrt[3]{45^2}$ = 28,5 m
$R_{15}= 63\sqrt[3]{50^2}$ = 232,1 m	$R_{15}= 35\sqrt[3]{50^2}$ = 129,0 m	$R_{15}= 8\sqrt[3]{50^2}$ = 29,5 m

Таблица 7

Получени резултати от проведените изпитания с тротилови заряди при първа степен на безопасност

Първа степен на безопасност (липсва разрушаване)						
Маса на експлозива,(kg)	Първи опит		Втори опит		Трети опит	
	Разстояние, (m)	Резултат	Разстояние, (m)	Резултат	Разстояние, (m)	Резултат
1	61	ЛР	63	ЛР	65	ЛР
2	77	ЛР	79	ЛР	81	ЛР
4	98	ЛР	100	ЛР	102	ЛР
6	112	ЛР	114	ЛР	116	ЛР
8	124	ЛР	126	ЛР	128	ЛР
10	133	ЛР	135	ЛР	138	ЛР
15	153	ЛР	155	ЛР	158	ЛР
20	169	ЛР	171	ЛР	173	ЛР
25	182	ЛР	184	ЛР	186	ЛР
30	193	ЛР	195	ЛР	197	ЛР
35	204	ЛР	206	ЛР	208	ЛР
40	213	ЛР	215	ЛР	217	ЛР
45	222	ЛР	224	ЛР	226	ЛР
50	220	ЛР	232	ЛР	234	ЛР

*Липсва разрушение (ЛР)

Таблица 8

Получени резултати от проведените изпитания с тротилови заряди при трета степен на безопасност

Трета степен на безопасност (пълно разрушаване на остъклението)						
Маса на експлозива, (kg)	Първи опит		Втори опит		Трети опит	
	Разстояние, (m)	Резултат	Разстояние, (m)	Резултат	Разстояние, (m)	Резултат
1	7	Р	8	Р	9	Р
2	9	Р	10	Р	11	Р
4	12	Р	13	Р	14	Р
6	14	Р	15	Р	16	Р
8	15	Р	16	Р	17	Р
10	16	Р	17	Р	18	Р
15	19	Р	20	Р	21	Р
20	21	Р	22	Р	23	Р
25	22	Р	23	Р	24	Р
30	24	Р	25	Р	26	Р
35	25	Р	26	Р	27	Р
40	26	Р	27	Р	28	Р
45	28	Р	29	Р	30	Р
50	29	Р	30	Р	31	Р

*Разрушение (Р)

Въз основа на експериментално проверените теоретични зависимости бе определен радиуса на опасната зона за 1,2 и 3-та степени на безопасност за коли бомби, които са дадени в таблици 9,10 и 11.

Таблица 9

Първа степен на безопасност		
Вид на колата бомба	Маса на експлозива, тротилов еквивалент, (kg)	Минимално разстояние за евакуация на лицата, (m)
Лек автомобил	180	872
Лек	360	1233
Бус	900	1950
Камион	2000	2520
Цистерна	6000	3634

Таблица 10

Втора степен на безопасност		
Вид на колата бомба	Маса на експлозива, тротилов еквивалент, (kg)	Минимално разстояние за евакуация на лицата, (m)
Лек автомобил	180	402
Лек автомобил-	360	569
Бус	900	900
Камион	2000	1259
Цистерна	6000	1817

Таблица 11

Трета степен на безопасност		
Вид на колата бомба	Маса на експлозива, тротилов еквивалент, (kg)	Минимално разстояние за евакуация на лицата, (m)
Лек автомобил	180	107
Лек автомобил-	360	152
Бус	900	240
Камион	2000	504
Цистерна	6000	727

ОСНОВНИ ИЗВОДИ И ЗАКЛЮЧЕНИЯ

От извършените теоретични изследвания и тяхната експериментална проверка могат да се направят следните основни изводи:

1. Съгласно действащата нормативна уредба за определяне на безопасните разстояния за остъклението на сградите, тези разстояния не могат да бъдат прецизно определени и границите им са в много широк диапазон. Това води до затруднения както при извършването на промишлени взривни работи, така и при определяне на безопасните от терористични нападения разстояния.
2. Формулирани са достатъчно точни математически зависимости, които експериментално бяха доказани. Същите с голяма точност определят безопасните разстояния за остъклението на сградите.
3. Направените експериментални изследвания позволиха определянето на минималното разстояние за евакуация на хора при различните степени на безопасност, в зависимост от масата на експлозива, който би могъл да се помести в различни автомобили (коли бомби).
4. Извършените изследвания могат да бъдат използвани при разработването на методики за охрана на потенциално опасни обекти от националната инфраструктура.

Препоръчана за публикуване от
Катедра „ Подземно строителство" МТФ

Литература

Правилник по безопасноста на труда при взривните работи.1997.С.,Техника.

Азаркович А.Е., Шуйфер М.И., Тихомиров А.П. Взрывные работы вблизи охраняемых объектов. — М.: Недра, 1984.

Безопасность взрывных работ в промышленности / Под ред. Б.Н. Кутузова - М.: Недра, 1992.

Богацкий В.Ф., Фридман А.Г. Охрана инженерных сооружений и окружающей среды от вредного воздействия промышленных взрывов. — М.: Недра, 1982.

Галкин В.В., Гильманов Р.А., Дроговейко И.З, Взрывные работы под водой. — М.: Недра, 1987.

Кутузов Б.Н. Разрушение горных пород взрывом (взрывные технологии в промышленности). Ч. II. — М.: Изд-во МГГУ, 1994.

Матвейчук В.В., Чурсалов В.П. Взрывные работы. — М.: Академический Проект, 2002.

Проектирование взрывных работ в промышленности / Э.Б. Башкуев, А.М. Бейсебаев, В.Ф. Богацкий и др. — М.: Недра, 1983.

Цейтлин Я.И., Смолий Н.И. Сейсмические и ударные воздушные волны промышленных взрывов. — М.: Недра, 1981.

Эткин М.Б., Азаркович А.Е. Взрывные работы в энергетическом и промышленном строительстве. — М.: Изд-во МГГУ, 2004.

ГОДИШНИК НА МИННО-ГЕОЛОЖКИЯ УНИВЕРСИТЕТ "СВ. ИВАН РИЛСКИ", Том 52, Св. II, Добив и преработка на минерални суровини, 2009
ANNUAL OF THE UNIVERSITY OF MINING AND GEOLOGY "ST. IVAN RILSKI", Vol. 52, Part II, Mining and Mineral processing, 2009

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ТОПЛИННАТА УСТОЙЧИВОСТ НА ПРАХООБРАЗНИ, ГРУБОДИСПЕРСНИ И ЕМУЛСИОННИ ЕКСПЛОЗИВИ ОТ ВТОРИ КЛАС ЗА РАБОТА В ПОДЗЕМНИ УСЛОВИЯ И НА ОТКРИТО

Гергана Камбурова

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

РЕЗЮМЕ С настоящата работа се разглеждат извършените изследвания за топлинната устойчивост на прахообразни, грубодисперсни и емулсионни експлозиви от II – ри клас за подземни и открити взривни работи. Това е един от основните параметри на ЕС гарантиращ безопасна и надеждна работа с тези допуснати до употреба експлозиви за граждански цели.
Прахообразните амониево-селитрени експлозиви са сенсибилизирани с тринитротолуол, а грубодисперсните АНФО експлозиви са сенсибилизирани с дизелово гориво. Емулсионните експлозиви представляват водно маслена емулсия на амониевата селитра сенсибилизирана с микробалони, аератори и смоли. Основната съставна част на тези експлозиви е гранулиран амониев нитрат.
От извършените изследвания съгласно изискванията на новия български и европейски стандарт се установи, че тези марки експлозиви отговарят изцяло на новите изисквания, като не се наблюдава никаква реакция след престояване в топлинна камера при температура 75±2 °C в продължение на 48 h.

STUDY OF THE HEAT STABILITY OF ROUGHLY DESPERSSED AMONIONITRATE EXPLOSIVES

Gergana Kamburova
University off Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700, e-mail: minenergo yahoo.com

ABSTRACT. Currently we are examining the data obtained by study of the heat stability of powdered , roughly desperssed and emulsions explosives of class II for surface and underground blasting work. This is one of the main a key parameter for safe and reliable performance of the explosives for civil uses.
Explosives of Class II are those allowed for underground conditions such as cap sensitive explosives, nitroglycerine type explosives, booster sensitive explosives type ANFO and certain makes of roughly dispersed ammonites.
The powdered explosives are sensitized with trinitrotoluene and Lazarit has additional powdered or liquid energetic material in its makeup. The emulsion Elacit 710, a cap sensitive explosive. Emulsion explosives are water-resistant explosives with relatively high detonation speed. ANFO type explosives are with diesel oil.
The main component of these types of explosives is granulated ammonium nitrate.
The conducted comprehensive laboratory tests have confirmed that all three types of explosives admitted for civil use in Bulgaria are fully compliant with the requirements for thermal stability of explosives as set out by the normative documents after 48 hours in an heating chamber at 75 ± 2 ºC.

Въведение

Прахообразните амониево-селитрени експлозиви Амонит 6, Амонит 6 ЖВ и Лазарит и емулсионния експлозив Елацит 710 са едни от най-употребяваните при извършване на взривни работи по метода на взривните дупки в подземни условия без рудници опасни по газ и прах. Нафтоселитрените експлозиви от II – ри клас са грубодисперсни и се употребяват при сондажно взривяване и механизирано зареждане в подземни рудници и обекти, както и в открити обекти по метода на сондажно взривяване.

С приемането на България в Европейския съюз се преустановява действието на българските държавни стандарти за производство и изпитване на експлозиви за граждански цели. Основните изисквания към експлозивите за граждански цели са дадени в Директива 93/15 от 15 април 1999г. за хармонизиране на изискванията към експлозивите за граждански цели. В изпълнение на тази Директива от Европейския съвет по стандартизация CEN са разработени 16 броя стандарти, които са приети и като БДС.(Директива 93/15 на ЕЕС))

Един от основните параметри гарантиращ безопасна и надеждна работа с експлозивите предназначени за граждански цели е топлинната устойчивост разгледана в БДСEN 13631-2.(Камбурова 2007, Камбурова 2008))

Досега в България са извършени изследвания за топлинната устойчивост на предохранителните прахообразни експлозиви, грубодисперсните тротилосъдържащи амонити, водонапълнените и емулсионни експлозиви, както и на вторичните бездимни пироксилинови и нитроглицеринови барути.

Съгласно действащият стандарт БДСEN 13857-3:2002 се изисква задължително да се посочи температурния интервал, в който може да се използва даден експлозив, както и максималната температура , в която същият може да престои в продължение на определени часове.

1. Видове прахообразни амониево-селитрени, емулсионни и нафтоселитрени експлозиви от II –ри клас и основни свойства

Прахообразните експлозиви са амониево-селитрени и са сенсибилизирани с тринитротолуол. Експлозивите Амонит 6 и Амонит 6 ЖВ са механични смеси от прахообразен амониев нитрат и прахообразен тринитротолуол. Експлозивът Лазарит освен това съдържа и течни и прахообразни енергийни добавки.При тези експлозиви проблемен при топлинната устойчивост е тринитротолуолът с точка на топене 80 ^{o}C.

Емулсионният експлозив Елацит 710 представлява водно – маслена емулсия на амониевия нитрат сенсибилизиран с микробалони, аератори и смоли.

Допуснатите до употреба нафтоселитрени експлозиви от II – ри клас представляват смес от различни видове гранулирана и кристална амониева селитра и дизелово гориво. Нафтоселитрените експлозиви се произвеждат с различни марки, като АНФО-Л, Динолит и др.

На таблица 1 са дадени основните параметри на прахообразните амониево-селитрени, емулсионни и нафтоселитрени експлозиви .(Камбурова 2008)

По досега действащите стандарти за производството на прахообразните, емулсионните и нафтоселитрени експлозиви температурният интервал е от плюс 50 до минус 35 ^{o}C, което не отговаря на новите европейски изисквания за топлинна устойчивост на експлозивите за граждански цели.

2.Метод на изследване

Изследванията за определяне на топлинната устойчивост на прахообразните, емулсионни и нафтоселитрени експлозиви са извършени в съответствие с БДС EN 13631-2.

За целта се използва нагревателна камера, в която се поддържа температура от 75±2 ^{o}C. Нагревателната камера трябва да има дублирани терморегулатори или други средства за защита срещу излизане на температурата извън контрол, ако управляващият термостат откаже да работи нормално.

Таблица 1

Основни параметри на прахообразни, емулсионни и нафтоселитрени експлозиви

Компоненти и показатели	Амонит 6	Амонит 6 ЖВ	Лазарит	Елацит 710	АНФО-Л
1.Химичен състав,%					
-амониева селитра	79±1,5	79±1,5	80,5±1,5	-	92,5 ±1,5
-тротил	21±1,0	21±1,0	18±1,0	-	-
-вретенно масло(дизелово	-	-	0,2-0,5	-	7,5±0,5
гориво)	-	-	0,95-0,98	-	-
-дървесно брашно					
2.Разсчетни показатели	+0,26	+0,26	+0,31	0	минус 7,1
-кислороден баланс, %	4187	4187	4200	-	4050
-топлина на взрива, kJ/kg					
3Технически експериментални показатели	0,97-0,99	0,97-0,99	0,97-0,99	1,10-1,22	-
- плътност на патроните,g/cm^3	-	-	-	-	0,75-0,95
- насипна плътност, g/cm^3	0,5	0,5	0,5	-	до 0,8
- съдържание на влага,%	10	10	10	14	70
-критичен диаметър,mm	20	20	20	25	90
- стабилен диаметър, mm					
-*ситов състав*	30	30	30	-	-
-остатък на сито 0,20mm не ≥,	340	370	340	-	-
%	14	14	14	-	-
-работоспособност по	5	5	5	2-4	контактно
Траудел,cm^3	3,6-3,8	3,6-3,8	3,6-3,8	5,0-5,3	3,5-4,0
-бризантност по Хес,mm	не	не	не	да	не
-предаване на детонация,cm					
-скорост на детонация в km/s	36	36	22	30	21,5
-водоустойчивост	24	24	30	6	13,5
-токсични газове, l/kg	60	60	52	36	35
CO	193	193	215	69	109
NOx	12	12	12	3	3
ΣCO+NOx					
Усл.CO					
-гаранционен срок, мес.					

Поради взривоопасния характер на изследването се препоръчва системата да бъде изолирана и да има възможност за дистанционно управление. Помещението следва да бъде с осигурена вентилация и взриво-безопасни електрически съоръжения. Везната за измерване на теглата следва да бъде с точност 0,1g. Използват се две стъклени тръби с плоско дъно и вътрешен диаметър (50,5±0,5mm), с дължина приблизително 150 mm и дебелина приблизително 3 mm. Стъклената тръба, използвана за поставяне на експлозива, трябва да бъде снабдена с устройство за затваряне и газонепроницаемо устройство с разрушаваща се част. (фиг. 1) Разрушаващият се диск следва да бъде калиброван при статично нанометрично налягане от 60 kPa или с устройство за непрекъснато измерване на налягането.

При изпитването са необходими еталонни материали със същото физично състояние, както изпитвания експлозив. Такива еталонни материали за прахообразните, емулсионните и нафтоселитрени
експлозиви са например пясък или двуалуминиев триоксид с маса 300g.

За прахообразните, емулсионните и нафтоселитрени експлозиви, изпитваният образец е с обем от (100±4) ml. , като частиците са с големина до 4 mm . Изпитването за определяне на топлинната устойчивост на експлозивите е следното:
Поради това, че липсва информация за топлинното поведение на изпитваните експлозиви се извършва предварително изпитване с малко количество от порядъка на 5g. При това предварително изпитване се определя дали даденото вещество се взривява при температура 75±2 °C. Поради това, че съгласно стандарта за производство на изследваните прахообразни, емулсионни и нафтоселитрени експлозиви, температурният интервал за употреба е плюс 50 °C до минус 35 °C и неизвестността дали ще се получи взривяване при температура 75±2 °C , се извърши предварително изпитване на всеки вид експлозиви поотделно с малки количества от по 5 g всеки. Установи се, че след престояване от 48 h при температура 75±2 °C не се получи реакция (взривяване) при изследваните проби. След предварителното изпитване, се започва стандартното изпитване.

За целта термокамерата се включва и се настройва на 75±2 °C. Празна стъклена тръба описана на фиг.1 се претегля, след което в нея се поставя изпитвания образец от експлозива. Пробата от експлозива се изсипва в тръбата, без да се уплътнява, като следва да изпълни долната част на тръбата до височина 50±1 mm, което осигурява обем на изпитвателния образец от 100±2 ml. След поставяне на пробата в стъклената тръба, тя се претегля отново, за да се определи масата на изпитвания образец и се установи плътността на зареждането му.

След тази подготовка, във втората стъкленица се поставя 100±2 ml от избраното еталонно вещество, без да се претегля.

Плътността на пробата се определя по формулата :

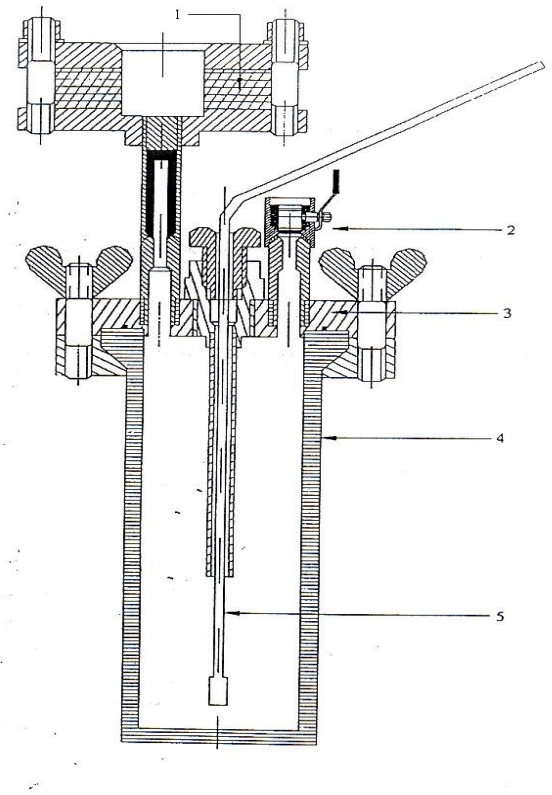
$$\rho = \frac{M}{V}, \text{ g/ml}$$

ρ - плътност на зареждане на пробата, g/ml

V - обем на изпитвания образец, ml

определя, след колко часа е настъпило взривяване или се е появил пламък, след колко време се е получило самонагряване или се е разрушил диска, кога налягането се е покачило над 60 kPa и др и се записва, като резултат "реакция".

M - маса на изпитвания образец, g



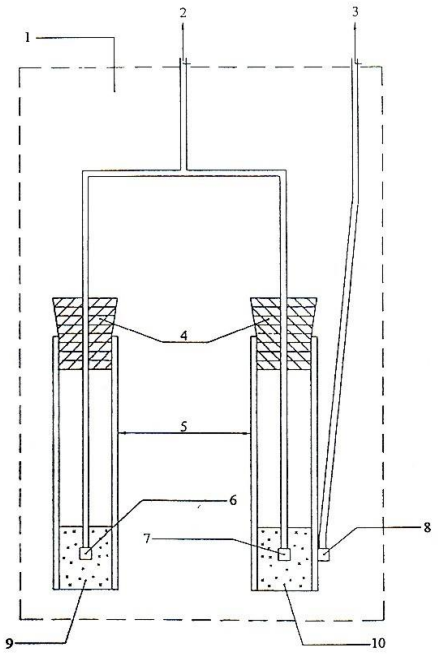
Фиг. 1 Стъклена тръба със затварящо се устройство с разрушаващ се диск:
1–разрушаващ се диск; 2–изпускателен клапан; 3–затварящо устройство; 4–стъклена тръба;
5–термодвойка.

На фиг. 2 е даден блокът на изпитвателното устройство с двете стъклени тръби. В първата стъкленица с изпитвания експлозив, се поставя термодвойката T_1. Проводниците се прокарват през затварящото устройство, като се следи предходната част на термодвойката да бъде в границите на 2 mm от центъра на изпитвания образец. При всеки един от изследваните експлозиви, се поставя термо-двойката T_1 Проводниците се прокарват през във веществото. Термодвойката T_2 се поставя по същия начин във втората стъклена тръба с еталонното вещество. Термодвойката T_3 определяща температурата в камерата се прикрепва, например с проводник към външната стена на втората стъклена тръба с еталонното вещество. Двете стъклени тръби с поставените термодвойки, следва да бъдат на 10cm и повече една от друга. Термодвойките се свързват към системата за записване на температурата, която се включва. След като изпитваният образец от експлозива и еталонното вещество са достигнали 75±2 °C,

се определя налягането и изпитването продължава до 48±1h, като се следи за следните явления:
а) взривяване или пламък.
б) освобождаване на газ и разрушаване на разрушаващия се диск или увеличаване на налягането над 60 kPa
б) освобождаване на газ и разрушаване на разрушаващия се диск или увеличаване на налягането над 60 kPa.
в) самонагряване на изпитваното вещество, с разлика в температурата над 3 ^{o}C в сравнение с еталонното вещество.

Ако се получи едно от посочените явления, изпитването се прекратява. Нагревателното устройство се изключва и след като се охлади се изучава съдържанието на изпитвания образец и устройството.

Ако няма на лице никоя от горните реакции, изпитването продължава до 48-мия h, след което камерата се изключва и след нейното охлаждане пробата от експлозива се изважда и се претегля, за да се установи получила ли се е някаква загуба на тегло Ако при изпитването липсва реакция се определя, че експлозивът е устойчив на топлина и се записва като резултат "липса на реакция". В". В противен случай се



Фиг. 2 Схема на блока на изпитвателно устройство за определяне на топлинната устойчивост на експлозивите:
1-нагревателна камера; 2-проводници на термодвойки T_1 и T_2;
3-проводници до термодвойка T_3; 4-затварящи устройства;
5-стъклени тръби; 6-термодвойка T_1; 7-термодвойка T_2;
8-термодвойка T_3; 9-изпитван образец от веществото с обем 100 ml;
10–еталонно вещество с обем 100 ml.

3.Резултати от извършените изследвания

На всеки от петте експлозиви са изследвани по три броя проби по описаната методика. На таблица 2 са дадени получените обобщени резултати.

От извършените изследвания се установи, че и трите марки прахообразни амониево-селитрени експлозиви, както и емулсионния експлозив Елацит 710 и грубодисперсния нафтоселитрен експлозив АНФО Л издържат на теста за топлинна устойчивост. По време на изследванията се установи, че след престой на пробите от 48h в камера при температура 75±2°C
липсват посочените в изискванията явления , а именно:
-липса на взривяване или поява на някакъв пламък;
-липсва освобождаване на газ или увеличаване на налягането в стъкления цилиндър, като няма на лице разрушаване на системата;
-не се наблюдава самонагряване на изпитваните вещества с разлика в температурата на над 3°C.

Установи се,че пробите губят маса след престой в камерата от 48 h от 0,02 до 0,10g, което е незначително.

След изпитването всички проби се подложиха на външен оглед , при което се установи следното:

а) прахообразните експлозиви Амонит 6, Амонит 6 ЖВ и Лазарит са спечени. Това се дължи на значителните количества прахообразен амониев нитрат в тези експлозиви. Амониевият нитрат има няколко кристални модификации, които са стабилни при определени температурни граници. При нагряване амониевият нитрат преминава от една в друга модификации , което е съпроводено с изменение формата на кристалите и вследствие на това изменение на плътността им. Стабилни модификации се наблюдават при температурен интервал от минус 16 до 32,3 ^{o} C, както и от 32,3 до 85,1 ^{o}C. Преминаването във втория температурен интервал по време на изпитването води до съответната прекристализация. Това явление се наблюдава и при марка Лазарит въпреки съдържанието на определено количество дървесно брашно.

б) при експлозива с марка Елацит 710 се установи отделяне на 5-6 капки водно-маслообразна течност на повърхността на пробата след изпитването. След темпериране до стайна температура отделената течност изцяло се акумулира от пробата, която придоби първоначалния си вид.

в) при нафтоселитрения експлозив с марка АНФО Л не се установи никакво отклонение във външния вид след изпитването на пробите. Не се наблюдава никакво спичане на смесите, като отделните зърна остават сипкави и без изменения.

Таблица 2

Топлинна устойчивост на прахообразни, емулсионни и нафтоселитрени експлозиви при температура 75±2°C

	Видове предохранителни експлозиви	Брой проби	Среден обем на пробите,ml	Средно тегло,g		Насипна плътност,g/ cm^3	Реакция	Загуба на маса, g
				преди	след			
1.	Амонит 6	3	100	77,19	77,17	77,19	Липсва	-0,02
2.	Амонит 6 ЖВ	3	100	80,05	80,01	80,05	Липсва	-0,04
3.	Лазарит	3	100	79,60	79,57	79,60	Липсва	-0,03
4.	Елацит 710	3	100	120,57	120,47	120,57	Липсва	-0,10
5.	АНФО Л	3	100	95,10	95,08	95,10	Липсва	-0,02

4.Основни изводи

От извършените изследвания могат да се направят следните основни изводи:

1.Съгласно изискванията на Европейския съюз експлозивите за граждански цели трябва да издържат на температура 75±2 °C в продължение на 48 h без появата на каквато и да е било реакция (взрив или пламък, самонагряване, отделяне на газове и увеличаване на налягането и др.) Това изискване е дадено в новия стандарт БДС EN 13631-2.

2.Температурната устойчивост на експлозивите съгласно изискванията на стандарт БДС EN 13857 – 3 следва задължително да се предоставят от производителите на потребителите на експлозиви, като се посочва температурния интервал, в който може да се използва съответния експлозив, както и максималната температура , при която същият може да се използва в продължение на определени часове. С посочените данни за топлинна устойчивост следва да се гарантира безопасна и безаварийна работа с допуснатите до употреба експлозиви.

3. Прахообразните амониево-селитрени експлозиви сенсибилизирани с тринитротолуол допуснати до употреба у нас са с марки Амонит 6, Амонит 6 ЖВ, Лазарит . Емулсионния експлозив с марка Елацит 710 представлява водно-маслена емулсия на амониевата селитра сенсибилизиран с микробалони, аератори и смоли, а нафтоселитрения експлозив с марка АНФО Л представлява смес от различни видове гранулиран и кристален амониев нитрат и дизелово гориво. Съгласно техническите спесификации за производство те се допускат за работа при температурен интервал от плюс 50 до минус 35 °C . Този температурен интервал не отговаря на новите изисквания на ЕС за топлинна устойчивост.

4. От извършените изпитвания се установи, че допуснатите до употреба прахообразни амониево-селитрени експлозиви с марки Амонит 6, Амонит 6 ЖВ и Лазарит, емулсионен експлозив с марка Елацит 710 и нафтоселитрен експлозив с марка АНФО Л от клас втори за подземни и открити взривни работи издържат на изискването за топлинна устойчивост, като след престояване при 75±2 °C в продължение на 48 h, липсва каквато и да е било реакция по изискванията на ЕС. Установи се минимална загуба на маса от 0,02 до 0,10g. Изпитваните прахообразни амонити се спичат, което се дължи на свойствата на амониевия нитрат. При емулсионния експлозив се получава отделяне на капки водно-маслена емулсия, които след темпериране се акумулират в сместта. Нафтоселитрения експлозив с марка АНФО Л остава без каквито и да е изменения.

5.Въз основа на получените резултати от извършените изследвания, компетентните оторизирани органи в страната следва да изискат коригиране на действащите стандарти и технически спесификации за производство на експлозивите от II-ри клас, в частта им за температурния интервал, който следва да отговаря на изискванията на БДС EN 13631-2 за топлинната им устойчивост при температура 75±2 °C в продължение на 48 h.

6.Потребителите следва да изискват задължително вписване на топлинната устойчивост на експлозивите от II-ри клас, като задължителна информацията подавана от производителите.

Литература

БДС EN 13631-2 Експлозиви за граждански цели. Определяне на топлинната устойчивост на експлозивите

БДС EN 13857 – 3 2002 Експлозиви за граждански цели – част 3: Информация, която трябва да се представи на потребителя от производителя или от негов упълномощен представител.

Европейска Директива 93/15 ЕЕС от 15 април 1993г. за хармонизиране на изискванията за продажба и контрол на експлозивите за граждански цели

Камбурова Г. 2008 Изследване топлинната устойчивост на предохранителните експлозиви, *Годишник на МГУ*, „Св. Ив.Рилски", т. 51

Камбурова Г. Изследване топлинната устойчивост на грубодисперсните амониево-селитрени експлозиви експлозиви, *сп. „Експлозив",* бр. 6, С 2008.

Камбурова Г., Изследване на топлинната и устойчивост на емулсионни и водонапълнени експлозиви, *сп. Експлозив*, бр. 7 С. 2008

Камбурова Г. 2007 *Взривни явления и експлозиви*, *изд. къща МГУ „Св.И.Рилски*",С

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

ГОДИШНИК НА МИННО-ГЕОЛОЖКИЯ УНИВЕРСИТЕТ "СВ. ИВАН РИЛСКИ", Том 52, Св. II, Добив и преработка на минерални суровини, 2009
ANNUAL OF THE UNIVERSITY OF MINING AND GEOLOGY "ST. IVAN RILSKI", Vol. 52, Part II, Mining and Mineral processing, 2009

ПРИЛОЖНА ПРОЦЕДУРА ЗА ОЦЕНКА НИВОТО НА РИСКА ПРИ КОНКРЕТНО ВЗРИВЯВАНЕ В КОНКРЕТНИ УСЛОВИЯ

Христо Стоев

Минно-Геоложки университет „Св. Иван Рилски", 1700, София

РЕЗЮМЕ. Разширеният обхват на приложимост, както и съвременните европейски изисквания към взривните процеси налагат за всяко конкретно взривяване в конкретни условия да се правят анализ и оценка на риска. Представена е графично и теоритично процедура за анализ и оценка на риска в шест стъпки. Идентифицирани са опасности, опасни ситуации и опасни събития, определящи четири броя нива на риск, представени като „дефекти".В заключение е посочена необходимостта от присъствието под определена форма на „Оценка на риска" в проектната документация.

AN APPLIED PROCEDURE FOR VALUATION LEVEL OF RISK BY PARTICULAR BLASTING IN SPECIFIC CONDITIONS

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

ABSTRACT. Extend the applicability and current European requirements for explosive processes required for any particular blasting in specific conditions to make analysis and risk assessment. The procedure that consists of analysis and risk assessments is presented graphically and theoretically on six steps. Hazards are identified, dangerous situations and hazardous events, determining the number of four levels of risk, presented as "defects". In conclusion, it is referred to the necessity of the presence under the form of "risk assessment" in the documentation.

I. Въведение

Практико - приложен аспект на общата концепция при създаване на научно обоснована система за оценка на общия риск при взривни работи за граждански цели изисква и оценка на нивото на риска при взривяване в конкретни условия с последващи мероприятия за ограничаването му.

В настоящата публикация се разглежда и анализира конкретно неелектрична технология на откриторуднично взривяване, като се използва реален проект, в неговия практико-приложен аспект. Целта е да се обхванат всички възможни причинители на опасности, опасни ситуации и опасни събития, определящи и охарактеризиращи степента на общия риск при практическото изпълнение на взривяването.

Приет е регламент, че изпълнението на взривяването е базирано на употребата на експлозивни материали, теоретично отговарящи на всички нормативни изисквания и на стриктно спазване и съобразяване с технологичните условия заложени в проекта и с всички регламентирани, нормативни изисквания за безопасност на работа.

В процедурата са разработени елементи за анализ на риска с цел изследване на безопасността и надеждността на взривния процес в открити руднични условия, като се определя опасността и оценката на риск, свързани с реалното прилагане на цялостната взривна система.

Процедурата за анализ на риска е взаимствана от съвременните електронни взривни системи, като включва разглеждането едновременно на изпитвателни и оценителни методи, които са приложими за дадена специфична система. Определят се също така и нивата за допустимост на общия риск.

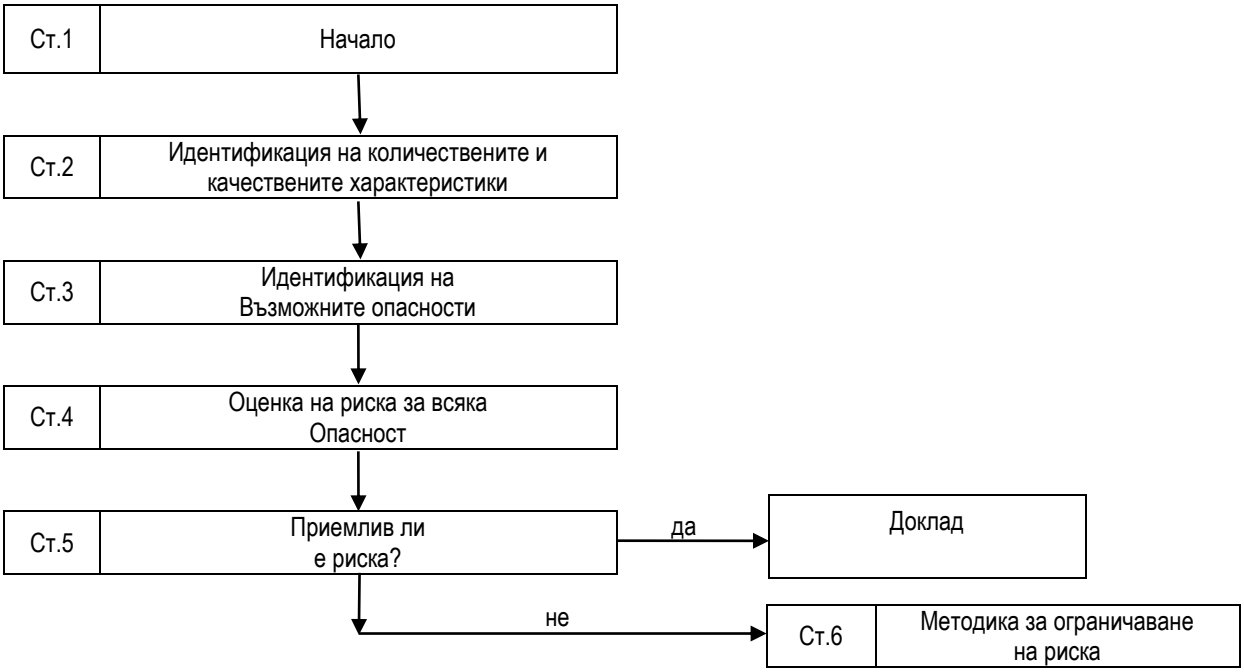
II. Последователност по процедурата за анализ и оценка на риска

Последователността по тази процедура се илюстрира и е представена в приложната блок схема (Фигура 1).

1. Стъпка първа /ст.1/ - Начало

Тази структура на процедурата за анализ на риска се избира по следните основни причини:

- Резултатите от извършването на взривните работи са силно и неразривно свързани с предварителния, комплексен замисъл за цялостното реализиране на взривния процес, включващ безопасността на човешкия живот и здраве, екология на околната среда и социален статус на изпълнителите и в близост намиращото се население.



Фиг. 1 Блок схема

- Безопасността и надеждността на взривяванията с граждански характер, зависят от няколко взаимно влияещи се фактора, които затрудняват оценката на риска.

Тук се разглеждат приложимите фактори за риска от гледна точка на: „свойства и качества на експлозивните материали"; „минно-технологични условия"; „конструктивни решения за структура на заряда" и всички въпроси по правилното и синхронно функциониране на отделните съставни елементи от системата.

Целите на оценъчната процедура трябва да бъдат валидни за различните видове технологично и организационно осигуряване, конструктивни решения и специфични особености, използвани в конкретното взривяване.

2. Стъпка втора /ст.2./- Идентификация на качествените и количествените характеристики, отнасящи се до безопасното и надеждно функциониране на взривната система като цяло.

Информацията по тази стъпка трябва да включва:

- Пълно професионално познаване на свойствата и качествата на конкретно използваните експлозиви, средства за взривяване и други елементи от използваната взривна техника.

- Конкретна информация от производителя на експлозиви и средства за взривяване, предвидени за конкретното взривяване.

- Минно-технологична информация, относно характера на цялостната и в детайли технология на конкретното взривяване.

- Пълна и актуална информация за конструктивните решения на прилаганите експлозивни заряди, с всички техни недостатъци и преимущества, а също така и взаимно компенсиращи и допълващи се конструктивни качества.

3. Стъпка трета /ст.3./ - Идентификация на опасностите

- По стъпка трета се съставя изчерпателен списък на потенциалните опасни ситуации и събития, свързани с цялостната реализация на взривяването в нормални условия, екстремно-изненадващи и в условия на грешка.

- В тази стъпка в хронологичен порядък се представят дейности, зависими и влияещи върху общия риск.

- Проектиране на дейността по взривното въздействие, въз основа на нормативна база, която предвижда възможните рискове и предоставя възможност за тяхното елиминиране.

- Отстраняване и корекция на предвидени и анализирани рискове във фазата на проектирането, посредством разработения модел за оптимизиране на общия риск.

За конкретния обект на взривяване, тази хронология в практико-приложен аспект е следната:

3.1 <u>Основна идентификационна информация за обекта:</u>

- Открит обект; работно стъпало с височина 20м; категория пробиваемост – I, II; f на материала – 18,19; метод – сондажно изпълнение; емулсионен експлозив; Nonel – детонатори; междинни детонатори ЛБ-02-450; повърхностни конектори – SL-25; SL-67.

3.2 <u>Обектово - полеви анализ, непосредствено преди взривяването.</u>

Въз основа на него, вниманието се насочва и акцентира върху идентификация на потенциалните опасности, които биха възникнали, както в нормален оперативен порядък,

така също спонтанно и динамично при извършване на взривните работи.

- Свойства и качества на използваните експлозиви при взривяване.

Всякакви отклонения, различни от допустимите, посочени в нормативните документи, серията стандарти CEN 13630 и CEN 13631, биха предизвикали нарушаване или опорочаване на първоначалния, принципен замисъл за комплексния ефект от взривяването.

- Производствени операции, обуславящи минно, технико-технологичния и организационен характер на взривния процес. Конструкция и структура на сондажните заряди.

- Рискови фактори с възможни изненади по време на сигнализация и евакуация.
- Рискови фактори с възможни изненади при транспортно доставни и разтоварни работи.
- Рискови фактори от минно и технологичен характер.
- Рискови фактори предопределени от конструктивните решения за структурата на използваните заряди.
- Рискови фактори с възможни изненади, непосредствено след извършеното взривяване.

- Непредвидени негативни последици относно здраве и живот на преки и косвени участници във взривния процес.

- Непредвидени последици, относно въздействието на извършеното взривяване върху екологията на заобикалящата среда.

4. Стъпка четвърта /ст.4./ - Оценка нивото на риска

За всяка от възможните опасности, идентифицирани по стъпка три, се анализира и оценява риска в нормални, екстремни и в условия на грешка, при използване на наличната информация. Опасностите се систематизират като **критичен дефект**, **значителен дефект**, **незначителен дефект** и **катастрофален дефект**. На следващите таблици са дадени примерни опасности, съответно за **критичен**, **значителен**, **незначителен** и **катастрофален** дефекти.

В **Таблица 1** посочените опасности, опасни ситуации и опасни събития се явяват индивидуални опасности. В някои случаи са необходими най-малко две, за да се причини **Критичен дефект,** а при други случаи, където се формират няколко на брой изразени такива опасности се причинява – **Катастрофален дефект.**

Таблица 1.

№	Опасности, опасни ситуации и опасни събития
1.	**Непредвидени, недопустими отклонения от нормативните изисквания за свойства и качества на експлозиви и средства на взривяване.** **1.1 Недопустима чувствителност към механично въздействие.** **1.2 Опасно реагиране при внезапни, природно-климатични натоварвания.** **1.3 Неадекватно сработване след излъчен инициращ импулс.** **1.4 Нарушена предавателна способност на експлозивни елементи от взривната мрежа.**
2.	**Непредвидени и недопустими пропуски и слабости от минно-технологичен и организационен характер.** **Отказ на сигнална техника при евакуиране.** **Неподходящ и опасен начин на главно (основно) инициране.** **Неспазен технологичен ред от операции.** **Авария в транспортно-заряднaта машина.** • **в нормални условия** • **в условия на природни изненади (буря, мъгла, гръмотевици)** **Липса на конкретен инструктаж за безопасност и организация.** **Липса на нормални условия за проветряване.**
3.	**Недопустими решения за конструкция и структура на зарядите.** **a. Брой инициатори на основния заряд** **b. Разположение на инициаторите в основния заряд** **c. Времезакъснение на инициаторите в основния заряд** **d. Недопустими промени в състоянието и геометрията на зарядното сондажно пространство, непостредствено преди зареждането.**

В **Таблица 2** посочените опасности, опасни ситуации и опасни събития, могат да станат причина за възникване на критична ситуация – **Значителен дефект.**

Таблица 2.

№	Опасности, опасни ситуации и опасни събития
1.	**Частични отклонения от нормативните изисквания за свойства и качества на експлозиви и средства на взривяване.** **1.1 Завишена чувствителност към механично въздействие.** **1.2 Очаквана реакция при внезапни, природно-климатични натоварвания.** **1.3 Неоптимално сработване след излъчен инициращ импулс.** **1.4 Частично занижена предавателна способност на експлозивни елементи от взривната мрежа.**
2.	**Пропуски и слабости от минно-технологичен и организационен характер.** **2.1 Частично нарушена изправност на евакуационно-сигнална техника.** **2.2 Неоптимално избран вариант за начин на главно (основно) инициране.** **2.3 Съкратен технологичен ред от операции.** **2.4 Слабост в изправността на отделни работни елементи от транспортно-зарядната машина - в нормални условия.** **2.5 Непълен конкретен инструктаж за безопасност и организация.** **2.6 Несъобразени моментни условия за проветряване.**
3.	**Слабости в конструкцията на зарядите.** **3.1 Разположение на инициаторите в основния заряд** **3.2 Времезакъснение на инициаторите в основния заряд** **3.3 Несъобразени промени в състоянието на зарядното пространство, непосредствено преди зареждането.**

В **Таблица 3** посочените опасности, опасни ситуации и опасни събития, могат да станат причина за непрецизно цялостно функциониране на взривния процес, т.е. да се формира **Незначителен дефект.**

Таблица 3.

№	Опасности, опасни ситуации и опасни събития
1.	**Незначителни отклонения от нормативните изисквания за свойства и качества на експлозиви и средства на взривяване.** **Отсъствие на негативни последици върху здраве, живот, технологичен замисъл, социален статус, но с частично влияние върху екологията на околната среда.**
2.	**Слабости от организационен характер.** **Отсъствие на пропуски и слабости от минно-технологичен характер.** **Допуснатите слабости от организационен характер предизвикват частични негативни последици от социален характер.**
3.	**Слабости в конструкцията на зарядите.** **Несъобразени времеви стъпки в общото времезакъснение на основния заряд, предизвикващо смущение в резултатите касаещи общия „комфорт" по време на работния процес.**

За така посочените в **Таблици 1, 2, 3** опасности и опасни ситуации е разработена подходяща за целта шифърна индикация.

5. Стъпка пет /ст.5/ - Приемливост на риска

При тази стъпка от процедурата се оценява дали нивото на риска за дадена опасна ситуация при конкретните условия е приемлив или неприемлив. Ако той надхвърля нивата за дадена приемливост, определени чрез прилагане на подходящи експертни оценки или нормативи се преминава към **стъпка шест** /ст.6/, а именно ефективно използване на мероприятия и действия от **методика за намаляване и ограничаване на общия риск** при извършване на взривни работи за граждански цели.

III. Оценката на риска – неразделна част към нормативните изисквания за безопасност при работа

Оценката на риска е необходимо да се организира като неразделна част към „Раздела – безопасност" при проекти и паспорти при взривни работи за граждански цели. Това е наложително, тъй като оценката нивото на риска е основен мотив за разработване на конкретна методика, включваща мероприятия и действия за ограничаване или ликвидиране

на евентуалните негативни последствия по време и след взривяване. По този начин, нормативната база, относно безопасността при взривни работи се допълва с незасегнати в нея въпроси и проблеми, касаещи анализ, оценка и управление на риска.

Литература

БДС EN 13763-26 Експлозиви за граждански цели. Определения, Методи, и изисквания за приспособления и принадлежности за надеждната и безопасна работа на детонатори и релета.

БДС EN 13763-1 Експлозиви за граждански цели. Детонатори и релета – Изисквания.

Безопастност и здраве при работа. 1998. Проект PHARE BG 9301/03/02, ECSC-EC-EAEC, Brussel – Luxembourg.

Камбурова, Г. 2007. Взривни явления и експлозиви.

Правилник по безопасността на труда при взривните работи. 1997. С., Техника.

Утвърден паспорт на ПВР в открит рудник – 2008 година.

Young, R., Douthat D., Baker R., 2007. Risk – Based Siting Process for Ordnance Removal Operations Utilizing Safety Assessment for Explosive Risk, NDIA Demilitarization Conference – Rena NV.

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

ГОДИШНИК НА МИННО-ГЕОЛОЖКИЯ УНИВЕРСИТЕТ "СВ. ИВАН РИЛСКИ", Том 52, Св. II, Добив и преработка на минерални суровини, 2009
ANNUAL OF THE UNIVERSITY OF MINING AND GEOLOGY "ST. IVAN RILSKI", Vol. 52, Part II, Mining and Mineral processing, 2009

POSSIBILITIES FOR GROUND AND SURFACE WATER POLLUTION FROM THE LEAD AND ZINC ORE PROCESSING IN THE ZLETOVO MINES

Orce Spasovski[1], Risto Dambov[1]

[1]Faculty of Mining, Geology and Polytechnic, "Goce Delcev" University,
Goce Delcev 89, MK-2000 Stip, Republic of Macedonia; orce.spasovski@ugd.edu.mk, risto.dambov@ugd.edu.mk

ABSTRACT: The Zletovo tailing dump formed to collect the tailings and other waste derived from the lead and zinc ore processing is situated close to the town of Probistip (Fig. 1). Its location and the direction of the tailings flow allow us to assume that ground and surface waters are polluted. The paper presents the results obtained from studies carried out on surface waters that receive the contaminated waters from the tailing dump.
The results obtained yielded increased concentrations of heavy metals such as lead, zinc, manganese, cadmium etc. in almost all samples particularly those collected in close proximity to the tailing dump.
Key words: Heavy metals, pollution, tailing dump, ore processing, MAC, the River Kiselicka, Zletovo, lead, zinc, manganese , cadmium.

ЗАМЪРСЯВАНЕ НА ПОЧВАТА И ВОДИТЕ ПРИ ОБОГАТЯВАНЕ НА ОЛОВНО- ЦИНКОВИ РУДИ В НАХОДИЩЕТО „ЗЛЕТОВО"

Орче Спасовски[1], Ристо Дамбов[1]
[1] Факултет по минно дело, геология и политехника, Университет „Гоце Делчев",
Гоце Делчев 89, МК-2000 Щип, Р.Македония; orce.spasovski@ugd.edu.mk, risto.dambov@ugd.edu.mk

РЕЗЮМЕ: Хвостохранилището в Злетово, предназначено за оловно- цинкови отпадъци, се намира близо да гр. Пробищип (фиг.1). Разположението му и потокът от отпадъци зъмърсяват почвата и водите в региона. Докладът съдържа данни за това замърсяване, свързано със съдържанието на олово, цинк, манган, кадмий и др. в почти всички взети проби в близост до хвостохранилището.
Ключови думи: Тежки метали, замърсяване, хвостохранилище, обогатяване, МАК, р. Киселика, Злетово, олово, цинк, манган, кадмий

INTRODUCTION

The intensive development of industry and the increased exploitation of mineral raw materials are the reasons for large pollution of ground and surface waters as well as the whole human environment. A number of reagents of various chemical composition and origin are used in the processing of lead and zinc ores. Most of the reagents are toxic and hazardous for the environment.

Fig. 1. Map of the survey area, SE Macedonia

The major source for ground and surface water pollution is the flotation waste material deriving from the flotation process discharged into the tailing dump (fig. 2).

Almost 90 per cent of the materials used in the technological enrichment process are discharged as effluent containing an average of 18 to 31 per cent solid phase.

The liquid phase is composed of highly mineralised waste water with increased concentrations of sulphates, heavy metals, phenols and other toxic materials.

The contents of waste materials depend on the kind, the amount of flotation reagents, the characteristics of the ore being processed and the enrichment process applied.

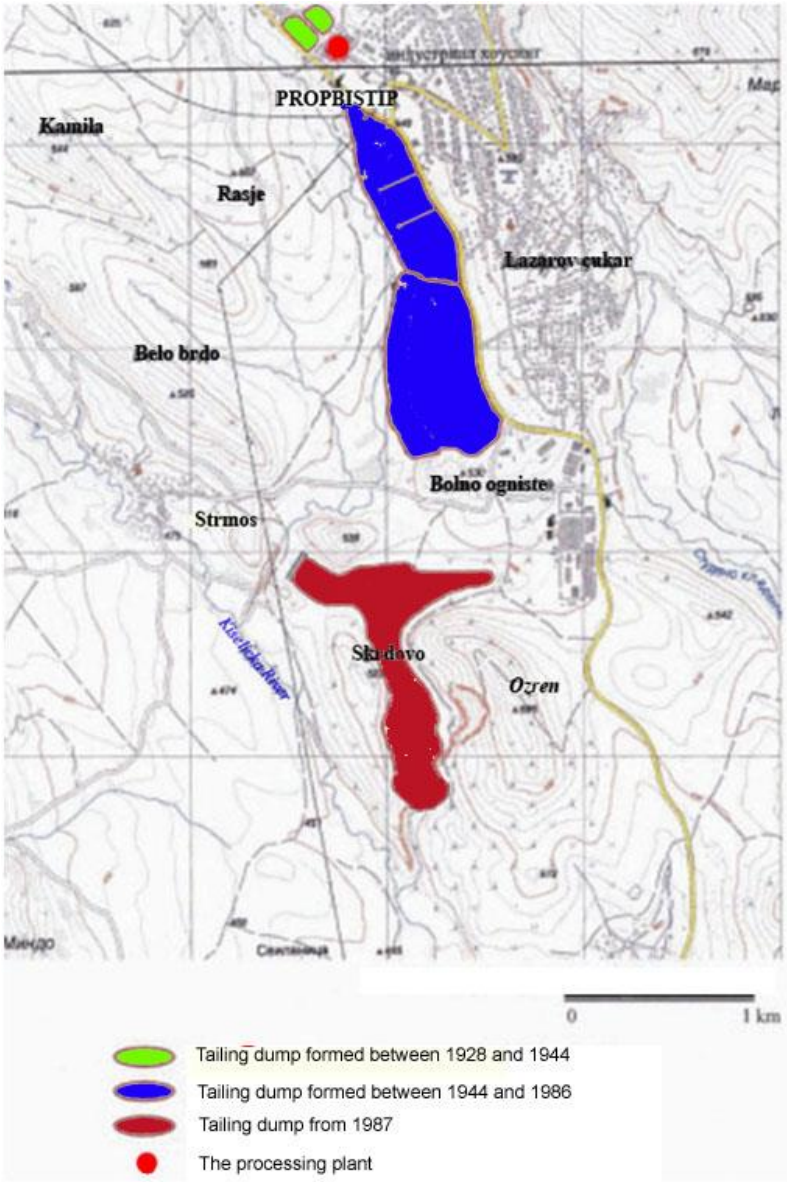


Fig. 2. Location of the old tailing dump and the new one called Skrdovo.

So far about 11.608.864 tons of flotation waste have been disposed of into the Zletovo tailing dump after the technological process. Now, the flotation tailing is discharged into the new Skrdovo tailing dump located in the River Kiselicka valley.

Preliminary investigation results of this type can be found in the publication from (Mircovski, Spasovski, at al. 2002[1];. Mircovski, Spasovski at al. 2004, [2]; Spasovski at al. 2007, [3]; Spasovski, Doneva, 2007, [4][5]).

Possibilities for ground water pollution

The most important environmental issue regarding storage of flotation waste in tailing dumps is the discharge of contaminated waters into ground and surface water courses. This issue is of particular importance with the Skrdovo tailing dump compared to the old tailing dumps that have been mostly restored nowadays. Impermeable surface layer has formed in some of the dumps that protects them from atmospheric water infiltration.

A small amount of water from the Skrdovo is sent back to the flotation plant by a pump facility, whereas the excess water is discharged into the nearest water course of the River Kiselicka.

In spite of all measures taken for control and improvement of water quality (decantation with several day settling), the water being discharged from the collector is contaminated. Part of drainage waters penetrate ground water courses causing aquifer pollution close to the tailing dump.

Ground water pollution is also caused by the Kiselicka surface waters since it is in direct hydraulic connection with the aquifers formed in the Topolka, Kiselica and Zletovska Rivers. Ground waters can also be contaminated from polluted surrounding land and waste dumps with dispersion of aggressive dust by wind currents. Rainfall seepage into such polluted land may become contaminated and cause ground water pollution.

Results obtained and discussion

In order to unravel the effects of tailing dumps on surface and ground water pollution with heavy and toxic metallic materials water samples were collected from the Skrdovo tailing dump, from the Kiselicka and from ground water wells beneath the tailing dump down stream the river bearing the same name. Studies were carried out in the Faculty of Mining, Geology and Polytechnic using the AES-ICP method. The results are given in Table 1.

Table 1. *Results obtained from water sample analyses with (mg/l).*

Sample	Pb	Zn	Cd	Mn	As	Ag	Cu
1	0.0011	0.062	0.002	0.011	0.006	0.005	0.006
2	0.0021	0.296	0.001	0.576	0.006	0.004	0.019
3	0.0146	3.167	0.027	30.89	0.042	0.008	0.078
4	0.191	0.835	0.015	3.78	0.048	0.02	0.061
5	0.0081	0.353	0.014	2.60	0.006	0.003	0.009
6	0.0088	0.215	0.002	0.569	0.034	0.006	0.004
Standard	0.03	0.2	0.01	1000	0.05	0.02	0.05

1. water from the Skrdovo tailing dump, 2. outflowing water from the tailing dump, 3 and 4. water from the Kiselicka, 5 and 6. water from wells.

Of particular interest are the high manganese concentrations in sample no. 3 (30.89 mg/l) collected from the River Kiselicka course close to the village of Neokazi. The reason for the high manganese concentrations in the river water is the tailing dump located close the river in which effluents are discharged after the operation process in the Zletovo Mine.

Increased zinc amounts were found in almost all samples, the highest being those collected from the River Kiselicka (3.176 mg/l). The increased concentrations are the result of waste water discharge from the operation process in the Zletovo lead and zinc processing in the mine and the proximity of the the tailing dump to the river.

Increased lead concentrations were found in samples 3 (0.146 mg/l) and 4 (0.191 mg/l).

It is obvious that increased lead concentrations appear in the same samples in which increased amounts of manganese and zinc were found. This justifies the concern for the increased effects of the tailing dump and the environmental pollution with metals derived from the operation of the Zletovo Mine.

Increased concentrations of copper were found only in the samples collected from the River Kiselicka. Copper concentrations in the samples collected from the river course are due to the presence of copper minerals (chalcopyrite) which is a common accompanying mineral to the lead-zinc mineralisation.

Special attention should be paid to cadmium, arsenic and silver concentrations.

In three samples cadmium was found in markedly increased concentrations relative to MAC. Increased cadmium concentrations were found in the river and in one sample collected from a well water close to the river. Increased cadmium concentrations were found in areas that have been polluted from zinc and lead .....

Only in two samples arsenic concentrations are close to MAC, but they are lower. Arsenic occurs due to the arsenopyrite which occurs as an accompanying mineral to lead - zinc mineralization in the Zletovo Mine.

Silver was found in all samples. Its concentrations are either close or lower than MAC.

CONCLUSION

From the results obtained it can be inferred that surface and ground waters contain increased concentrations of a number of elements regarding III and IV class water standards (Table 1). Samples collected from surface waters, where the tailing dump has large and ground water pollution systematic analyses will be needed.

REFERENCES

[1] **Mircovski, V., Spasovski, O., at al.** 2002. Hydrogeological characteristics of the alluvial sediments of the river Bregalnica at the Fortuna locality water supply, Stip. XVII Congres of Carpatian – Balcan Geological Asociation Bratislava.

[2] **Mircovski, V., Spasovski, O., at al.** 2004: The disaster at the tailing pond of the Sasa lead and zinc mine and contamination of surface and underground waters. 5th International Symposium on Eastern Mediteranean Geology Thesaloniki, Greece, pp 1005-1007.

[3] **Spasovski, O., Dambov, R., Nikolova, M., Karanakova, R.,** 2007**:** Mine waters ot the Buchim deposit and the effect on the human environment. 2nd Balkan mining congress, Belgrade, Serbia.

[4] **Spasovski, O., Doneva, B.,** 2007: Heavy metals in the water of the river Zletovska and the vicinity. 2nd Balkan mining congress, Belgrade, Serbia.

[5] **Spasovski, O., Doneva, B.,** 2007: Heavy metals in sediments and soills along the river Bregalnica in the part of hydroacumulation Kalimanci to Kocani. Geologica Macedonica, pp 75-86.

Recommended for publication
of Editorial board

ГОДИШНИК НА МИННО-ГЕОЛОЖКИЯ УНИВЕРСИТЕТ "СВ. ИВАН РИЛСКИ", Том 52, Св. II, Добив и преработка на минерални суровини, 2009
ANNUAL OF THE UNIVERSITY OF MINING AND GEOLOGY "ST. IVAN RILSKI", Vol. 52, Part II, Mining and Mineral processing, 2009

МЕРКИ ЗА БОРБА С КОРОЗИЯТА НА СТОМАНЕНИ ВЪЖЕТА, ИЗПОЛЗВАНИ В МИННО-ДОБИВНАТА ДЕЙНОСТ

Петя Генчева[1], Маринела Панайотова[2]

Минно-геоложки университет „Св. Ив. Рилски", София 1700, Студентки град, e-mail: p.gench@gmail.com

РЕЗЮМЕ. Изследвана е корозия на стоманените въжета, използвани в подемните и транспортни съоръжения на минно-добивната дейност. Определени са основните корозионно-действащи агенти в рудничните води и рудничния въздух, контактуващи със стоманените въжета. На базата на инспекцията на въжетата в рудника, данните от лабораторните изпитания, XPS анализите на образците от въжетата, и данните за параметрите на корозионната среда може да се приеме, че преобладава обща корозия (съгласно типа на разрушение) и електрохимична корозия с кислородна деполяризация (съгласно механизма на корозия). Предложени са мерки за борба с корозията на рудничните въжета, съобразени с условията на експлоатацията им. Особено внимание е обърнато на начините и средствата за мониторинг на състоянието на въжетата и на средствата за защитата им. Получените резултати и предоставената научно-приложна информация ще подпомогнат борбата с преждевременното излизане от експлоатация на стоманените въжета, използвани в подемните и транспортни съоръжения на минно-добивната дейност и ще допринесат за повишаване на безопасността на работниците и намаляване на престоите – съответно на финансовите загуби, поради ремонти.

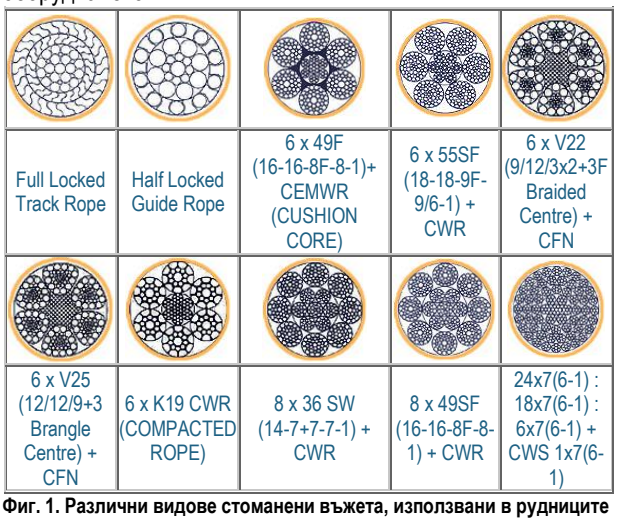
MEASURES TO COUNTERACT CORROSION OF WIRE ROPES USED IN A LEAD-ZINC MINE

Petya Gentcheva[1], Marinela Panayotova[2]
University of Mining and Geology, Sofia 1700, Student Town, Bulgaria, e-mail: p.gench@gmail.com

ABSTRACT. Corrosion of steel ropes used for haulage, track and hoisting purposes for transportation of men and materials in mines has been studied. Main corrosion agents in mine air and water (that contact with the steel ropes) have been determined. Based on the ropes' inspection, data from laboratory tests, XPS analyses of samples of ropes and data on the parameters of the corrosion media, it can be stated that general corrosion is the main corrosion type and the corrosion proceeds through electrochemical mechanism with oxygen depolarization. Some potential anticorrosion measures relevant to the working conditions are proposed. Particular attention is paid to means for ropes' monitoring and corrosion prevention measures. Results obtained and the information derived will assist to the fight against premature failure of steel ropes used for haulage, transportation, track and hoisting purposes in mines and will contribute to increase the safety of miners and decrease the unexpected interruptions in mining, consequently – to decrease financial costs of reparations and maintenance.

Въведение

Стоманените въжета се използват широко в подемните и транспортни съоръжения в рудниците.
Разрушаването на въжетата може да доведе до загуби на скъпи съоръжения и дори – на човешки живот. Стоманените въжета, които са хетерогенни, са подложени на тежки условия на експлоатация и тяхната издръжливост варира в зависимост от различните условия на работа и параметрите на околната среда. Въжетата са подложени на деградационни процеси, като корозия, износване, абразия, които водят до разкъсване на някоя от стоманените нишки и от там – до разрушаване на въжето (Singh and Ghara, 2000). В зависимост от специфичните задачи, които трябва да изпълняват, се използват въжета с различни размери и тип на конструкцията, които са специално конструирани да издържат на натоварване, износване, огъване, вибрации (фиг. 1). Една от най-честите причини за разрушаване и преждевременно излизане от строя на стоманените въжета в рудниците е корозионната умора (Singh et al., 2007). Независимо от съвременните технически постижения, корозията остава основен проблем, който засяга всички навиващи се стоманени въжета в промишлеността (Bill Bischoff & R.D. Barter, 1989). Въпреки че корозията представлява сериозен проблем за минната промишленост, представителите на този отрасъл не му обръщат достатъчно внимание. В случите, когато се констатира проблем, минните инженери се уповават прекалено много на опита от миналото и на експертните знания на доставчиците на материалите и оборудването.



Фиг. 1. Различни видове стоманени въжета, използвани в рудниците

Основните типове корозия, на които са подложени въжетата в рудниците, в зависимост от условията на

експлоатация са дефинирани в работа (Kwasniewski and Szuro, 2004), като особено внимание е обърнато на фретинг-корозията. Корозията на стоманените въжета в подемните съоръжения се дефинира като един от основните проблеми в литературата, касаеща корозията в рудниците. Въжетата са подложени едновременно на корозия и абразия, което е причина за влошаване на механичните им показатели и по този начин води до намаляване на носещата им способност и може да доведе до аварии. Статистическо изследване и показало, че 66 % от стоманените въжета губят основната част от якостните си свойства в резултат на контакта със средата в шахтите по време на работата си (Jentgen et al., 1984,). Затова Администрацията по минна безопасност и здравословни условия на труд на САЩ (Mine Safety and Health Administration - MSHA) изисква непрекъсната визуална инспекция на въжетата, които са в експлоатация, като се следи за поява на корозия, структурни дефекти и неподходящо смазване (Mine Safety and Health Administration, 2000). MSHA изисква също провеждане на не разрушаващо тестване на всеки 6 месеца.

Стоманеното въже се състои от значителен брой едновременно работещи жици и след скъсването на една от тях останалите поемат нейното натоварване. Устойчивостта на стрес на различните жици е различна. Затова критерият за износване на въжето, който се основава на броят на работните цикли на въжето, не е приемлив, въпреки, че доста страни имат в законодателството си клауза, според която въжетата се сменят след определен брой цикли на работа. Дори При практически еднакви статични и динамични условия на натоварване, известно различие в условията на работа при изработването на въжетата, различията в температурата, влажността, състава на водата, с която контактуват въжетата водят до различие в корозионната им устойчивост, дори когато става въпрос за въжета от една и съща инсталация (Singh and Ghara 2000). Присъствието на различни микроорганизми също води до различия в корозионното поведение (Metals Handbook, 1987).

Да се предвиди развитието на корозионните процеси на въжетата в рудниците е голямо предизвикателство дори за инженерите - специалисти по корозия, защото съставът на атмосферата в мините и на рудничните води в различните рудници е различен. В резултат - в различните рудници се проявяват различни проблеми.

Стоманените въжета са широко използвани в подемните и транспортни съоръжения на минно-добивната дейност и в България. Често тези въжета излизат от експлоатация преждевременно, което води до значителни икономически загуби, свързани с непланирани престои и ремонти. Нарушенията в експлоатационните характеристики на стоманените въжета са рискови и от гледна точка на безопасността на работещите и околната среда. Като основни причини за експлоатационното стареене на стоманени въжета в руднични условия са изучавани основно начина на водене на подемните съдове, типът на окачване, начинът на предаване на двигателната сила, скоростта на придвижване на повдигателните съоръжения и т. н. (Йочев, 2002; Йочев и Янева, 2006), но влиянието на корозията почти не се отчита. Очаква се задълбочаване на проблема, поради недостатъчните или липсващи превантивни мерки за борба с корозията.

В частност, стоманените въжета в рудник „Димов дол" – гр. Рудозем, които са от поцинкована въглеродна стомана, се сменят на всеки 6 месеца. Достига се до скорост на износване 1,20 -1,65 mm/Y, при нормална скорост на корозия за типа стомана, от който са направени въжетата от порядъка 0,1-0,3 mm/Y и 0,3-0,4 mm/Y – при комбинирано действие на корозията и на триенето (Йочев и Янева 2006,). Значителната височина на подем, трудното изравняване на силите на опън в главните въжета, високата скорост на извоз на товар са разгледани като основни причини за бързото износване на въжетата (Йочев и Янева, 2006). Възможното значително влияние на корозионните процеси върху разрушаването на стоманените въжета не е изследвано отделно.

В тази статия са предложени мерки за намаляване на корозионните разрушения и предотвратяване на отрицателните последици от корозията.

Експериментална част

На основата на направените анализи и изследвания в предишна наша работа (Panayotova et al, 2009), ние можем да обобщим основните фактори, който оказват негативно влияние върху корозионната устойчивост на стоманените въжета. Основни корозионно-действащи фактори са високата влажност на рудничния въздух и наличието в него на серосъдържащи газове (SO_2 и H_2S), които играят ролята на допълнителен на кислорода катоден деполяризатор (H_2S) или с влагата от въздуха създават кисела електролитна среда (SO_2). Потвърждение за това твърдение се получи от XPS анализа, който показа наличието на сяра на повърхността на корозиралото въже.

Периодичното омокряне на въжетата от руднични води (които ги пръскат или директно се стичат по тях в шахтите) е допълнителен фактор, който значително ускорява корозионните процеси, тъй като улеснява реакцията на редукция на кислорода от въздуха, която е основната протичаща катодна деполяризираща реакция в тези условия. В допълнение, периодичното изсушаване на повърхността създава условия за формиране на железни хидроксиди, съдържащи Fe^{3+}, които са ефективен катоден стимулатор на корозията. Това твърдение се потвърди от XPS изследванията, които показаха наличието на FeOOH на повърхността на корозиралото стоманено въже. XPS анализът установи и наличие на FeO на повърхността на корозиралото стоманено въже.

На базата на наблюденията и разговорите с компетентните специалисти, може да се каже, че основните параметрите на експлоатация, ускоряващи корозията на стоманените въжета в рудника са несъвършена конструкция на окачващите устройства при значителна височина на подем, неравномерно разпределение на силите на опън на главните въжета, недостатъчното смазване и не винаги прилагане на най-подходящата смазка. Към тези твърдения може да се добави, че използването на поцинковани въжета, при наличие на

триене и на SO_2 в атмосферата не води до очакваното забавяне на корозията (вследствие на протекторните свойства на цинка спрямо стоманата в незамърсена атмосфера), поради по-интензивната корозия на цинка (в сравнение със случая на атмосфера без SO_2 и експлоатация без триене).

Анализът на рудничните води, които пръскат / обливат въжетата показа, че те съдържат в повишени концентрации SO_4^{2-}, които са ефективен аноден деполяризатор. Концентрациите на останалите йони с възможно корозионно действие (Cl^-, NO_2^-, NO_3^-, Cu^{2+}) и на разтворения CO_2 са ниски и те не могат да представляват основен корозионен фактор. Количеството на разтворения O_2 е достатъчно за осигуряване на безпрепятственото протичане на корозонния процес. Корозията се улеснява от високата електропроводимост на водите. Определените ΔpH стойности показват, че водата на практика се намира в калциево карбонатно равновесие и при контакт с нея не могат да се образуват защитни карбонатни корици върху металната повърхност.

Предлагани мерки за борба с корозията

На основата на световния опит при експлоатацията на стоманени въжета в руднични условия, се предлагат следните групи мерки за борба с корозията:

Подбор на подходящ материал

Това е най-общият начин за превенция на корозията. Изборът на материал, съобразен с конкретните условия на работа, намалява корозионните разрушения и удължава живота на оборудването. Въжетата в минната индустрия се изработват основно от въглеродна стомана. Поради склонността им корозия и износване, все по-широко в световен мащаб се използват въжета от неръждаема стомана и синтетични влакна.

Испекция и мониторинг

Необходимо е отговорно провеждане на инспекции за установяване на състоянието на въжетата. Основна цел на инспекцията е определянето на условията на работа и на параметрите на околната среда, които могат да нарушат нормалното използване на въжетата. По този начин се осигурява непрекъснатост на производствения процес и, което е по-важно, безопасни условия на труд. Процесите на деградация, идентифицирани по време на инспекциите, могат да помогнат да се определят факторите, които евентуално биха довели до разрушаване на въжето. Най-прилаганият метод е визуалната инспекция, при която експерти наблюдават повърхността и оценяват емпирично състоянието на въжето (Debasish Basak, 2006). Всички въжета в експлоатация трябва да се инспектират поне един път дневно, като се прави запис на наблюдаваното (www.bridon.com). При това трябва да се следи за големи повреди като: деформации на въжетата (от типа на образуване на възли, напукване, разсукване, разместване на основните снопчета, издутини), корозия, счупени или отрязани снопчета, нарушения в смазването. Визуалната инспекция изисква много опитни експерти, като даже и те не могат да преценят отначало съществуването на корозионни проблеми вътре във въжето, които са най-честата причина за разрушаването му (Debasish Basak, 2006). Реалното определяне на степента на деградация на въжето не може да бъде направено само на основата на визуалната инспекция.

Подмяната на въжетата, поради изминаването на определен период на експлоатацията им, може да доведе като резултат до преждевременното им изтегляне от екплоатация, и съответно до необосновани разходи, като основната причина е недостатъчното познаване на състоянието им. С помощта на неразрушаващи методи и техники е възможно точното диагностициране на състоянието на въжетата, като по този начин се създават условия за тяхната защита и удължаване на периода на експлоатацията им.

Не съществуват прецизни правила, които да изискват прекратяване на използването на въжето на основата на скъсаните жици в едно въже. Дали въжето ще продължи да се използва зависи от преценката на експерта. За добра практика се счита прекратяване на използването на въжето или провеждането на много чести и детайлни инспекции при повече от 6 скъсани жици в едно въже. Необходимо е да се обръща сериозно внимание на вдлъбнатинки в повърхността на въжето, тъй като те са индикация за проблеми (най-често корозионни) в сърцевината на въжето. Намалението на диаметъра на снопчето също е сигнал за опасност.

Откриването на наличие на всякакъв вид корозионно поражение, различно от равномерна корозия по повърхността, трябва да бъде знак за незабавно извеждане от експлоатация на въжето, тъй като поради наличието на корозионни процеси във вътрешността на въжето е невъзможно по-нататък да се предскаже времето му на живот (Dennis N. Poffenroth,1996).

Най-използваното оборудването за неразрушаващо изследване на стоманени въжета се основава на намагнетизиране на въжето с постоянни магнити и детекцията на промените в магнитното поле около въжето спрямо общия магнитен поток. Нарушенията в целостта на въжетата (скъсана жица) или наличието на локални форми на корозия води до възникването на радиални магнитни полета, които се регистрират от датчиците (Kazimierz Zawada, 1999). Наличието на обща корозия или разрушения вследствие на абразия във въжетата води до промяна в общия аксиален магнитен поток като абсолютна магнитуда на вариациите на първоначалното магнитно поле. Магнитните детектори могат да определят локални разрушения (Local Fault or Local Flow sensors - LF sensors, известни още като DC sensors), напр. скъсани жици или загуба на площ от метала (Loss of Metallic cross-sectional Area sensors – LMA sensors, известни още като AC sensors) (Debasish Basak, 2006; Kazimierz Zawada, 1999). Ако даден инструмент е разработен да открива основно локални или общи разрушения/нарушения, той се нарича инструмент с единична функция, инструментите с двойна функция откриват едновременно двата типа дефекти.
Може да се приложат два основни вида оборудване:

Опростени аксиални тестери за детекция на локални форми на корозия или загуба на площ от напречното сечение на жицата, които са по-евтини и работят със светкавица или акустичен сигнал. Понякога тези апарати са снабдени с възможност за записване на изходящия сигнал, което позволява да се използват като сензорни глави за детайлна инспекция – фигура 2.

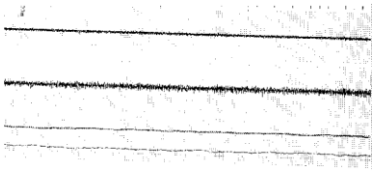
Фиг. 2. MD-20 Тестер за стоманени въжета

Инструменти, при които сигналът се записва със специално устройство или се предава към компютър – те са по-скъпи. Тези инструменти са в състояние да оценят загубата на площ от напречното сечение на жицата или загубите, дължащи се на локални форми на корозия. Изпозват се за детайлни изследвания. При съчетаване на резултатите от изследването с визуална инспекция, може да се определи моментът, в който въжетата трябва да се изтеглят от експлоатация. Инструментът се състои от две основни части: сензорна глава (фигура 3) и инструмент за обработване и записване на сигнала.

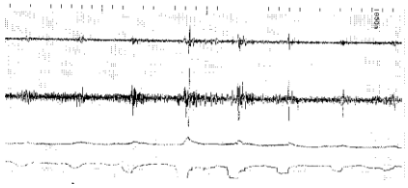
Фиг. 3. GP-серии сензорна глава

Ефикасността на инструмента спрямо детекция на дефектите зависи от качеството на сензорната глава, но разбираемостта на изследването зависи от инструмента за обработване и записване на сигнала. Качествата на двете части на апарата варирират при различните производители. Като разширение на възможностите на апаратите се предлага специализиран софтуер. На фигура 4 е показана една от най-съвременните версии на втория тип апарати - полевият Meraster MD120 дефектограф за стоманени въжета, който може да открие локални форми на корозия и други дефекти, скрити във вътрешността на въжето и да запише сигнал на хартия – фиг. 5. В допълнение, може да се свърже с компютър с цел по-лесно обработване на данните и използване на специализиран софтуер за прогнозиране на времето на живот на въжето.

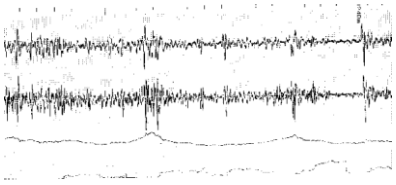
Фиг. 4. Meraster MD120 дефектограф за стоманени въжета - сензорна глава и инструмент за обработване и записване на сигнала



Фиг. 5 а: Сигнал при добро състояние на стоманеното въже



Фиг. 5 б: Сигнал при висок процент на корозионни разрушения на въжето на известно разстояние едно от друго



Фиг. 5 в: Сигнал при висок процент на общи корозионни разрушения и питингова корозия по цялата повърхност на въжето

Разработени са инструменти за неразрушаващ контрол на основата на електромагнитни полета (Geller et al., 2003,). Най-новото поколение от тях (PermaScan системата) е предназначена за дистанционно измерване.

При съчетаване на резултатите от изследванията с помощта на магнитните методи и от визуалната инспекция, експертите могат точно да определят момента, в който въжетата трябва да се изтеглят от експлоатация. Така системното прилагане на неразрушаващите методи за изследване на стоманените въжета се превръща във важен фактор за превантивен контрол и основно средство в програмата по поддръжка на съоръженията (Singh and Ghara, 2000).

Повишава се сигурността на експлоатация. Навреме, при необходимост, може да се отстранят въжета, които са още в предвидения период за нормална експлоатация и така се избягват инциденти. Създава се възможност за технически и научно обосновано удължаване на живота на работа на стоманените въжета след предвидените периоди и се избягва преждевременната им смяна, което води до максимизиране на използването на въжетата и следователно – до икономия на средства.

Правилно съхранение и експлоатация

Правилен подбор на средства за консервация

Коректното съхранение на подемните въжета е от съществено значение за тяхното състояние (Jones, 1996). На този етап също са необходими инспекции и правилна поддръжка.

Целта на прилагането на средствата за консервация е предотвратяване на корозията по време на съхранението на стоманените въжета. Използваните материали за консервация трябва да са в състояние да служат впоследствие като основа за защитните средства, използвани в полеви условия. На пазара са налични няколко типа продукти, с различни цени, като основните са:

- Материали на основата на асфалт, които са сравнително евтини и при правилно прилагане осигуряват наколкогодишна защита; Въжетата, покрити с асфалт трябва да се съхраняват в затворени помещения, като върху тях не попада директна слънчева светлина.
- Материали на основата на сгъстени със сапуни масла, известни като греси. Прилагането на греси е по-скъпо от прилагането на консервиращи средства на основата на асфалт, защото се използва повече материал, който влиза в кухините между снопчетата на въжето и между отделните жици. В замяна на това полученото покритие е по-дълготрайно, не е крехко и не позволява на кондензирана вода да навлезе във вътрешността на стоманеното въже по време на съхранението му. Обикновено действието на гресите се усилва с различни добавки, които често дават и наименованието на гресите. Литиевите, бариевите и алуминиевите комплексни греси са най-подходящи за поддържане на стоманените въжета, предназначени за работа в руднични условия. Те са много устойчиви на действието на вода, включително на кисели руднични води. Като се вземат предвид дълотрайността и антикорозионните свойства на този тип греси, цената на използването им се изравнява с тази на използването на материали на основата на асфалт.

Правилен подбор на разредители и разтворители за снемане на консервационните средства

След като се снемат от ролките за съхранение, въжетата трябва да се обработят с подходящи разредители и разтворители, за да се отстрани евентуално конденсиралата по тях влага, да се ревитализира консервационният материал, да се покрият одрасканите участъци и да се подготви въжето цялостно за прилагане на средства за защита в експлоатационни условия (Jones D. A., 1996).

Правилен подбор и правилно прилагане на средствата за защита в експлоатационни условия

Важно е незабавното прилагане на средства за защита в експлоатационни условия, веднага щом стоманеното въже се извади от склада и започне да се използва, защото съществува възможност за незабавно започване на корозионни процеси. Средствата за защита в експлоатационни условия са подобни на средствата за консервация. В случая на греси, се използват едни и същи материали. Обикновено гресите, предназначени за използване в екплоатационни условия съдържат като добавки инхибитори на корозията.

В никакъв случай **не бива** да се използват за смазване отработени моторни масла, тъй като се получава обратен ефект – създават се условия за ускоряване на корозионните процеси.

Условията на експлоатация на стоманените въжета (технологични параметри и параметри на околната среда – влажност, омокряне, киселинност на омокрящите руднични води, наличие на корозионно-действащи йони във водите и на корозионно действащи газове в рудничната атмосфера) са различни за различните мини. Затова не е възможно да се посочи единствен продукт за смазване, който да може да защитава при всякакви условия. Различни компании произвеждат греси/смазки за защита в експлоатационни условия. Същественото е, при подбора на смазващ материал да се вземат пред вид технологичните параметри и параметрите на околната среда, при които ще се експлоатира въжето. Важно е да се защитава и сърцевината на въжетата, а не само повърхността им.

В световен мащаб методите за нанасяне на средствата за защита в експлоатационни условия са различни за различните мини и дори за шахтите на една и съща мина.

Един от най-ефикасните методи е този въведен от голяма нефтена компания, при който смазката прониква в сърцевината на стоманеното въже. С помощта на апликатор, работещ под налягане, се нагнетява леко масло във вътрешността на въжето и се отмиват замърсителите, включително остатъци от консервиращи материали. След това се нанася покритие на основата на това масло. За съжаление, технологията е сравнително скъпа. Друг признат метод включва използването на дву-секционнен пръстен, пристегнат към въжето, който с помощта на пластмасови приспособления зачиства въжето, като веднага след това полага нов смазващ материал. Не бива да се забравя, че устройството е само апликатор и почти не може да осигури въвеждане на смазващия и защитаващ материал в сърцевината на въжето. В мина в Sudbury (Canada) на ролковите колела на минните подемни устройства е инсталирана система за шприцоване на смазката, като така се постига непрекъснато смазване на въжетата. Резултатите от работата на системата са много добри – въжето непрекъснато се смазва, без да се пресмазва, не се спира работа цел смазване на въжетата.

Приложение на резултатите

Определянето на основните корозионно-действащи фактори в руднични условия и Очаква се получените резултати и предоставената научно-приложна информация да относно мерките за мониторинг и контрол на корозионните процеси могат да бъдат използвани за подпомогане на борбата с преждевременно излизане от експлоатация на стоманените въжета, използвани в подемните и транспортни съоръжения на минно-добивната дейност и да допринесат за повишаване на безопасността на работниците и намаляване на престоите, поради ремонти.

Литература

Великов Б., Хидрохимия на подземните води, МНП – МГИ, София, 1986

Йочев И. 2002, Минно дело и геология, 7-8, 57-59.

Йочев И., Янева А., 2006, Год. на МГУ, том 49, св. III, 61-65.

Debasish Basak, 2006, Periodic Non-destructive Evaluation of Steel Wire Ropes: Its Importance and Practical Relevance, NDT.net , Vol. 11, No.6

Dennis N. Poffenroth,1996, Nondestructive testing of elevator suspension and governor ropes, Elevator World 73, April, 73-75.

Geller L. B, Leung K, Udd J. E., Kitzinger F., 2003, Electromagnetic testing of wire ropes: New developments, CIM bulletin, , vol. 96, 1074, pp. 65-71

Jentgen R. L., R.C. Rice, and G.L. Anderson, 1984, "Preliminary Statistical Analysis of Data From Ontario Special Rope Tests on Mine-Hoist Wire Ropes," Canadian Institute of Mining and Metallurgy, Bulletin, Vol. 77, No. 11, pp. 50-54.

Jones D. A., 1996, Principles and Prevention of Corrosion, Second Edition, Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River, NJ.

Kwasniewski, J. Szuro, 2004, Wearing of wire ropes due to corrosion, Archives of Mining Sciences, Polish Academy of Sciences, Committee of Mining, 49/2.

Kazimierz Zawada, 1999, Magnetic NDT of Steel Wire Ropes NDT.net - August, Vol. 4 No. 8

"Mine Hoist Rope Protection" Bill Bischoff & R.D. Barter, International Mining Magazine (February 1989 Issue)

Mine Safety and Health Administration, October 2000, 30 CFR §56.19023MSHA,www.msha.gov/regdata/msha/56.19023.htm,.

Metals Handbook, 1987, Volume 13: Corrosion, Ninth Ed., ASM International, Metals Park, OH, September, pp. 1293-1298.

Panayotova M., P. Gencheva, V. Panayotov, 2009, Corrosion of wire ropes used in a lead-zinc mine, Proc. XIII BMPC, Ed. S. Krausz, L. Ciobanu, N. Criestea, V. Ciocan, G. Cristea, Focus Petrosani, Buharest, June, v. 1, 246-255

Singh M. K., A. Mahto, R. N. Thakur and A. Sinha Failure 2007, Analysis of Wire Rope Used for Hoisting in Mining: A Case Study, Journal of Failure Analysis and Prevention, Volume 7, Number 2 / April, , 87-91.

Singh S.D., B. Ghara, 2000, Steel Wire Rope Condition Monitoring by Non-Destructive Investigation and Evaluation while on Installation/Service, 15th World Conference on Non-Destructive Testing, Rome (Italy), http://www.ndt.net/article/wcndt00/papers/idn072/idn072.htm

www.bridon.com High-quality steel wire ropes for surface mining applications, Inspection of Wire Rope.

Препоръчана за публикуване от катедра „Химия", МТФ

ГОДИШНИК НА МИННО-ГЕОЛОЖКИЯ УНИВЕРСИТЕТ "СВ. ИВАН РИЛСКИ", Том 52, Св. II, Добив и преработка на минерални суровини, 2009
ANNUAL OF THE UNIVERSITY OF MINING AND GEOLOGY "ST. IVAN RILSKI", Vol. 52, Part II, Mining and Mineral processing, 2009

ХИМИКО-МЕХАНИЧЕН МЕТОД ЗА РАЗРУШАВАНЕ НА ФЛОТАЦИОНИ ПЕНИ

Иван Нишков [1], Лъчезар Цоцорков [2], Милка Кръстева [2], Ирена Григорова [1]

[1] Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София, inichkov@mgu.bg
[2] Асарел-Медет АД, 4500 Панагюрище, България, pbox@asarel.com

РЕЗЮМЕ. Ефективността на флотационния процес при обогатяването на минерални суровини зависи от образуването на внимателно контролирана пяна. Стабилността на трифазната минерализирана пяна се обуславя от множество фактори, като природата на твърдите частици – размер, степен на хидрофобност, концентрация, състояние на агрегиране; вид и концентрация на пянообразувател; взаимодействие на пенообазувател и събирател, коалесценция на мехурчетата; дрениране на твърдите частици и др. Образуването на стабилна пяна при флотацията и нейното влияние върху обезводнителните процеси е проблем в много обогатителни фабрика, което води до загуба на време, ниско качество и добив на краен продукт и допълнителни разходи. Подобен проблем съществува в ОФ „Асарел" , „Асарел-Медет"АД. Жилава и трудно разрушима пяна се образува на повърхността на сгъстителите, която влияе върху процеса на сгъстяване и получаването чисти сливни води. Изследвано е влиянието на повърхностно активни вещества и механично влияние за разрушаване на вредната пяна. Изучено е влиянието на сурфактантите върху омокрянето на медните минерали и повърхностното напрежение на границата течност/въздух. Разработен е химико-механичен метод за разрушаване на вредни трифазни пени.

CHEMICO-MECHANICAL METHOD FOR DESTRUCTION OF FLOTATION FROTHS

Ivan Nishkov [1], Lachezar Tsotsorkov [2], Milka Krasteva [2], Irena Grigorova [1]
[1] University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski," 1700 Sofia, inichkov@mgu.bg
[2] Assarel-Medet AD, 4500 Panagyurishte, pbox@asarel.com

ABSTRACT. The effectiveness of froth flotation process for separation of mineral ores deepens on the establishment of carefully controlled froth. In three-phase mineralized froths, the stability is governed by a number of factors including the nature of the solid particles – the size, degree of hydrophobicity, concentration, state of aggregation; the type and concentration of frother, frother-collector interaction, bubble coalescence; the drainage of particles, etc. The froth and its stability, the entrainment and in flotation have been recognized as important factors, which affect recovery and grade. The formation of very stable froth in the flotation circuit and its influence on the dewatering processes is a problem that may occur in many plants, resulting in down-time, low quality and grade of final product and considerable expenses. A similar problem exists in Assarel concentrator, Assarel-Medet PLC. A resilient and difficult to break froth is formed on the top surface of the thickeners in Assarel concentrator which subsequently impedes the process of thickening and clear overflow obtaining. The role of surfactants addition and the mechanical treatment in the break-down of the flotation froth are investigated. Measurements of the cooper minerals wettability and surface tension at the air/liquid interface were performed. Froth collapse chemico-mechanical method was developed.

Въведение

Флотационният процес на обогатяване на минералите, протичащ на границата на трите фази изцяло зависи от образуването на внимателно контролирана пяна. Контролът на стабилността на пяната е важен във всички приложения. Пяната е не-равновесна дисперсия на газови мехурчета в относително по-малък обем течност. Това е пяната, която освен въздух и вода съдържа и твърди частици, закрепени върху въздушните мехури, образуващи трифазна пяна. Размера на мехурчетата играе критична роля във флотацията на минералите, по-малките мехурчета водят до по-устойчиви трифазни пени. Мехурчетата с диаметър по-малък от 0,5 мм са безразборни в тяхната прилепваща сила и клонят към повишаване устойчивостта на пяната. Минералните частици, особено частиците на добре флотируемите минерали със средна едрина и шламове, бронират мехурчетата и значително повишават устойчивостта на пяната. Върху устойчивостта на пяната влияе нейната структура, количеството твърда фаза, задържано в нея, количеството ламелна течност и скоростта на дренирането й, повърхностно напрежение на междуфазовата повърхност, кинетиката на разрушаването й. От технологична гледна точка пяната не трябва да е много устойчива, защото устойчивите и трайни пени затрудняват следващите процеси (сгъстяване и филтрация).

Образуването на стабилна пяна при флотацията и нейното влияние върху обезводнителните процеси е проблем в много обогатителни фабрики, което води до загуба на време, ниско качество и добив на краен продукт и допълнителни разходи. Подобен проблем съществува и в ОФ „Асарел", „Асарел-Медет" АД, България. Образувана е жилава и трудно разрушима пяна на повърхността на сгъстителите във ОФ Асарел, която впоследствие възпрепятства процесът на сгъстяване и получаване на чист прелив.

Пяната в сгъстителите е сериозен проблем. Има много възможности за минимизиране на този проблем. Настоящето изследване има за задача да провери възможностите за премахване на вредната пяна, като са използвани два различни подхода – химичен и механичен.

Най-добре се регулират свойствата на флотационната пяна чрез промяна на физико-химичните условия във

флотационната система. Разрушаването на една пяна може да се ускори чрез прибавяне на повърхностно активни вещества, които изместват пеностабилизаторите от повърхностните адсорбционни слоеве, но сами не притежават пеностабилизиращи свойства. Добавянето на реагент в пулпо-пенната система повишава и води до коалисценция на мехурчетата, подобрява омокрянето на минералните частици и намалява повърхностното напрежение на граничната повърхност въздух/течност.

Този доклад описва резултатите от експерименталната работа, целяща проучването на ролята на повърхностно активни вещества (ПАВ) и механичните устройства за разрушаването на вредните пени във ОФ "Асарел".

Експерименти

Материали

Въз основа на продължителни опробвания на цикъла на обезводняване във ОФ "Асарел", посочени в предишни доклади (Krasteva et al., 2007; Krasteva et al., 2008) бяха очертани два пътя за разрушаване на вредните пени – химичен и механичен.

За изучаване ролята на добавянето на реагенти в пулп-пенната система бяха използвани следните сурфактанти: Натриев алкил сурфонат ($C_{20}H_{37}O_7NaS$), с търговско наименование AERODRI 104 и Antispumin NPK.

Измерване на омокрящата способност на минералите

Омокрящата способност на минералите беше характеризирана главно чрез трифазния контактен ъгъл, използвайки микроскопска техника. Методът е описан в предишна статия (Krasteva et al., 2008). Бяха изследвани медните и пиритните минерали. Чисти минерални проби, бяха предварително обработени и потопени в разтвор на натриев изобутилов ксантогенат за 1 час, след което беше определен контактния ъгъл. След последващо третиране със сурфактантите Aerodri 104 и Antispumin NPK също за 1 час отново бе определен контактния ъгъл.

Измерване на повърхностното напрежение

Бяха измерени стойностите на повърхностното напрежение на водни разтвори съответно на Aerodri 104 и Antispumin NPK при различни концентрации (0,5% и 0,25%).

Тестове за разрушаване на пяната

Разрушаване на пяната с ПАВ

Опитите се проведоха в изследователска лаборатория при ОФ "Асарел". За целта беше използван еднолитров градуиран цилиндър. Пробата беше взета от последната пречистна операция на медна флотация, захранваща сгъстителя. Към пулп-пенната проба беше добавен реагент. Използван беше методът на разклащането. Пробата, беше хомогенизирана непосредствено след разклащането. Една минута след добавянето на сурфактанта и разклащането на пробата беше измерена височината на оставащата в цилиндъра пяна. Беше изследвано влиянието на сурфактанта в зависимост от разхода на реагент и степента на разрушаване на пяната. Степента на разрушаване бе определена по следната формула:

$$E_{РП} = \frac{H_0 - H_1}{H_0}, \ (\%) \qquad (1)$$

Където: H_0 – началната височина на пенния стълб в цилиндъра; H_1- крайната височина на пенния стълб в цилиндъра.

Тестове за механично разрушаване на пяната

Механичното разрушаване на много устойчива пяна е един от пътищата за решаване на проблема. За провеждането на тестовете беше използвана лабораторна апаратура тип миксер и еднолитров мерителен градуиран цилиндър. Изследвана бе зависимостта между оборотите на двигателя на механичната бъркалка и степента на разрушаване на пяната.

Комбиниран метод

Беше тествана комбинацията от химично и механично третиране на пяната на концентрата от последната пречистна флотация.

Първоначално към пробата в мерителния цилиндър се подава определено количество (0,5% разтвор) от съответните реагенти. Използва се методът на разклащането, след 1 минута се отчита оставащата височина на пяната. Същата проба се подлага на разрушаване с лабораторен миксер с постоянни обороти на двигателя - 950 min^{-1}, като към нея се добавя реагент с 0,25% концентрация на разтвора до разрушаване на пенния стълб и до образуване на „огледало", т.е. до появяване, на свободна повърхност. По този начин не се държи сметка за окръжаващите като пръстен свободната повърхност последни пенни мехурчета, които особено при по-стабилните пени, живеят най-дълго. В края отново след 1 минута се отчита височината на пяната и отново процентно се определя степента на разрушаване на пяната по формула (1). Лабораторният апарат за разрушаване на пяната е показан на фиг.1.

Фиг.1. Лабораторна апаратура за разрушаване на пяната:
1 – двигател с бъркалка; 2 – градуиран мерителен цилиндър

Резултати и дискусии

В предишни изследвания беше установено, че пяната, формирана на повърхността на сгъстителя е жилава, суха и трудна за разрушаване. Пяната изцяло покрива повърхността на сгъстителя. Резултатите от опробванията показаха, че сгъстеният продукт от сгъстителя има по-ниско съдържание на твърдо вещество, отколкото пяната

от повърхността на сгъстителя. По-голямата част от фините частици (- 40 μm) са концентрирани в устойчивата пяна, образувана на повърхността на сгъстителя. Съдържанието на мед е по-високо в пяната отколкото в концентрата от пречистна флотация, както и в сгъстения продукт. Очевидно в сгъстителя се осъществява процес на вторично набогатяване (Krasteva et al., 2007).

Влияние на сурфактанта върху омокрещата способност на минералите

Данните от измерването на трифазния контактен ъгъл са показани в табл.1.

Таблица 1.
Измерване на контактния ъгъл

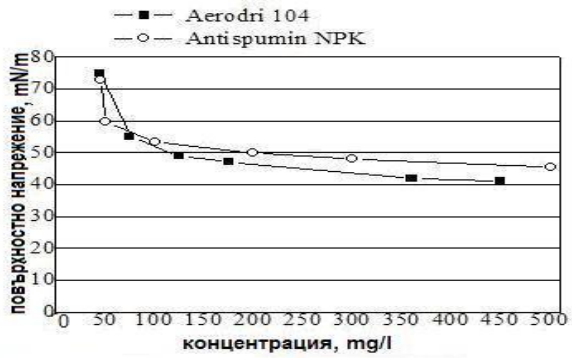
№	Минерал	Събирател	Aerodri 104	Antispumin NPK
1	Халкопирит	68°	0°	0°
2	Халкоцит	71°	0°	0°
3	Ковелин	69°	0°	0°
4	Пирит	75°	0°	0°

Средните стойности на контактния ъгъл на минералните проби след третирането с натриев изобутилов ксантогенат са около 70º. След третирането със сурфактант контактният ъгъл рязко намалява от 70º до 0º. Не се осъществява контакт с полираните повърхности на всеки един от изследваните минерали при третирането им със сурфактанти, което ясно показва, че и двата сурфактанта рязко променят степента на хидрофобност на минералите и ги правят хидрофилни.

Влияние на сурфактантите върху повърхностното напрежение

Разрушаването на пяната произхожда в резултат на протичането на следните процеси: изтичане на междуфилмовите течности, дифузия на газа между мехурите, разкъсване на тънките течни филми на пяната.
Тези вещества понижавайки силно повърхностното напрежение, изместват пенообразувателя от междуфазовата граница течност-газ и снижават хидратираността на граничния слой течност. Вследствие на това пяната става неустойчива.

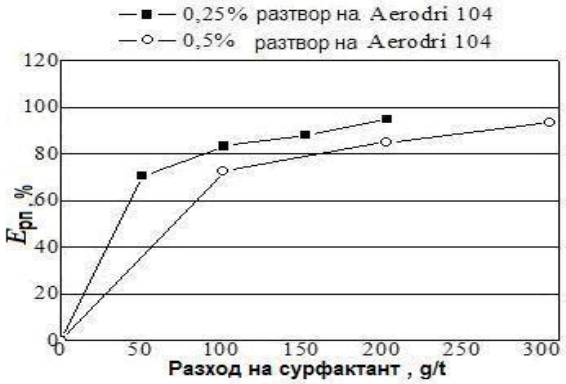
Фигура 2 илюстрира влиянието на разхода на сурфактант върху повърхностното напрежение на границата въздух/ течност.



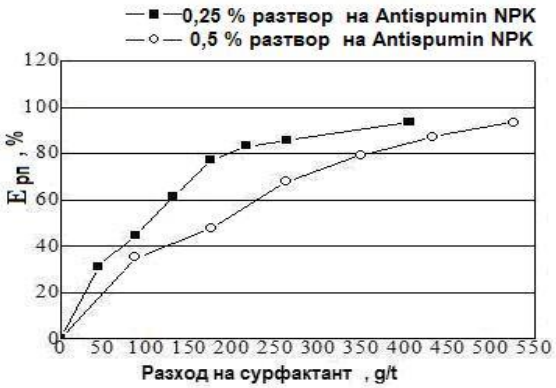
Фиг.2. Зависимост между повърхностното напрежение и концентрацията на сурфактанта

Тест за химично разрушаване на пяната

Бяха тествани реагентите Aerodri 104 и Antispumin NPK при различни концентрации на разтворите. Фигури 3 и 4 показват влиянието на разхода на реагент върху степента на разрушаване на пяната.



Фиг.3. Влияние на разхода на Aerodri 104 върху степента на разрушаване на пяната



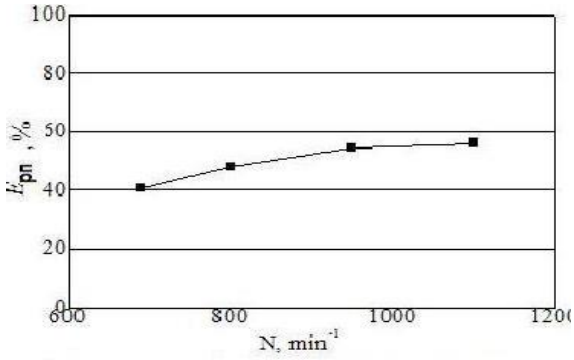
Фиг.4. Влияние на разхода на Antispumin NPK върху степента на разрушаване на пяната

Данните ясно показват, че и двата сурфактанта са силни повърхностни депресори. Близо до повърхността на пробата по-голямата част от ламелната течност беше дренирала, оставяйки пяна, състояща се от газови мехури, с приблизително еднакъв размер. И двата сурфактанта значително намаляват стабилността на пенния слой и го разрушават.

Установи се, че малко количество сурфактант има дестабилизиращ ефект и води до значително намаляване на пяната. Разход от 50 g/t допринася за 70% разрушаване на пяната (Фиг.3), а разход от 210 g/t допринася за 80% разрушаване на пяната (Фиг.4). Графиките ясно показват, че разтворите с по-малки концентрации разрушават пяната по-ефективно.

Тест за механично разрушаване на пяната

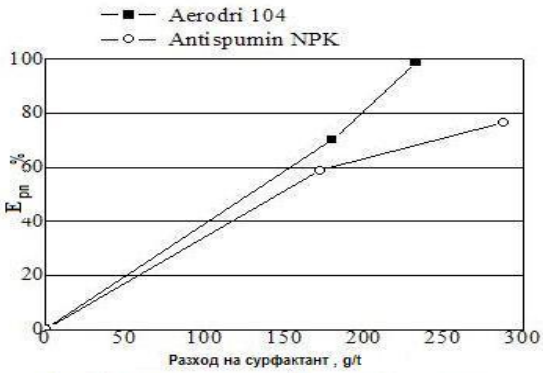
Резултатите от теста за механично разрушаване на пяната са показани на фиг.5 (лабораторен миксер). Тези резултати показват, че най-голяма ефективност за разрушаване на пяната се получава при максималния брой обороти на двигателя на миксера.



Фиг.5. Влияние на оборотите на двигателя на миксера върху степента на разрушаване на пяната

Комбинирани методи

Резултатите от теста са показани на Фиг. 6. Тя илюстрира резултатите, получени при разрушаването на свежа пяна със сурфактантите Aerodri 104 и Antispumin NPK, използвайки комбинация от химични и механични методи. Тези резултати ясно показват, че използването комбинацията от химични и механични методи повишава ефективността на разрушаване на пяната.



Фиг.6. Химико-механичен метод: Зависимост между разхода на сурфактантите Aerodri 104 и Antispumin NPK и степента на разрушаване на пяната

Изводи

В по-дълго съществуващите пени, газовата фракция е по-голяма и мехурите са наредени плътно прилепнали, здраво свързани, сбити и „бронирани" от фини минерални частици.

На повърхността на сгъстителите в ОФ „Асарел" се образува стълб жилава, суха и трудно разрушима пяна с постоянна дебелина, което определено затруднява процесите на обезводняване на медния концентрат.

Наблюдава се процес на вторично набогатяване. Фините и с голямо съдържание на мед частици се намират в пенния слой, покриващ изцяло сгъстителя, което от своя страна води до получаване на меден концентрат с по-ниско съдържание на мед. Резултатите от опробването потвърдиха, че фините минералните частици, достатъчно дълго се задържат в пяната и много силно повишават нейната устойчивост.

За разрешаването на този проблем лабораторно бяха тествани сурфактантите Aerodri 104 и Antispumin NPK, както и разрушаването на пяната от последната пречистна операция по механичен и комбиниран начин. Сурфактантите променят омокрещите свойства на медните минерали и ги правят хидрофилни. Те също така намаляват повърхностното напрежение на граничната повърхност въздух/течност, което води до разрушаване на пяната, а именно чрез разкъсване на течните ципи, при което се осъществява коалесценция на мехурчетата.

Малки количества сурфактант имат дестабилизиращ ефект върху пенната система и водят до значително намаляване на вредната пяна. Тестваните сурфактанти притежават висока ефективност на разрушаване, разход в малки количества и разрушаването се осъщесвява за кратко време. Комбинацията от химични и механични методи е изключително ефективен за разрушаването на пяната.

Литература

Aldrich, C., D. Feng. 2000. The Effect of Frothers on Bubble Size Distributions in Flotation Pulp Phases and Surface Froths. *Minerals Engineering*. 13, № 10-1, 1049-1057.

Ata, S., N. Ahmed, G. Jameson. 2003. A Study of bubble coalescence in flotation froths. *International Journal of Mineral Processing*, 72, 255-266.

Egorova, M. 1967. Destruction of sulfur froths using sulfonate. *Chemical Industry*, 1, 52-55.

Hadler, K., Z. Aktas, J. Cilliers. 2005. The Effects of Frother and Collector Distribution on Flotation Performance. *Minerals Engineering*, 18, 171-177.

Klassen, V., V. Mokrokrousov. 1963. *An Introduction to the Theory of Flotation*. London, Butterworths.

Krasteva, M., I. Nishkov, D. Nikolov (ed.G.Anastassakis). 2007. Reformance of the dewatering process in Assarel concentrator. *XII Balkan Mineral Processing Congress*, 317-322.

Krasteva, M., L. Tzotzorkov, D. Nikolov, I. Grigorova, I. Nishkov (Ed. Wang Dian Zuo). 2008. Reagent-enhanced destruction of flotation froths. *XXIV International Mineral Processing Congress*, Vol. 2, 2116-2122.

Livshits, V., S. Dudenkov. 1965. Some Factors in Flotation Froth Stability. - In: *N.Arbiter* Proc. *VII IMPC*, New York, 367-371.

Lovel, M. 1976. Froth characteristics in phosphate flotation. - In: *Flotation*. AIME: New York, 597-621.

Pugh, R. 2005. Experimental techniques for studying the structure of foams and froths. *Advances in Colloid and Science*. 114-115, 239-251.

Ross, V. 1991. The Behavior of particles in Flotation Froths. *Minerals Engineering*. 4, № 7-11, 959-974.

Ventura-Medina, E., N. Barbian, J. Cilliers. 2004. Solids loading and grade on mineral froth bubble lamellae. *International Journal of Mineral Processing*, Vol. 74, 189 – 200.

Препоръчана за публикуване от катедра „Обогатяване и рециклиране на суровини", МТФ

ГОДИШНИК НА МИННО-ГЕОЛОЖКИЯ УНИВЕРСИТЕТ "СВ. ИВАН РИЛСКИ", Том 52, Св. II, Добив и преработка на минерални суровини, 2009
ANNUAL OF THE UNIVERSITY OF MINING AND GEOLOGY "ST. IVAN RILSKI", Vol. 52, Part II, Mining and Mineral processing, 2009

БРИКЕТИРАНЕ НА КАФЯВИ ВЪГЛИЩА СЪС СВЪРЗВАЩИ ВЕЩЕСТВА

Ирена Григорова, Иван Нишков, Маргарита Василева, Александър Тасев

Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", София 1700, irena_mt@abv.bg, iniskov@gmail.com

РЕЗЮМЕ. В доклада са представени проведените изследвания по брикетиране на кафяви въглища от Бобовдолския басейн със свързващи вещества. Извършени са зърнометрични, химични и рентгеноструктурни анализи на въглищната проба. Проведени са комплекс от изследвания, позволяващи да се определят адхезионните способности и влиянието на свързващите вещества върху повишаване качествените характеристики на брикетите. Намерени са технологични възможности за по-ефективно уедряване на въглищен ситнеж чрез прилагане методът на брикетиране.

BROWN COAL BRIQUETTING WITH BINDING AGENTS

Irena Grigorova, Ivan Nishkov, Margarita Vassileva, Aleksandar Tasev
University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, irena_mt@abv.bg, iniskov@gmail.com

ABSTRACT. This paper presents the study on briquetting of brown coals from the Bobov Dol coal basin with binding agents. Granulometric, chemical and X-ray diffraction analyses of the representative coal sample has been performed. The complex research was performed. The adhesive capacity and the positive influence of the binding agents on the improvement of the quality characteristics of the briquettes were determined. The technological means for more effective utilization of fine-grained coal by briquetting were founded.

Въведение

При добив, транспорт, съхранение и технологична преработка на въглища, от 20 до 80% от техния първоначален обем се превръща в ситнеж с различни размери на късовете. В резултат на това, на всеки три тона въглища, един тон не се използва пълноценно и замърсява околната среда с фини частици въглищен прах, който при продължително съхранение е взривоопасен (Grigorova et al., 2006).

Производството на висококачествени брикети е един от икономически целесъобразните методи за оползотворяване на въглищния ситнеж. Брикетирането е технологичен процес на уедряване, който се извършва по различни методи, в зависимост от изходния състав на въглищата, физико-механичните и физико-химичните им свойства, като за всеки вид въглища съществуват оптимални технологични режими и параметри за провеждане на процеса (Zhalgassuly et al., 2001).

Брикетиране на въглища със свързващи вещества се препоръчва за въглища със среден и висок ранг. Поради напредналата степен на въглефикация, тези въглища се отличават с плътна структура, по-голяма якост, повишена твърдост и еластичност (Върбанов, 1973). При прилагане на налягане върху тях, те оказват значително съпротивление. Действието на свързващите вещества се обуславя от ненаситените повърхностни сили, поради което от важно значение са характерът на повърхността на въглищните зърна и свойствата на свързващото вещество.

Определящите фактори при технологията за брикетиране на въглища с напреднала степен на въглефикация са свързващото вещество, което се влага в процеса, зърнометричният състав на въглищата, състоянието на въглищните повърхности, влажността на материала и др. Свързващото вещество се избира в зависимост от въглищата, подлежащи на брикетиране. В световната практика приложение намират различни вещества в качеството им на свързващи, като предимство се отдава на отпадни, но ефективни и безопасни вещества (Григорова, 2004).

Едно от най-перспективните направления при брикетирането на въглищни ситнежи е свързано със синтезирането на слепващи вещества със специално модифицирани свойства, подходящи за конкретния обект, подлежащ на уедряване.

Цел на настоящия доклад е представяне на извършените изследвания за установяване възможностите на проучваните свързващи вещества при брикетиране на кафяви въглища и оценка на качествените показатели на произведените брикети.

Материал и методика

Подготовка и характеристика на изходната проба въглища за брикетиране

Получаването на брикети в лабораторни условия е извършено с кафяви въглища от Бобовдолския въглищен басейн. За определяне на минералните примеси,

присъстващи във въглищата за брикетиране е проведен дифрактометричен рентгеноструктурен анализ с помощта на дифрактометър ДРОН УМ 1 (CuK_α лъчение, Ni филтър). Анализът е извършен в лабораторията по фазови методи и рентгеноструктурен анализ при МГУ "Св. Иван Рилски".

Характеристиката на материала по зърнометричен състав е определена чрез ситов анализ. В таблица 1 са показани осреднени физико-химични показатели на кафяви въглища от Бобовдолския басейн (Вучева, 2007). Резултатите от ситовия анализ на пробата са посочени в таблица 2.

Таблица 1.
Физико-химична характеристика на въглищата

Показатели	
Влага работна, W^r, %	14,5
Пепел на сухо гориво, A^d, %	34,3
Летливи вещества на горима маса V,%	49,3
Обща сяра на сухо гориво, S^d, %	2,2

Таблица 2.
Зърнометричен състав на въглищната проба

Класа, mm	Добив			$d_{cp.}$, mm
	Частен, %	Сумарен, %		
		„+"	„-"	
+ 2.5	0.73	0.73	100	2.6
- 2.5 + 1.6	29.47	30.2	99.27	2.05
- 1.6 + 0.8	41.40	71.6	69.8	1.2
- 0.8 + 0.4	17.30	88.9	28.4	0.6
- 0.4 + 0.25	5.70	94.6	11.1	0.32
- 0.25 + 0.09	3.70	98.3	5.4	0.17
- 0.09	1.70	100	1.70	0.04
Общо	100	-	-	1.25

От таблица 2 се вижда, че с най-голям добив е класата 1.6+0.8 mm., (41.40%), а с най-малък +2.5 mm. (0.73%). Средният размер на въглищните късове е 1.25 mm.

При разработката на технологиите за брикетиране на въглища с посочените свързващи вещества са използвани методики, позволяващи да се определят основните режимни параметри на процеса. Чрез лабораторни изследвания са установени оптималните условия за подготовка на брикетируемата маса.

Изследвани са четири вида свързващи вещества: SV-1 и SV-2 – поливинилалкохолни адхезиви и SV-3 и SV-4 - поливинилацетатни дисперсии. Влиянието им върху якостните показатели на брикетите е проследено при разходи от 2 до 4%. Изпитването на брикетите за определяне якостта им на натиск се провежда съгласно БДС 8716-88, 4 часа след тяхното получаване. Механичната якост на натиск на брикетите е изследвана и след престой от 24 часа, 5 и 10 дни. Определени са водопоглъщаемост и водоустойчивост на брикетите.

На брикетиране са подлагани въглища класа 0-2.5 mm с влажност 8%, обемно тегло 0.84 g/cm^3 и насипна плътност в стръскано състояние 0.96 g/cm^3. Подготовката на въглищата за пресоване се осъществява при добавяне на изследвания вид свързващо вещество в течен вид, без подгряване на шихтата. Равномерното му разпределение между частиците на въглищата се извършва посредством интензивно разбъркване. Изследването по брикетиране е осъществено с лабораторен тип преса, която формира брикета при едностранно подаване на налягането във вертикална посока. Получените брикети са формирани при налягане от 30 MPa.

Кратки геоложки бележки

Бобовдолският въглищен басейн се разполага в Югозападна България, между градовете Радомир, Дупница и Кюстендил. Подложката на басейна е изградена от протерозойски висококристалинни скали, палеозойски диорити, диабази и гранити и мезозойски седименти. Въгленосните палеогенски наслаги са поделени на 5 задруги: конгломератно-пясъчникова, битумолитна, пъстра подвъглищна, въгленосна ("продуктивен хоризонт") и задруга на тънкослойните аргилити и глинести мергели ("надвъглищен хоризонт") (Загорчев и др., 1994). Въгленосната задруга е с дебелина около 100 m и е съставена от пясъчници, песъчливи глини, аргилити и въглищни пластове с променлива дебелина и сложен строеж. Въглищните пластове са 7 до 8 на брой, като в посока отдолу нагоре носят названията съответно Поднадежда, Надежда, Двойният (поделен на Поморавия и Константин), Гребикал, IV, V и VI (Кортенски, 2002; Кортенски, Здравков, 2008). Дебелината на въглищните пластове варира от 1.2 до 3.8 m, като за горните два пласта достига до 10 – 12 m.

Въглищата са черни до чернокафяви на цвят, в някои случаи със сивкав оттенък, имат ивичеста текстура и тъмнокафява черта. Въглищата са изградени предимно от литотипите кларен и витрен, като в малки количества е застъпен и литотипът фюзен (Zdravkov, Kortenski, 2004). Данните от микроскопските изследвания, провеждани от различни автори показват, че въглищата са съставени от мацерали от групите на хуминита, липтинита и инертинита, като в количествено отношение рязко преобладават мацералите от хуминитовата група, докато тези от останалите две групи са застъпени в подчинено до незначително количество (Вълчева, 1985; Василев и др., 1991; Vassilev et al., 1994; Йосифова, 1995; Zdravkov, Kortenski, 2004; Кортенски и др., 2006). Съдържанието на минерални примеси в отделните въглищни пластове варира значително. Минералните примеси във въглищата са представени главно от кварц, глинести минерали, пирит, карбонати, фелдшпати и др. (Пешева, 1962; Василев и др., 1991; Vassilev et al., 1994; Василев и др., 1995).

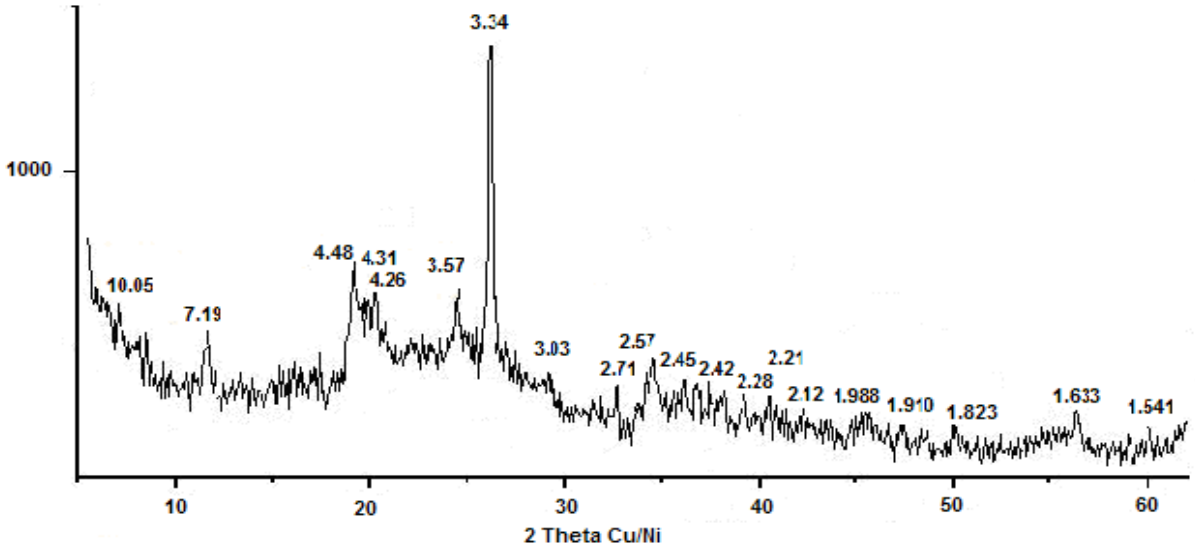
Съгласно промишлената класификация по БДС, използвана в страната ни, бобовдолските въглища са кафяви, клас блестящи, степен (стадий) O_3 (Вълчева, 1985; Кортенски, 2002; Кортенски, Здравков, 2008). Кортенски и др. (2006) изучават въглищата от Пернишката въглищна провинция, с оглед прилагане на Международната класификация на въглищата в пласта и Международната кодификационна система за въглища. Същите автори изследват въглища от три въглищни пласта в Бобовдолския басейн (Двоен, Надежда и IV) и ги определят като ивичести, предимно хумусни въглища от нисък ранг А –

суббитуминозни, с ниско до средно качество. Класификацията по Международната класификация на въглищата в пласта се извършва на базата на 3 основни характеристики – топлина на изгаряне, определена на суха безпепелна маса, петрографски състав (органичен фациес) и качество на въглищата (количество минерални примеси, неорганичен фациес). Според Кортенски и др. (2006) въглищата от изследваните три въглищни пласта в Бобовдолския басейн, показват топлина на изгаряне 28.5 – 28.79 MJ/kg, съответстваща на въглища от нисък ранг А (суббитуминозни) с преход към такива от среден ранг D (парабитуминозни), но поради ниските стойности на отражението на хуминита (0.35 – 0.4 %), въглищата са от нисък ранг А.

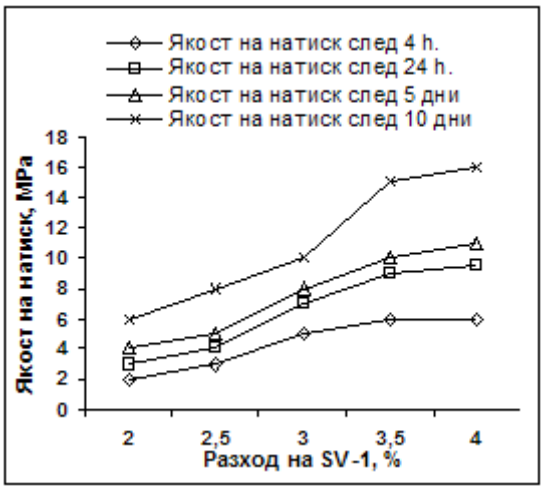
Резултати и изводи

Резултатите от проведения рентгеноструктурен анализ показват, че минералните примеси в изследваната въглищна проба са представени главно от кварц, глинести минерали (каолинит и илит), пирит и незначително по количество калцит (Фиг. 1.).

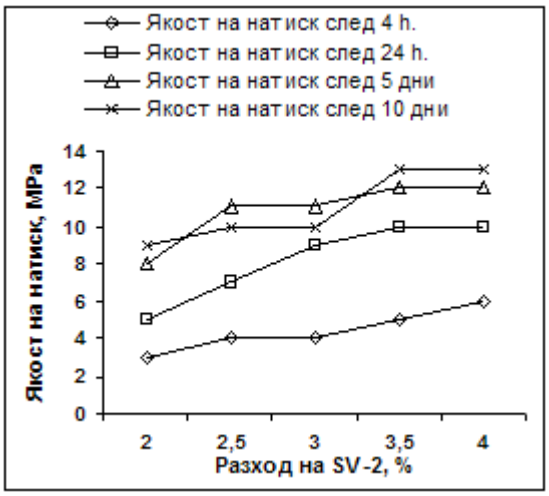
Получените зависимости между процентния разход на свързващите вещества и якостта на натиск на брикетите са показани на фигури 2, 3, 4 и 5.



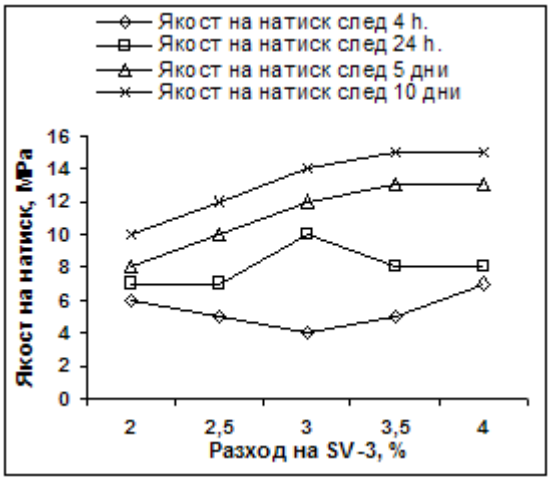
Фиг. 1. Дифрактограма на въглища от Бобовдолския басейн.



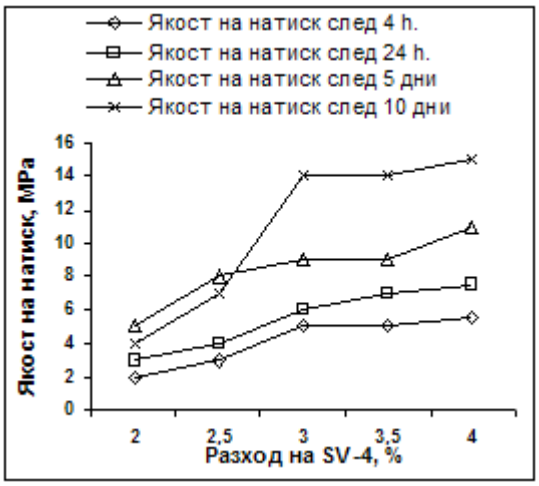
Фиг. 2. Зависимост между разхода на свързващо вещество SV-1 и якостта на натиск на брикетите



Фиг. 3. Зависимост между разхода на свързващо вещество SV-2 и якостта на натиск на брикетите



Фиг. 4. Зависимост между разхода на свързващо вещество SV-3 и якостта на натиск на брикетите



Фиг. 5. Зависимост между разхода на свързващо вещество SV-4 и якостта на натиск на брикетите

Получените в лабораторни условия резултати при брикетиране на кафяви въглища от Бобовдолския басейн с изследваните вещества показват, че оптималният разход на свързващи вещества SV-1 и SV-2 е 3.5%, а за свързващи вещества SV-3 и SV- 4 е 3%. Якостта на натиск на произведените брикети, при посочените оптимални разходи с изследваните вещества, след 4 часов престой варира между 5-6 MPa (при изискване от страна на БДС 8716-88 не по-малко 7.35 MPa). След 24 часов престой, якостта на натиск се повишава в границите 6-10 MPa, след 5 дневен престой механичната якост на брикетите нараства в интервала 9-12 MPa, а след 10 дни достига 13-15 MPa (Фиг. 2, 3, 4 и 5).

Като най-подходящи за брикетиране са установени веществата: SV-1 от групата на поливинилалкохолите и SV-3 от групата на поливинилацетатните адхезиви. Брикетите, произведени с посочените свързващи вещества, при оптималните им варианти за влагане в процеса, се характеризират с гланцова повърхност, не ронливост, атмосферо-, водоустойчивост и ниска водопоглъщаемост.

Здравината на връзката между свързващото вещество и въглищните повърхности е значително по-голяма от тази между веществото и глинестите минерални повърхности. Поради различията в микрорелефа на частичките, образуващите се тънки течни филми от веществата върху тях, най-често са несиметрични.

Главна особеност на тънките течни филми е тази, че в тях действа т.нар. разклинящо налягане, което може да бъде положително или отрицателно (Върбанов и др., 1976). При адсорбция на изследваните свързващи вещества върху повърхностите на глинестите минерали е възможно разклинящото налягане да действа в положителна посока, стремейки се да удебели тънкия филм, като раздалечава повърхнините, които го образуват. Така в брикета се създават по-слаби зони, в които няма добър контакт между адхезива и адсорбента.

Относително ниската якост на натиск на брикетите след 4 часов престой, вероятно се дължи на съдържанието на нежелани компоненти в шихтата за брикетиране, доказани чрез рентгеноструктурния анализ на въглищата (предимно глинестите минерали каолинит и илит). Тъй като глинестите минерали имат различно поведение и структура от тези на въглищата в хода на процеса брикетиране, омокрянето на повъхността на въглищните и на глинестите частици от веществата също е различно.

Едно от изискванията към свързващите вещества, прилагани за брикетиране, е те да бъдат пластични в момента на пресоване и при подготовка на шихтата, но бързо да се втвърдяват при съхранение на готовите брикети. Фигури 2, 3, 4 и 5 показват, че с нарастване времето на престой на брикетите, якостта им се увеличава, което се дължи на пълното втвърдяване на веществата във вътрешността на брикета. Лабораторните резултати отразяват добрите свързващи свойства на SV-1 и SV-3, изразени чрез повишаване механичните показатели на получените брикети след 24 часов престой (Фиг. 2 и Фиг. 4), отговарящи на БДС 8716-88.

Изводи

Проведените изследвания по брикетиране на кафяви въглища от Бобовдолския въглищен басейн със изследваните свързващи вещества дадоха възможност да се определят редица положителни ефекти в различни насоки на технологичния процес.

Получени са зависимости между разходите на изследваните вещества и якостта на натиск на брикетите. Прилагането на свързващи вещества SV-1 и SV-3 при ниски разходни норми, дава възможност за повишаване качествените показатели на брикетите, нарастване на водоустойчивостта и намаляване степента на водопоглъщане.

В резултат прилагане на свързващите вещества при брикетиране, получените крайни продукти - брикети отговарят на съответните стандарти по качество след 24 часов престой.

Литература

Български Държавен Стандарт 8716-88. 1988. Твърди горива. А13. С.

Василев, С., М. Йосифова, С. Вълчева. 1991. Минералого-петрографска характеристика на отпадъците от обогатяването на бобовдолските въглища – база за комплексна оценка с цел оползотворяването им. – *Минно дело, 2,* 16-19.

Василев, С., М. Йосифова, С. Вълчева. 1995. Петрографски, минерален и химичен състав на въглища и отпадни продукти от Централна обогатителна фабрика „Бобов дол". II. Минерален и химичен състав. - *Год. СУ, Геол. – геогр. фак., 87, 1 – геол.,* 103-123.

Вълчева, С. П. 1985. Петрология и геохимия на въглищните басейни и находища в България. Петроложка характеристика на въглища от Бобовдолския басейн. – *Год. СУ, Геол. – геогр. фак.,* т. *79, св. 1 – геол.,* 55-70.

Върбанов, Р., Д. Николов, И. Нишков. 1976. Относно възможностите за брикетиране, предлагани от теорията на тънките течни филми. – *Въглища, 2, 29-31.*

Върбанов, Р. 1973. *Брикетиране и агломерация на полезни изкопаеми.* С.

Вучева, Р. 2007. *Ръководство за упражнения по подготовка на минерални суровини и горива за промишлено и битово използване*. Изд. къща „Св. Иван Рилски", МГУ "Св. Иван Рилски", С., 76 с.

Григорова, И. 2004. Брикетиране на кафяви въглища със свързващо вещество талов пек. – *Год. МГУ*, т. 47, св. 1, 67-70.

Загорчев, И., Р. Маринова, Д. Чунев, П. Чумаченко, И. Сапунов, С. Янев. 1994. *Обяснителна записка към геоложката карта на България М 1: 100000. Картен лист Перник,* С., 92 с

Йосифова, М., С. Вълчева, С. Василев. 1995. Петрографски, минерален и химичен състав на въглища и отпадни продукти от Централна обогатителна фабрика „Бобов дол". I. Петрографски състав. - *Год. СУ, Геол. – геогр. фак., 87, 1 – геол.,* 85-101.

Кортенски, Й. 2002. *Въглищна геология и органична петрология*. Изд. къща „Св. Иван Рилски", МГУ "Св. Иван Рилски", С., 225 с.

Кортенски, Й., А. Здравков, Д. Пиналова. 2006. Прилагане на Международната класификация на въглища в пласта и Международната кодификационна система за въглищата от Пернишката провинция. – *Год. МГУ, 49,* 1, 41-46.

Кортенски, Й. А. Здравков. 2008. Присъствие и разпределение на пепелообразуващи елементи във въглища от Бобовдолския басейн, България. - *Год. МГУ, 51,* 1, 34-40.

Пешева, П. 1962. Петрографска характеристика на въглищата от Бобовдолския басейн във връзка с определяне на склонността им към самозапалване. – *Год. МГИ, 8,* 547-558.

Grigorova, I., I. Nishkov, P. Tsvetanov, L. Kuzev. 2006. Utilization of technological scraps in briquetting of brown coals. *XXIII International Mineral Processing Congress. Mineral & Coal Processing Section*. Turkey. 1123-1128.

Zdravkov, A., J. Kortenski. 2004. Petrology and depositional environment of the coal from Bobov Dol basin, Bulgaria. – *Ann. Univ. Min. Geol. "St. Ivan Rilski", 47, 1*, 101-108.

Zhalgassuly N., M. Toktamysov, V. Galits, B. Mukushev, Z. Ergusaev. 2001. Productivity of Brown Coal for Briquette Production. *17-th International Mining Congress and Exhibition of Turkey*, 757-758.

Препоръчана за публикуване от катедра „Обогатяване и рециклиране на суровини",МТФ

ГОДИШНИК НА МИННО-ГЕОЛОЖКИЯ УНИВЕРСИТЕТ "СВ. ИВАН РИЛСКИ", Том 52, Св. II, Добив и преработка на минерални суровини, 2009
ANNUAL OF THE UNIVERSITY OF MINING AND GEOLOGY "ST. IVAN RILSKI", Vol. 52, Part II, Mining and Mineral processing, 2009

ПЛАТИНОВИ КОМПЛЕКСИ СЪС СИЛСЕСКИОКСАНИ – СИНТЕЗ, ОХАРАКТЕРИЗИРАНЕ И СВОЙСТВА

Нели Минчева

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

РЕЗЮМЕ. Синтезиран и изолиран е нов платинов комплекс със силсескиоксан. Неговият състав и структура са определени с помощта на инфрачервена спектроскопия (ИЧ), ядрен магнитен резонанс (ЯМР) и елементен анализ. Установено е, че силсескиоксанът действа като монодентатен лиганд и се координира към платиновия център чрез кислородния атом от депротонираната силанолна група (Si-OH). Изследвана е термичната стабилност на този комплекс и е намерено, че при нагряване в разтвор комплексът претърпява обратими и необратими промени, свързани най-вероятно с конформационни превръщания на молекулата и разпадане на комплекса, съответно.

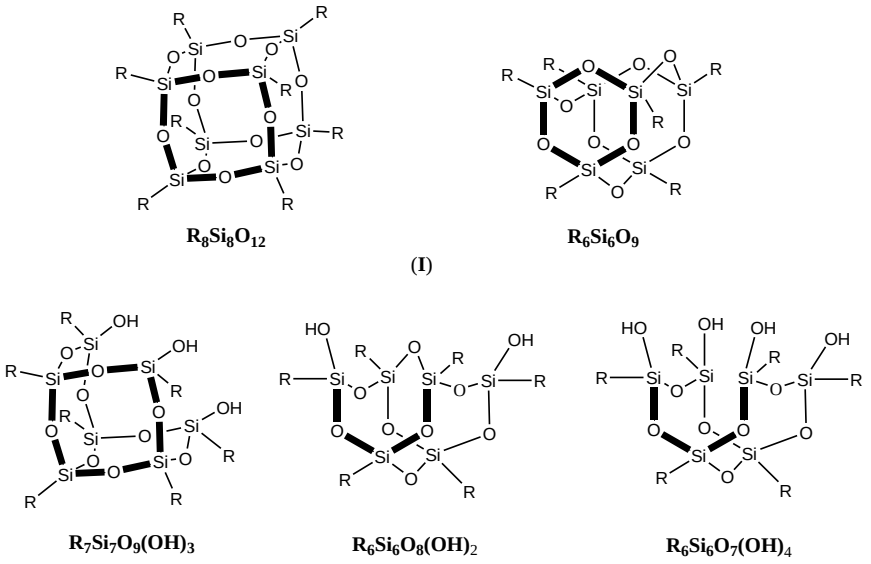
PLATINUM COMPLEXES WITH SILSESQUIOXANES – SYNTHESIS, CHARACTERIZATION AND PROPERTIES

Neli Mintcheva
University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, Bulgaria, e-mail: nmintcheva@abv.bg

ABSTRACT. New platina-silsesquioxane complex was synthesized and isolated in solid state. The structure was determinated by IR and NMR spectroscopy. The silsesquioxane acts as a monodentate ligand and it bonds to Pt center by oxygen donor atom originated from deprotonated silanol group (Si-OH). The thermal stability of the complex was studied. The compound undergoes reversible and irreversible changes in solution under heating, probably due to conformations in the molecule and decomposition of the complex, respectively.

Въведение

Силсескиоксаните са група олигомерни съединения, съдържащи мрежа от **Si-O** връзки и наличие на една органична група (**R** = алкил, циклоалкил) при всеки силициев атом (фиг. 1). Съществуват две големи подгрупи силсескиоксани: (**I**) напълно кондензирани силсескиоксани, които съдържат само Si-O връзки в скелета си и (**II**) частично кондензирани силсескиоксани, които освен Si-O връзки съдържат също силанолни групи Si-OH.



Фиг. 1. (I) Напълно кондензирани силсескиоксани; (II) Частично кондензирани силсескиоксани

Най-популярен представител от групата на частично кондензираните силсескиоксани е трисиланолът $R_7Si_7O_9(OH)_3$. Синтетичният метод за получаване на тези съединения е разработен от групата на Feher през 90-те

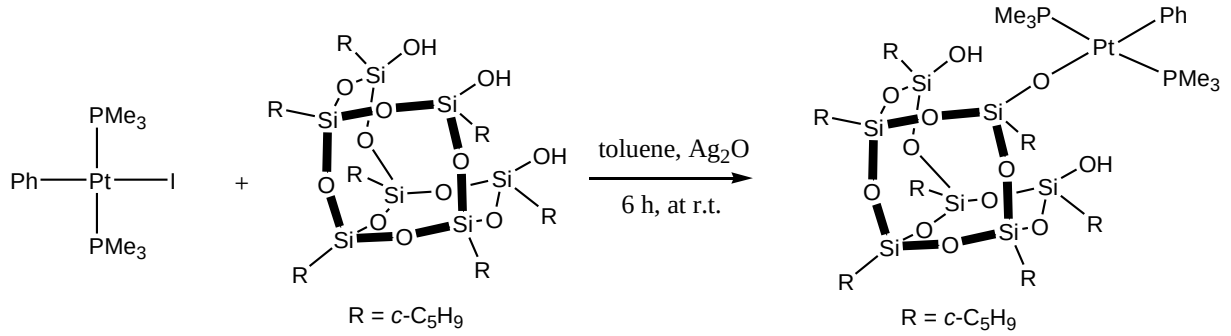
години на XX век и се състои в хидролиза на трихлорсилани ($RSiCl_3$) (**a.** Feher et al., 1989 – **h.** Feher et al., 1998). Тази група учени провежда изключително интензивна научна работа в областта на силсескиоксаните и след публикуването на процедурите за синтез на различни видове силсескиоксани, химията на тези съединения се разви много бързо.

Частично кондензираните силсескиоксани са интересни от гледна точка на координационната химия, тъй като те са способни да образуват голям брой метални комплекси. Те са подходящи лиганди както за химичните елементи от главните групи, така и за преходните метали, които проявяват типични комплексообразователни свойства. В литературата са публикувани голям брой научни статии, дискутиращи получаването и свойствата на метални силсескиоксанови комплекси на металите от 1-ви преходен ред (Ti, V, Cr, Fe, Zr) (Wada et al., 2004, Edelman et al., 2001). Причините за това са, че от една страна тези метални йони имат подчертан афинитет към образуването на комплексни съединения с лиганди, съдържащи *O*-донорни атоми, каквито са силсескиоксаните, и от друга – тяхната аналогия с хетерогенните силика-нанесени катализатори, а също и доказаната им каталитична активност като хомогенни катализатори за реакции на полимеризация. В същото време публикациите за силсескиоксанови комплекси на метали от група 10 (Ni, Pd, Pt) са твърде ограничени. Според класическите представи на координационната химия тези метални йони не би трябвало да образуват стабилни комплекси с *O*-донорни атоми, тъй като при образуването на връзката M-O възникват сили на отблъскване между запълнените *d*-орбитали на Pt^{2+}, Pd^{2+}, Ni^{2+} (d^8) и неподелената електронна двойка на кислородния атом. Въпреки това, редица учени успяват да стабилизират тази връзка в комплексните съединения. Abbenhuis и Johnson докладваха образуването на платинови комплекси със силсескиоксани, действащи като *O,O*-бидентатни хелатни лиганди (Abbenhuis et al., 1998, Quadrelli et al., 2000). Силанолите (R_3SiOH) са също лиганди, които образуват метални комплекси с връзка Pt-O-Si. Такива платинови комплекси синтезират Komiya et al. (Fukuoka et al., 1994; Fukuoka et al., 1999), а по-късно Osakada et al. докладват нов метод за получаване на платина-силоксо комплекси, чрез използването на Ag_2O като активатор (Mintcheva et al., 2001). Няколко години по-късно в същата група бяха направени първите опити за въвеждане на обемистия силсескиоксан $R_7Si_7O_9(OH)_3$ към арил-платинови комплекси. Резултатите бяха публикувани в няколко статии (Mintcheva et al., 2006; Mintcheva et al., 2007; Tanabe et al., 2008).

В тази статия се дискутира синтеза, охарактеризирането и термичната стабилност на платина-силсескиоксанов комплекс с триметилфосфинови спомагателни лиганди $Pt\{O_{10}Si_7(cyclo\text{-}C_5H_9)_7(OH)_2\}(Ph)(PMe_3)_2$.

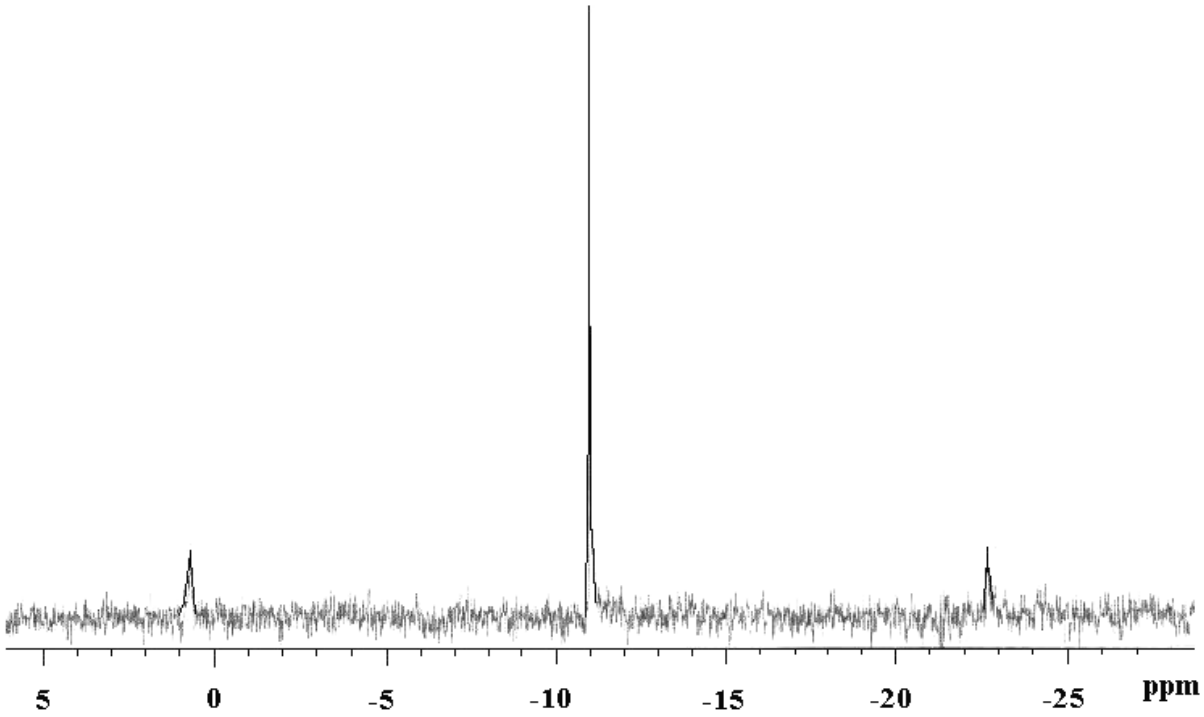
Резултати и обсъждане

При реакция на платиновия комплекс *trans*-$Pt(Ph)I(PMe_3)_2$ и силсескиоксанът $(c\text{-}C_5H_9)_7Si_7O_9(OH)_3$, в съотношение M:L=1:1, разтворени в толуен и в присъствие на стехиометрично количество Ag_2O се получава нов комплекс $Pt\{O_{10}Si_7(cyclo\text{-}C_5H_9)_7(OH)_2\}(Ph)(PMe_3)_2$, който се изолира от реакционната среда като безцветна утайка. Взаимодействието протича по следното уравнение:

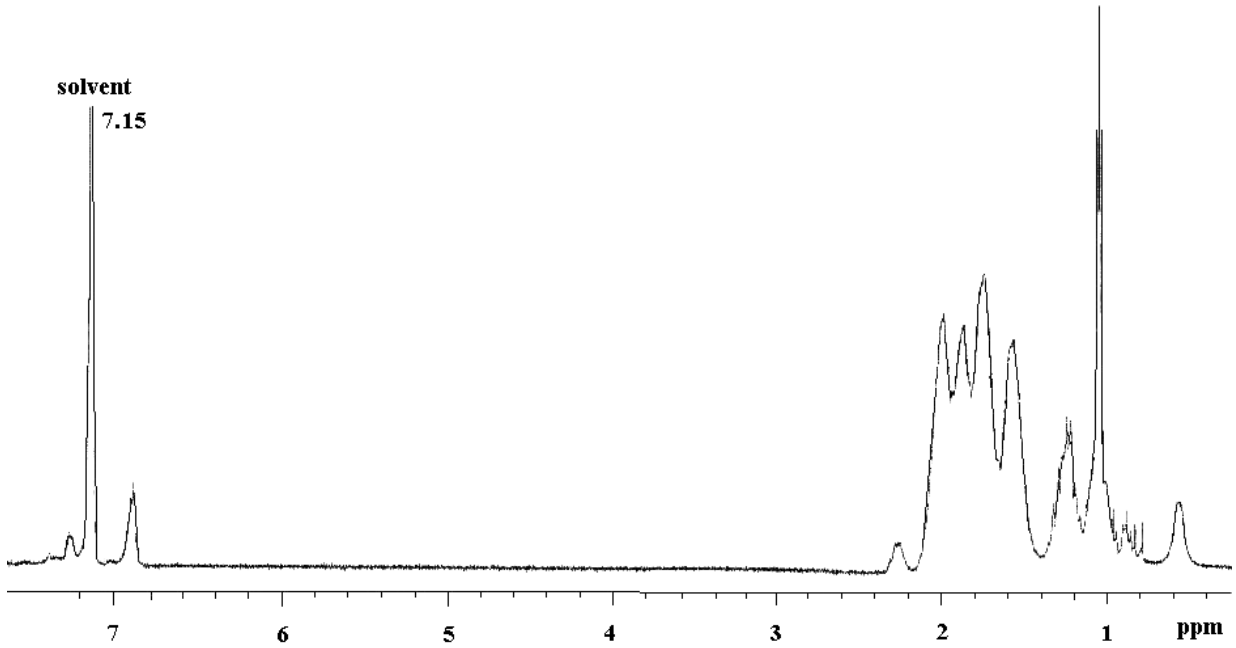


За охарактеризиране на така получения комплекс бяха използвани ^1H и ^{31}P ЯМР спектроскопия, ИЧ спектроскопия и елементен анализ. ^1H и ^{31}P ЯМР спектрите бяха измерени в разтвор на деутериран бензен, при стайна температура. На фиг. 2 е показан $^{31}P\{^1H\}$ ЯМР спектъра на комплекса. Единичният ^{31}P сигнал в спектъра с химично отместване δ -10.97 ppm показва присъствието на два фосфинови лиганда в *транс* положение. Този сигнал е съпроводен от два сателита, в резултат на спин-спиновото взаимодействие между атомите на ^{195}Pt и ^{31}P, с константа на спин-спиновото взаимодействие J_{PtP} = 2842 Hz. Стойността ѝ е типична за този вид платинови комплекси.

На фиг. 3 е показан ^1H ЯМР спектъра на комплекса $Pt\{O_{10}Si_7(cyclo\text{-}C_5H_9)_7(OH)_2\}(Ph)(PMe_3)_2$ в бензен-d_6 при стайна температура.



Фиг. 2. $^{31}P\{^1H\}$ ЯМР спектър на комплекса $Pt\{O_{10}Si_7(cyclo\text{-}C_5H_9)_7(OH)_2\}(Ph)(PMe_3)_2$ в бензен-d_6 при стайна температура



Фиг. 3. ^1H ЯМР спектър на комплекса $Pt\{O_{10}Si_7(cyclo\text{-}C_5H_9)_7(OH)_2\}(Ph)(PMe_3)_2$ в бензен-d_6 при стайна температура

В ^1H ЯМР спектъра (Фиг. 3) се наблюдават няколко групи сигнали, произхождащи от водородните атоми на силсескиоксана и триметилфосфиновите групи. Сигналът при 1.04 ppm, наблюдаван като триплет, с константа на спин-спиново взаимодействие H-H (J_{HH} = 7.2 Hz) е типичен за водородните атоми от метиловите групи на двата триметилфосфинови лиганда, и също потвърждава тяхното взаимно *транс*-положение. Силсескиоксанът (c-$C_5H_9)_7Si_7O_9(OH)_3$ съдържа 7 едновалентни циклопентилни групи, свързани към всеки от седемте Si атома. Мултиплетният сигнал при 1.2 ppm се дължи на седемте метинови водородни атома (–CH=) от циклопентилните групи. Групата мултиплетни сигнали в областта 2.3-1.4 ppm се дължи на 56 H атома от CH_2 групите на циклопентилните заместители. ^1H ЯМР сигналите за координираната фенилна група се наблюдават в типичната област – при 6.9 ppm резонират двата *мета*-H атома и един *пара*-H атом, а при 7.4-7.3 ppm - двата H атома на *орто*-място в бензолното ядро. При 9.2 ppm се наблюдава широк и слаб сигнал, отнесен за двата H атома от некоординираните силанолни групи. Най-вероятно тези два водородни атома са ангажирани във водородни връзки, аналогично на наблюдаваните в кристалната

структура на комплекса $Pt\{O_{10}Si_7(cyclo\text{-}C_5H_9)_7(OH)_2\}(Ph)(PEt_3)_2$ (Mintcheva et al., 2006).

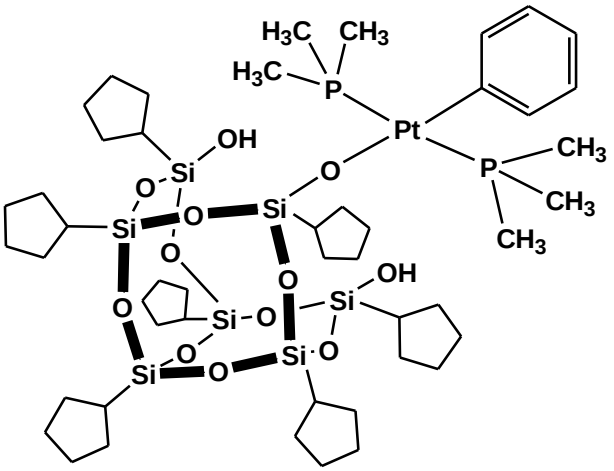
Всички ЯМР данни за този комплекс са в много добро съответствие с данните получени за подобни платина-силсескиоксанови комплекси с други спомагателни фосфинови лиганди (PEt_3, $P(PhMe_2)_3$) (Mintcheva et al., 2006, Mintcheva et al., 2007).

В ИЧ спектъра на комплекса (Таблица 1) ивицата за вибрационното трептене на OH групите се наблюдава при около 3200 cm^{-1} подобно на спектъра на свободния лиганд. Вибрационните честоти на връзките Si-O от скелета на силсескиоксана се наблюдават в интервала 920-878 cm^{-1} както за лиганда, така и за комплекса. Обаче, в спектъра на комплекса се регистрира нова ивица при 740 cm^{-1} отнесена към валентното трептене на връзката Si-O от силанолната група, координирана към метала.

Таблица 1.
По-важни ИЧ данни за лиганда $(c\text{-}C_5H_9)_7Si_7O_9(OH)_3$ и комплекса $Pt\{O_{10}Si_7(cyclo\text{-}C_5H_9)_7(OH)_2\}(Ph)(PMe_3)_2$.

съединение	ν(Si-O)	ν (Si-O) coordinated	ν (OH)
$(c\text{-}C_5H_9)_7Si_7O_9(OH)_3$	918 878		3200 (br.)
$Pt\{O_{10}Si_7(c\text{-}C_5H_9)_7(OH)_2\}(Ph)(PMe_3)_2$	922 878	740	3200 (br.)

Получените данни от ^1H, ^{31}P ЯМР и ИЧ спектроскопия, както и много доброто съответствие между намерените и изчислените данни от елементния анализ ни дават основание да твърдим, че е получен стабилен платина-силсескиоксанов комплекс, в който Pt център е координиран с една фенилна група, два триметилфосфинови лиганда във взаимно *транс*-положение и монодентатен *O*-свързан силсескиоксан. Предполагаемата структура е показана на схемата:



Свойства на платина-силсескиоксановия комплекс. След изолирането и определянето на състава и структурата на получения комплекс бяха изследвани свойствата му при нагряване. Целта беше да се установи каква е неговата стабилност в разтвор при по-високи температури. Термолизата на комплекса беше проведена в деутериран толуен, а промените бяха наблюдавани чрез ^{31}P ЯМР спектроскопия. Нагряването на пробата при 60 ^oC за 6 часа, доведе до получаване на смес от няколко частици. В ^{31}P ЯМР спектъра бяха наблюдавани 7 сигнала в интервала от -10.98 до -11.54 ppm, което показва протичането на редица превръщания. Три от сигналите, които са най-интензивни биха могли да се дължат на 3 конформера на платина-силсескиоксановия комплекс, при които се реализират три вида водородни връзки. Въпреки че, в този случай координационното обкръжение се запазва, по стерични причини сигнала на ^{31}P се отмества незначително. Интересно е да се отбележи, че някои от протичащите процеси са обратими, т.е. след охлаждане на пробата и съхранение при стайна температура около 10 дни, изходните ^{31}P ЯМР сигнали се възстановяват, тъй като се стабилизират по-ниско енергетичните конформери. Към необратимите процеси, респективно към частиците, които не се възстановяват след престояване при стайна температура, следва да причислим продуктите от деструкцията на основния комплекс, такива като $Me_3P{=}O$ и други платинови фосфорсъдържащи частици. Следователно при нагряване в разтвор комплексът претърпява обратими и необратими промени, свързани най-вероятно с конформационни превръщания на молекулата и разпадане на комплекса, съответно. Като извод от проведената термолиза може да се обобщи, че полученият платина-силсескиоксанов комплекс не е особено стабилен при по-високи температури и това е необходимо да се знае при евентуалното му бъдещо приложение.

Материали и методи

^{1}H и ^{31}P{^{1}H} ЯМР спектри бяха записани на спектрометър Varian Mercury 300. ИЧ спектри бяха заснети на спектрометър Shimadzu FT/IR-8100. Елементният анализ е проведен на анализатор Yanaco MT-5 CHN.

Силсескиоксанът ((*cyclo*-$C_5H_9)_7Si_7O_9(OH)_3$) 1,3,5,7,9,11,14-heptacyclopentyltricyclo-[7.3.3.1(5,11)]hepta-siloxane-endo-3,7,14-triol, е търговски продукт от фирмата Aldrich. Изходните платинови комплекси Pt(Ph)I($PMe_3)_2$ и Pt(Ph)I(cod) са синтезирани според методите описани в литературата (Kistner et al., 1963; Clark et al., 1973). За получаване на Pt(Ph)I(cod), синтезът беше извършен на 2 етапа: първо се получава комплексът PtI_2(cod), от реакция на K_2PtCl_4, NaI и cod (cyclooctadiene) в смесен разтворител етанол-вода. Към така получения продукт PtI_2(cod), разтворен в толуен се прибавя бавно, на капки PhMgBr. Сместа се разбърква при стайна температура около 20 часа, филтрува се, екстрахира се с H_2O за отстраняване на водоразтворимите странични продукти, а основния продукт Pt(Ph)I(cod) се изолира от органичната фаза. Комплексът Pt(Ph)I($PMe_3)_2$ се получава като към 20 мл толуенов разтвор на Pt(Ph)I(cod) (2 mmol, 1.015 g) се прибавят бавно на капки разтвор на PMe_3 в тетрахидрофуран (4mmol, 0.5965g), при непрекъснато разбъркване. Реакционната смес се разбърква интензивно, при стайна температура 3 - 4 часа, след което жълтата утайка от Pt(Ph)I($PMe_3)_2$ се филтрува и промива с хексан. Продуктът се прекристализира из дихлорметан/хексан.

Синтезиране на платина-силсескиоксановия комплекс Pt{$O_{10}Si_7$(cyclo-$C_5H_9)_7(OH)_2$}(Ph)($PMe_3)_2$. Към разтвор на *trans*-Pt(Ph)I($PMe_3)_2$ (0.15 ммол, 0.0759г) в 10 мл толуен бяха прибавени силсескиоксанът (*c*-$C_5H_9)_7Si_7O_9(OH)_3$ (0.15 ммол, 0.131г) и Ag_2O (0.2 ммол, 0.0463г). Реакционната смес се разбърква при стайна температура за 6 часа, след което се филтрува през шотов филтър за отстраняване на нереагиралия Ag_2O и получения AgI. Филтратът, съдържащ желаният продукт се изпарява и след това се разтваря в 1.5-2 мл хексан. Отново се филтрува за отстраняване на онечиствания и се оставя при температура -20 ^oC за изкристализиране на крайния продукт. Добивът е 65%. Резултатите от елементния анализ показват състав на комплекса $C_{47}H_{88}O_{12}P_2Si_7Pt$: изчисл. (нам.) C 43.46 (42.96) %; H 6.83 (6.53) %. **ЯМР данни: ^{1}H NMR** (300 MHz, benzene-d_6, r.t.): 9.2 (s, 2H, OH), 7.4-7.3 (m, 2H, C_6H_5-*o*), 6.9 (m, 3H, C_6H_5-*m*+C_6H_5-*p*), 2.3-1.4 (m, 56H, CH_2-pentyl), 1.2 (m, 7H, CH-pentyl), 1.04 (t, J_{HH} = 7.2 Hz, 18H, CH_3). **^{31}P{^{1}H} NMR** (121.5 MHz, benzene-d_6, r.t.): δ -10.97 ppm, J_{PtP} = 2842 Hz.

Препоръчана за публикуване от катедра „Химия", МТФ

Литература

Abbenhuis, H. C. L.; Burrows, A. D.; Kooijman, H.; Lutz, M.; Palmer, M. T.; van Santen, R. A.; Spek, A. L. 1998. *Chem. Commun*, 2627.

Clark, H.C.; Manzer, L.E. 1973. *J. Organomet. Chem.*, 59, 411.

Edelman, F. T.; Giessmann, St.; Fischer, A. 2001. *J. Organomet. Chem.*, 620, 80.

a. Feher, F. J.; Newman, D. A.; Walzer, J. F. 1989. *J. Am. Chem. Soc.*, 111, 1741.

b. Feher, F. J.; Budzichowski, T. A.; Blanski, R. L.; Weller, K. J.; Ziller, J. W. 1991. *Organometallics*, 10, 2526.

c. Feher, F. J.; Weller, K. J.; Schwab, J. J. 1995. *Organometallics*, 14, 2009.

d. Feher, F. J.; Philips, S. H.; Ziller, J. W. 1997. *Chem. Commun*, 829.

e. Feher, F. J.; Phillips, S. H.; Ziller, J. W. 1997. *J. Am. Chem. Soc*, 119, 3397.

f. Feher, F. J.; Soulivong, D.; Lewis, G. T. 1997. *J. Am. Chem. Soc*, 119, 11323.

g. Feher, F. J.; Soulivong, D.; Eklund, A. G. 1998. *Chem. Commun*, 399.

h. Feher, F. J.; Soulivong, D.; Nguyen, F. 1998. *Chem. Commun*, 1279.

Fukuoka, A.; Sato, A.; Mizuho, Y.; Hirano, M.; Komiya, S. 1994. *Chem.Lett.*, 1641.

Fukuoka, A.; Sato, A.; Kodama, K.; Hirano, M.; Komiya S. 1999. *Inorg. Chim. Acta*, 294, 266.

Kistner, C.R.; Hutchinson, J.H.; Doyle, J.R.; Storlie, J.C. 1963. *Inogr. Chem.*, 2, 1255.

Mintcheva N.; Nishihara, Y.; Mori A.; Osakada K. 2001. *J. Organomet. Chem.*, 629(1-2), 61.

Mintcheva N.; Tanabe M.; Osakada K. 2006. *Organometallics*, 25, 3776.

Mintcheva N.; Tanabe M.; Osakada K. 2007. *Organometallics*, 26, 1402.

Quadrelli, E. A.; Davies, J. E.; Johnson, B. F. G.; Feeder, N. 2000. *Chem.Commun.*, 1031.

Tanabe M.; Mutou K.; Mintcheva N.; Osakada K.; 2008. *Organometallics*, 27, 519.

Wada, K,; Itayama, N.; Watanabe, N.; Bundo, M.; Kondo, T.; Mitsudo, T. 2004. *Organometallics*, 23, 5824.

ГОДИШНИК НА МИННО-ГЕОЛОЖКИЯ УНИВЕРСИТЕТ "СВ. ИВАН РИЛСКИ", Том 52, Св. II, Добив и преработка на минерални суровини, 2009
ANNUAL OF THE UNIVERSITY OF MINING AND GEOLOGY "ST. IVAN RILSKI", Vol. 52, Part II, Mining and Mineral processing, 2009

СИНТЕЗ НА ФОСФОНОВИ АНАЛОЗИ НА НЕПРИРОДНИ АМИНОКИСЕЛИНИ: I. 2-АМИНО-3-[2-АРИЛ-1Н-ИНДЕН-1,3(2Н)-ДИОНИЛ]-ЕТИЛФОСФОНОВИ КИСЕЛИНИ

Недялко Софрониев

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

РЕЗЮМЕ. Синтезирани са естерамиди на 2-амино-2-диетоксифосфонил-2-[2-заместени бензил-1Н-инден-1,3(2Н)-дионил]-оцетни киселини. При киселинната хидролиза на тези съединения са получени 2-амино-3-[2-арил-1Н-инден-1,3(2Н)-дионил]-етилфосфонови киселини (фосфонови аналози на неприродни аминокиселини съдържащи остатъци от 2-арил-1Н-инден-1,3(2Н)-диони), които притежават антикоагулантно действие върху кръвта.
Ключови думи: Етилов естер на 2-(4'-формилбензил)-2-ацетиламино-2-диетоксифосфонилоцетна киселина, етилов естер на 2-(2'-метокси-5'-формилбензил)-2-ацетиламино-2-диетоксифосфонилоцетна киселина, естерамиди на 2-амино-2-диетоксифосфонил-2-[2-заместени бензил-1Н-инден-1,3(2Н)-дионил]-оцетни киселини, 2-амино-3-[2-арил-1Н-инден-1,3(2Н)-дионил]-етилфосфонови киселини.

SYNTHESIS OF PHOSPHONIC ANALOGUES OF UNNATURAL AMINO ACIDS: I. 2-AMINO-3-[2-ARYL-1H-INDENE-1,3 (2H)-DIONYL]-ETHYLPHOSPHONIC ACIDS

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

ABSTRACT. Esteramides of 2-amino-2-diethoxyphosphonyl-2-[2-substituted benzyl-1H-indene-1,3(2H)-dionyl]-acetic acids are obtained. By their acid hydrolysis 2-amino-3-[2-aryl-1H-indene-1,3(2H)-dionyl]-ethylphosphonic acids (phosphonic analogues of unnatural amino acids, containing residues of 2-aryl-1H-indene-1,3(2H)-diones) are obtained. They exhibit an anticoagulating activity on the blood.
Key words: Ethyl ester of 2-(4'-formylbenzyl)-2-acetylamino-2-diethoxyphosphonylacetic acid, ethyl ester of 2-(2'-methoxy-5'-formylbenzyl)-2-acetylamino-2-diethoxyphosphonylacetic acid, esteramides of 2-amino-2-diethoxyphosphonyl-2-[2-substituted benzyl-1H-indene-1,3(2H)-dionyl]-acetic acids, 2-amino-3-[2-aryl-1H-indene-1,3(2H)-dionyl]-ethylphosphonic acids.

Въведение

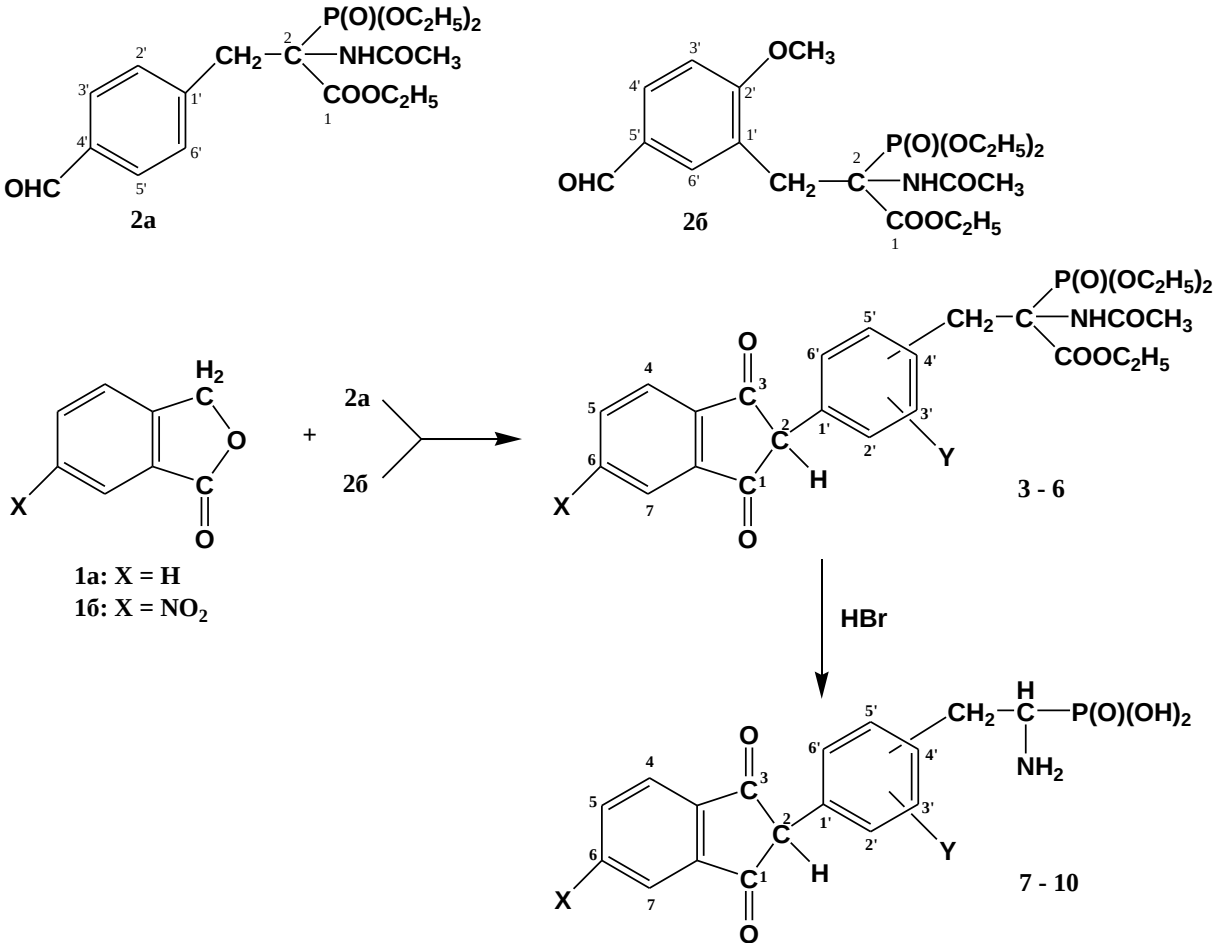
Известно е, че редица циклични β-дикетони притежават антикоагулантно действие върху кръвта (Lombardino and Wiseman, 1968; Озол и др., 1969; Чазов и Лакин, 1977). Някои от тях намират приложение като лекарствени препарати с антикоагулантно действие – „фенилин" (2-фенил-1Н-инден-1,3(2Н)-дион), "омефин" (2-β-хидроксиетил-2-фенил-1Н-инден-1,3(2Н)-дион) (Машковский, 1984). В литературата са описани неприродни α-аминокиселини, които носят остатъци от 2-арил-1Н-инден-1,3(2Н)-диони (Minchev et al, 1986; Минчев и др., 1987; Minchev et al, 1988; Minchev et al, 1990; **а.** Софрониев, 2007), неприродни α-аминокиселини, съдържащи остатъци от 2-арилметилен-1Н-инден-1,3(2Н)-диони (**б.** Софрониев, 2007) и от 2-арилметил-1Н-инден-1,3(2Н)-диони (Софрониев, 2008), а също така и фосфонови аналози на неприродни аминокиселини, имащи остатъци от 2-арил-1Н-инден-1,3(2Н)-диони (Minchev et al, 1988; **а.** Софрониев и др., 1989; Minchev et al., 1990; Софрониев, 2009). Някои от тези неприродни α-аминокиселини притежават антикоагулантно действие върху кръвта (Минчев и др., 1987; **б**. Софрониев, 2007), съизмеримо с това на прилаганите в медицинската практика антикоагуланти „фенилин" и "омефин". Предимство на тези неприродни аминокиселини е, че имат добра разтворимост във водна среда, което е предпоставка за по-дългото им задържане в живите организми, в сравнение с използваните клинични препарати "фенилин" и "омефин".

С оглед търсенето на нови производни на неприродни α-аминокиселини притежаващи антикоагулантно действие върху кръвта, си поставихме задачата да синтезираме 2-амино-3-[2-арил-1Н-инден-1,3(2Н)-дионил]-етилфосфонови киселини (фосфонови аналози на неприродни аминокиселини съдържащи остатъци от 2-арил-1Н-инден-1,3(2Н)-диони).

Обсъждане

Синтезата на естерамидите на 2-амино-2-диетоксифосфонил-2-[2-заместени бензил-1Н-инден-1,3(2Н)-дионил]-оцетни киселини (**3** – **6**) осъществихме при взаимодействието на 1(3Н)-изобензофуранон (**1а**) или на 6-нитро-1(3Н)-изобензофуранон (**1б**) с етиловия естер на 2-(4'-формилбензил)-2-ацетиламино-2-диетоксифосфонилоцетна киселина (**2а**), или с етиловия естер на 2-(2'-метокси-5'-формилбензил)-2-ацетиламино-2-диетоксифосфонилоцетна киселина (**2б**) в среда от натриев етилат. Получените естерамиди **3** и **4** са жълтооцветени, а **5** и **6** са виолетовооцветени кристални вещества. В

инфрачервените спектри на съединенията **3** – **6** се наблюдават две абсорбционни ивици в областта 1740 и 1710 см$^{-1}$, които се дължат на симетрични и асиметрични валентни трептения от циклични карбонилни групи. За същите съединения е налице и ивица на абсорбция в областта 1740 – 1720 см$^{-1}$, дължаща се на валентните трептения от естерна карбонилна група. Тази ивица се препокрива с ивицата на абсорбция на симетричните валентни трептения от цикличните карбонилни групи, поради което се наблюдава една обща широка абсорбционна ивица в областта 1740 – 1720 см$^{-1}$. В областта 1270 и 1030 см$^{-1}$ се наблюдават две абсорбционни ивици, дължащи се на асиметрични и симетрични валентни трептения от C-O-C връзка на естерна група. Налице е и ивица на абсорбция при 1670 см$^{-1}$ на валентни трептения от C=O връзка на амидна карбонилна група. Наблюдават се и абсорбционни ивици, дължащи се на валентни трептения в областта 3340 – 3270 см$^{-1}$ и на деформационни трептения в областта 1570 – 1510 см$^{-1}$ от N-H амидна връзка. В областта 1160 см$^{-1}$ е налице ивица на абсорбция на валентни трептения от P=O връзка и две абсорбционни ивици в областта 1100 – 990 см$^{-1}$ и 830 – 760 см$^{-1}$, дължащи се на валентни трептения от P-O-C връзка. В спектрите на съединения **5** и **6** се наблюдават две абсорбционни ивици, дължащи се на асиметрични и симетрични валентни трептения от N=O връзка на нитрогрупа в областта 1530 и 1320 см$^{-1}$. От получените естерамиди **3** – **6**, съединения **4** и **6** са описани в литературата, като данните от елементния анализ и температурите на топене съвпадат с тези на описаните в литературата съединения (**а.** Софрониев и др., 1989).



При третиране на съединения **3** – **6** с концентрирана бромоводородна киселина, осъществихме хидролиза на амидната и естерните групи и декарбоксилиране на карбоксилната група (по аналогия с метода на Преображенская и Макарова (1971) за получаване на α-аминокиселини). Получават се със сравнително добри добиви съответните 2-амино-3-[2-арил-1H-инден-1,3(2H)-дионил]-етилфосфонови киселини (фосфонови аналози на неприродни аминокиселини) (**7** – **10**). Съединенията **7** и **8** са светложълти кристални вещества, а **9** и **10** са светлокафяви кристални вещества. В инфрачервените спектри на фосфоновите аналози на неприродните аминокиселини **7** – **10** се наблюдават абсорбционни ивици в областта 1740 и 1710 см$^{-1}$, дължащи се на симетрични и асиметрични валентни трептения от циклични карбонилни групи. При тези съединения изчезва общата широка абсорбционна ивица в областта 1740 – 1720 см$^{-1}$, дължаща се на препокриване на ивицата на абсорбция на валентните трептения от естерна карбонилна група с ивицата на абсорбция на симетричните валентни трептения от цикличните карбонилни групи. Изчезват ивицата на абсорбция на валентни трептения от амидна карбонилна група, ивиците на абсорбция, дължащи се на валентни и деформационни трептения от N-H амидна връзка и абсорбционните ивици на асиметрични и симетрични валентни трептения от C-O-C връзка на

естерна група, а се появява характерната за аминокиселините широка ивица на абсорбция от амониева група в областта 3020 см$^{-1}$. При всички съединения **7** – **10** е налице ивица на абсорбция в областта 1160 см$^{-1}$ на валентни трептения от P=O връзка, като изчезват абсорбционните ивици, дължащи се на валентни трептения от P-O-C връзка. При съединения **9** и **10** са налице абсорбционни ивици дължащи се на асиметрични и симетрични валентни трептения от N=O връзка на нитрогрупа в областта 1530 и 1320 см$^{-1}$.

Таблица 1

№	X	Y	R*	Т.т., ^{0}C	Добив %	Анализ N,%		Анализ P,%		R_f	
						изч.	нам.	изч.	нам.		
3	H	H	4'-	103-104	77	2,72	2,90	6,01	6,19	0,70^A	0,42^Б
4	H	4'-OCH_3	3'-	84-85	73	2,57	2,69	5,68	5,74	0,57^A	0,33^Б
5	NO_2	H	4'-	107-108	70	5,00	5,15	5,53	5,67	0,63^A	0,29^Б
6	NO_2	4'-OCH_3	3'-	97-99	64	4,74	4,90	5,24	5,40	0,69^A	0,38^Б

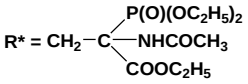
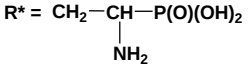
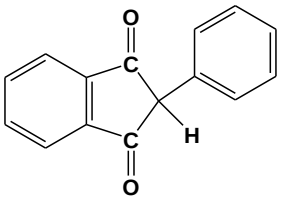


Таблица 2

№	X	Y	R*	Т.т., ^{0}C	Добив %	Анализ N,%		Анализ P,%		R_f	
						изч.	нам.	изч.	нам.		
7	H	H	4'-	214-216	63	4,06	4,13	8,97	8,78	0,74^B	0,43^A
8	H	4'-OCH_3	3'-	237-238	69	3,73	3,69	8,25	8,36	0,68^B	0,31^A
9	NO_2	H	4'-	261-263	71	7,18	7,30	7,94	8,05	0,60^B	0,39^Б
10	NO_2	4'-OCH_3	3'-	247-248	64	6,66	6,77	7,37	7,43	0,81^B	0,37^Б



Синтезираните естерамиди **3** – **6** и фосфонови аналози на неприродни аминокиселини **7** – **10**, в действителност са производни на клиничния препарат с антикоагулантно действие „фенилин" (2-фенил-1H-инден-1,3(2H)-дион):



Клиничният препарат „фенилин" е неразтворим във вода и се прилага перорално. Освен това той много лесно се изхвърля от организма чрез отделителната система. За да може да се поддържа необходимата концентрация на фенилин в кръвта, се налага неколкократната употреба на препарата като дневна доза (Машковский, 1984).

Изследвана е острата токсичност на етиловия естер на 2-ацетиламино-2-диетоксифосфонил-2-[2-бензил-1H-инден-1,3(2H)-дионил]-оцетна киселина (**3**) и 2-амино-3-[2-фенил-1H-инден-1,3(2H)-дионил]-етилфосфонова киселина (**7**), които се въвеждат перорално на безпородни бели мишки чрез катетър в концентрации 150, 300, 600, 1200 и 2400 мг/кг. Веществата се разтварят във вода чрез добавяне на натриев карбонат до пълното им разтваряне. На контролните животни се въвежда перорално същото количество воден разтвор на натриев карбонат. Леталната доза LD_{50} за опитните животни се отчита след едно денонощие. LD_{50} за съединение **3** е 1015 мг/кг, а за съединение **7** е 960 мг/кг. Леталната доза както за съединение **3**, така и за съединение **7** е по-ниска от тази на клиничния препарат „фенилин" (LD_{50} = 845 мг/кг). Антикоагулантното действие на съединенията **3** и **7** върху бели безпородни мишки се определя чрез измерване на времето на кървене („Клинична лаборатория", 1985). Веществата **3** и **7** се въвеждат перорално чрез катетър в дози 1/3 от LD_{50}. Кръв се взема след отрязване върха на опашката на всяка мишка на 30-та, 90-та и 180-та минута след въвеждането на веществата. Времето на кървене е отразено в таблица 3. От таблица 3 е видно, че съединение **7** значително по-силно влияе върху времето на кървене, в сравнение със съединение **3**.

Таблица 3

Вещество	Доза мг/кг	Време за кървене, мин		
		30	90	180
Контрола	0	12,0	12,6	12,2
"фенилин"	281	15,4	17,6	19,0
съед. **3**	338	14,0	15,1	16,4
съед. **7**	320	15,6	21,5	25,4

Антикоагулантното действие на съединение **7** е съизмеримо с това на „фенилина", що се отнася за времето на кървене на 30-та минута след пероралното въвеждане на веществото. Данните за времето на кървене на 90-та и 180-та минута показват по-добро действие за

съединение **7**, в сравнение с клиничния препарат „фенилин". Причината по всяка вероятност се дължи на по-добрата разтворимост на съединение **7** във вода, а също така и на факта, че съединение **7** се задържа по-дълго време в кръвта на опитните животни. Съединение **7** създава по-добър „депоефект", т.е. поддържа се по-голяма концентрация на веществото в кръвта на опитните животни на 90-та и 180-та минута след въвеждането му, в сравнение с препарата „фенилин".

Материали и методи

Температурите на топене са определяни в открита капиляра без корекция. Инфрачервените спектри са снети в нуйол на спектрофотометър Carl Zeiss Specord 75 IR. Органичните разтворители са изпарявани при остатъчно налягане 14 мм Hg стълб. Новополучените съединения охарактеризирахме чрез елементен анализ, а чистотата им контролирахме чрез тънкослойна хроматография на DC-Alufolien Plates, Kieselgel 60 F_{254}, 0.2 mm в следните хроматографски системи: А, етилацетат – петролев етер (2:1); Б, н-бутанол – етанол - вода (5:1:4); В, хлороформ – ацетон (9:1).

Изходните съединения синтезирахме по познати методи: 1(3Н)-изобензофуранон (фталид) (**1а**) получихме по Родионов и Чухина (1949), 6-нитро-1(3Н)-изобензофуранон (6-нитрофталид) (**1б**) по Borsche et al (1934), етиловият естер на 2-(4'-формилбензил)-2-ацетиламино-2-диетоксифосфонилоцетна киселина (**2а**) по Софрониев (2009) и етиловият естер на 2-(2'-метокси-5'-формилбензил)-2-ацетиламино-2-диетоксифосфонил-оцетна киселина (**2б**) по **б.** Софрониев и др. (1989).

Резултати

1. Получаване на естерамидите на 2-амино-2-диетоксифосфонил-2-[2-заместени бензил-1Н-инден-1,3(2Н)-дионил]-оцетни киселини (3 – 6)

Към разтвора на 0.114г Na в 20 мл абсолютен етилов алкохол се прибавят 0.005 мол (2.00 г) от етиловия естер на 2-(4'-формилбензил)-2-ацетиламино-2-диетоксифосфонилоцетна киселина (**2а**) или 0.005 мол (2.15 г) от етиловия естер на 2-(2'-метокси-5'-формилбензил)-2-ацетиламино-2-диетоксифосфонилоцетна киселина (**2б**), 0.005 мол (0.67 г) 1(3Н)-изобензофуранон (фталид) (**1а**) или 0.005 мол (0.89 г) 6-нитро-1(3Н)-изобензофуранон (6-нитрофталид) (**1б**) и 10 мл сух етилацетат. Разтворът се нагрява на обратен хладник в продължение на 1 час, като още в началото разтворът почервенява и след няколко минути става тъмночервен. След охлаждане сместта се излива в 200 мл вода, филтрува се и филтратът се подкислява с разредена солна киселина до pH 6, при което из водния разтвор кристализира крайният продукт. Съедиенията **3** – **6** се прекристализират из етилацетат/петролев етер, като съединенията **3** и **4** са жълтооцветени, а **5** и **6** са виолетовооцветени кристални вещества. От синтезираните естерамиди **3** – **6**, съединения **4** и **6** са описани в литературата и по своите характеристики отговарят на описаните в литературата съединения (**а.** Софрониев и др., 1989). Данните за съединения **3** – **6** са отразени в таблица 1.

2. Получаване на 2-амино-3-[2-арил-1Н-инден-1,3(2Н)-дионил]-етилфосфонови киселини (7 – 10)

Към разтвора на 0.003 мол от съответните естерамиди 3 – 6 се прибавят 20 мл концентрирана бромоводородна киселина. Полученият червеноцветен разтвор се нагрява на обратен хладник в продължение на 3 часа. След охлаждане полученият тъмновиолетов разтвор се алкализира с воден разтвор на натриев бикарбонат до pH 5. Падналата утайка се филтрува, суши се и се прекристализира из етилацетат/петролев етер. Новополучените съединения **7** и **8** са светложълти кристални вещества, а съединенията **9** и **10** се получават под формата на светлокафявооцветени кристали. Данните за новосинтезираните вещества са отразени в таблица 2.

Литература

«Клинична лаборатория». 1985. София, стр. 135.

Машковский, М. 1984. «*Лекарственные средства*», Медицина, Москва, часть 1, стр. 494.

Минчев, С., Н. Софрониев, А. Ляпова, А. Дойчинов. 1987. *Авт. свид. BG*, 43438.

Озол, Я., С. Германе, К. Арен. 1969. *Изв. АН Латв. ССР,* с.х., 583.

Преображенская, К., Н. Макарова. 1971. *Ж. Всесоюзн. Хим.Общ. им. Менделеева*, 14, 592.

Родионов, В., Е. Чухина.1949. *Ж. прикл. химии*, 22(8),853.

а. Софрониев, Н., С. Минчев, М. Кирилов, А. Дойчинов.1989. *Авт. свид. BG, 45918*.

б. Софрониев, Н., М. Кирилов, С. Минчев.1989. *Авт. свид. BG, 45919*.

а. Софрониев, Н. 2007. *Год. МГУ,* 50, *св. II*, 197.

б. Софрониев, Н. 2007. *Год. МГУ,* 50, *св. II*, 203.

Софрониев, Н. 2008. *Год. МГУ,* 51, *св. II*, 97.

Софрониев, Н. 2009. *Год. МГУ,* 52, *св. II*, стр.211.

Чазов, Е., К. Лакин. 1977. «*Антикоагулянты и фибринолитические средства*», Медицина, Москва, стр. 66.

Borsche, W., K. Diakont, H. Hanau.1934. *Chem. Ber.,* 67B, 675.

Lombardino, J., E. Wiseman. 1968. *J. Med. Chem., 11*, 342.

Minchev, S., N. Sofroniev, I. Timtcheva, P. Nikolov. 1986. *Peptides*, 663.

Minchev, S., H. Nedev, N. Stoyanov, B. Aleksiev, N. Sofroniev, M. Kirilov. 1988. *Peptides,* 310.

Minchev, S., H. Nedev, N. Stoyanov, N. Sofroniev, D. Efremova. 1990. *Peptides*, 630.

Препоръчана за публикуване от катедра „Химия", МТФ

ГОДИШНИК НА МИННО-ГЕОЛОЖКИЯ УНИВЕРСИТЕТ "СВ. ИВАН РИЛСКИ", Том 52, Св. II, Добив и преработка на минерални суровини, 2009
ANNUAL OF THE UNIVERSITY OF MINING AND GEOLOGY "ST. IVAN RILSKI", Vol. 52, Part II, Mining and Mineral processing, 2009

ХУМИНОВИТЕ КИСЕЛИНИ В ОБОРОТНИТЕ ВОДИ НА ФЛОТАЦИОННИТЕ ФАБРИКИ – ПРОИЗХОД И ПОВЕДЕНИЕ

Антоанета Ботева[1], Кристина Грозева-Мърхова[2], Мариела Парашкевова[3]

[1,2,3] Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", София-1700

РЕЗЮМЕ. По химическа структура хуминовите киселини са природни високомолекулярни азотсъдържащи органични киселини, молекулите на които съдържат и ароматни групи. В оборотните води на обогатителните фабрики те присъствуват неизбежно. Произходът им е свързан с повърхностните води, които извличат хуминови киселини от листната маса и при дъждове и снеготопене се вливат в чашите на отпадъкохранилищата. В обогатителните фабрики, работещите чрез физически методи на обогатяване присъствието на хуминови киселини в оборотните води не създава съществени проблеми. Във флотационните обогатителни фабрики, при които разделянето на минералите се реализира на база различията в повърхностните свойства на минералните зърна, присъствието на хуминови киселини в оборотните води може да предизвика редица нарушения на процесите. Настоящата статия разглежда възможностите за такива нарушения и методите за тяхното отстраняване.

HUMUS ACIDS IN TURNAROUND WATERS FLOTATION FACTORIES

Antoaneta Boteva[1], Kristina Grozeva-Marhova[2], Mariela Parashkevova[3]
[1,2,3] University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski ", 1700 Sofia

ABSTRACT. The chemical structure humus acids consists from high-molecular nitrogen containing acids in molecule which is contained also aromatic groups. They are present at turnaround waters of concentrating factories inevitably .Their origin is connected with surface waters which extracts humus acids from leafs rot. When flotation factories work on the basis physical methods of enrichment presence of the humus acids in turnaround waters does not prevent. At flotation concentrating factories where separation of minerals pprocesses on the basis distinctions in surface properties mineral grains, presence humus acids can cause infringements in processes to selection. The present {true} article considers possibilities for such infringements and offers methods for them removing.

ВЪВЕДЕНИЕ

Под общото название хуминови киселини се включва група от високомолекулярни азотсържащи органични киселини, молекулите на които съдържат ароматни групи. Те са неедноодни поликомпонентни съединения ,без постояен състав и постоянна химическа формула. Най-общо, те могат да се представят като смес от еднотипно построени молекули с променлив състав. Елементният им състав се определя от съотношението между C, H, и N. Общо свойство хуминовите киселини е способността им да образуват стабилни комплекси с металните йони. Те заедно с други лиганди от естествен (природен) произход могат да замърсяват околната среда с различни токсични елементи като ги пренасят в биологичните системи (борови иглички и др.). В оборотните води на флотационните фабрики хуминовите киселини неизбежно присъстват. Техният произход е свързан с ферментацията на големи количества листна маса, която се намира в планинските райони, където се строят отпадъкохранилищата на флотационните фабрики. При обилни дъжове и в периода на снеготопенето значителни количества повърхостни води отмиват хумиовите киселини от листната маса и се втичат в чашите на отпадъкохранилищата. От там, те попадат в оборотните води и циркулират с тях. Изхождайки от способността им да образуват стабилни комплекси с металните катиони, които преобладават в оборотните води на рудните обогатителни фабрики, следва да се очаква, че в оборотните води те присъстват като лиганди в метал-органичните комплекси. Това са колоидни системи с хидрофилна органична част, съдържащи метални йони, като стабилни комлекси. Тези метални йони следва да способстват закрепването върху разкритите повърхности на рудните минерални зърна и да влияят върху тяхната флотируемост при технологичните процеси. При провеждането на изследването сме се ръководили от основните свойства на хуминовите киселини съгласно [1], където «хидрофилност, е способност да агрегират, като образуват многомолекулярни структури"; "Хуминовите киселини са ниско хидрофилни, но йонизацията им в алкална среда повишава тяхната хидрофилност"; "Типът на координация на хуминовите киселини с йоните на метала е предимно карбоксилен. При повишено pH на средата не е изключено появата и на аминокиселинен характер." Устойчивостта на координационните съединения на хуминовите киселини с метални йони се променя в реда, идентичен с този на комплексите със средна устойчивост. Йоните на Cu^{2+} образуват по-стабилни комплекси, от тези на Mg^{2+} ".

Използвани материали и методи на изследване

За реализиране на изследванията се използва подходяща комплексна методика включваща, елементен химически анализ , ИЧ-спектроскопия, замерване на ξ-потенциала на изследваните дисперсни системи и безпенна флотация на мономинерални проби в Халимондова тръба.

Използваните материали включват:

1. Оборотни води.

Пробата е взета чрез пресичане струята на оборотната вода захранваща фабрика „Елаците". Количеството от 10 l оборотна вода се екстрахира с 100 cm³ метанол , след което отделеният чрез делителна фуния метанол се оставя да се изпари при стайна температура и въздушна среда в продължение на 24h. Полученият остатък се анализира с ИЧ-спектроскоп SPECORD M80,производство на Германия. Полученият спектър е показан в табл. 1. Посочената операция се повторя с метилетилкетон. Полученият ИЧ-спектър е даден, също в табл. 1. Получените спектри са сравнени с тези на хуминовите киселини публикувани в [1]. Сравнението показва недвусмислено, че и двата извлека са на хуминови киселини, след което при изследването се използва метаноловия остатък. Метанолът има известни пенообразуващи свойства, но не се закрепва към минералната повърхност. Изходният елементен състав на използваната проба от оборотната вода е даден на табл. 2.

Оборотната вода е с pH - 8,0.

Таблица 1

ИЧ спектри на метанолов и метилетилкетонов извлеци от оборотните води, фабрика" Елаците"

Честота на поглъщане , cm^{-1}	**Интензивнотст на поглъщане, %**	
	Метанол	Метилетилкетон
3440	56	58
3350	63	62
1710	38	37
1640	31	33
1550	12	15

Таблица 2

Състав на изходните оборотни води , от които се отделят хуминови киселини

Йон	**Концентрация, mg/l**	**Йон**	**Концентрация mg/l**
Мед	0,7	Хлориди	56
Желязо	0,9	Нитрати	2,3
Олово	0,5	Нитрити	0,1
Цинк	0,4	Амониеви	9,0
Манган	2,3	Сулфатни	1400
Никел	0,2	Неразтворим остатък	16

2. Мономинерални проби

При изследването са използвани мономинерални проби от халкопирит (CuFeS2) и молибденит (MoS_2). Данните от химическия анализ на пробите показа,че халкопиритът е с чистота 93,73 %, а молебденитът – 92,67 %. Основните примеси в двете проби са SiO2 и Al2O3, които съдържат, освен това, пирит в халкопирита и графит в молебденита.

3. Опитите по безпенна флотация в Халимондова тръба са проведени по стандартна методика. Работено е с 1 g проба и 120 cm³ би дестилирана вода

Експериментални резултати и дискусия

Проведени са две серии опити с хуминови киселини. В първата серия, мономинералните проби се флотират в дестилирана вода с добавка на съответния разход хуминови киселини, екстрахирани като метанолов извлек от реална оборотна вода. Получените резултати са представени в табл. 3.

При втората серия опити, към хуминовите киселини предварително се добавят медни йони от 1 до 20 mg/l. При тези концентрации на медните йони са измерени електрокинетичните свойства на метаноловия извлек на хуминовите киселини, представени в табл. 4 и фиг.1, след което са проведени флотационните опити с мономинералните проби. Получените резултати и установените зависимости са дадени на фиг.2 и фиг.3.

Таблица 3

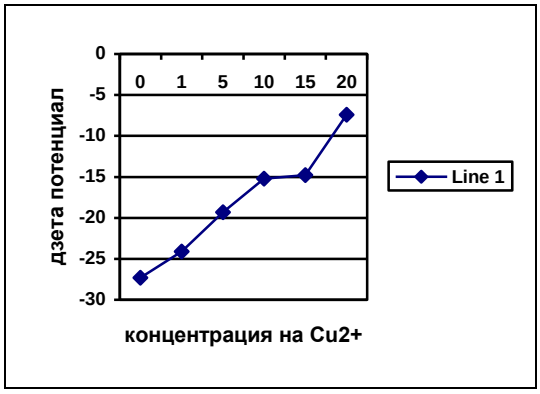
Резултати от опитите по безпенна флотация на мономинерални проби в Халимондова тръба , дестилирана вода и метанолов извлек на хуминови киселини

Халкопирит		**Молибденит**	
Разход на хуминови киселини , mg/l	**Добив ,%**	**Разход на хуминови киселини, mg/l**	**Добив ,%**
0	96,3	0	98,6
10	96,2	10	97,6
30	95,9	30	95,1
50	96,1	50	90,3
100	97,2	100	90,1

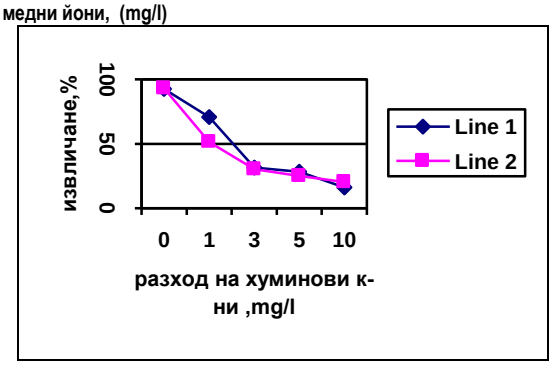
Таблица 4
Електрокинетични свойства на хуминовите киселини

Таблица 3
Резултати от опитите по безпенна флотация на мономинерални проби в Халимондова тръба , дестилирана вода и метанолов извлек на хуминови киселини

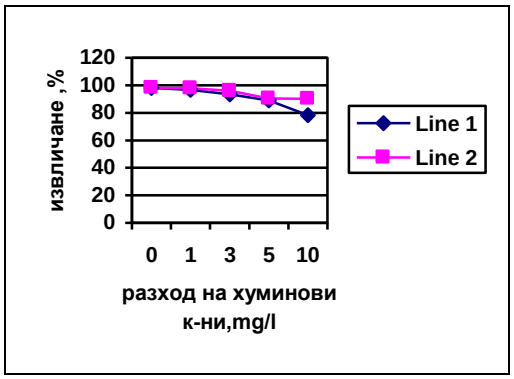
Концентрация, Cu^{2+}, mg/l	Температура, C°	Дзета – потенциал, mV	Подвижност, µmsm/Vs	Електропроводност mS/cm
Следи	25	- 27,3	- 2,31	0,0581
1	25	- 24,1	-2,24	0,0512
5	25	- 19,3	-1,51	0,0401
10	25	-15,2	-1,22	0,0418
15	25	-14,8	-1,10	0,0613
20	25	- 7,4	-0,58	0,0623



Фиг. 1. Зависимост между дзета-потенциал, (mV) и концентрацията на медни йони, (mg/l)



Фиг. 2. Влияние на разхода на хуминовите киселини върху извличането на халкопирит при концентрация на медни йони 1 mg/l (1) и 5 mg/l (2)



Фиг. 3. Влияние на разхода на хуминовите киселинивърху извличането на молебденит при концентрация на медни йони 1 mg/l (1) и 5 mg/l (2)

Известно е,че медните йони присъстват в оборотните води на флотационните фабрики, преработващи сулфидни медни руди.

При тези изследвания се използват медни йони в определени концентрации, тъй като се има предвид, че устойчивостта на координационните съединения с донорните атоми на кислорода, азота или тяхното съчетание се променя в реда:

$$Cu^{2+}>Zn^{2+}>Co^{2+}>Fe^{2+}>Mn^{2+}>Mg^{2+}>Ca^{2+}$$

От тук следва, че ако присъствието на метални катиони в оборотните води води до повишаване или намаляване на депресиращата роля на хуминовите киселини спрямо флотируемостта на сулфидите,то при медните йони тя следва да бъде най-категорично изразена (Shnitzer et al. 997). Образуването на по-стабилни компекси с Zn^{2+} йони в сравнение с Co^{2+} йони показва за неспособността на хуминовите киселини да образуват донорни π-връзки. Йоните на Zn^{2+} и Co^{2+} нямат вакантни d-орбитали, но поради екраниращото действие на d^{10}-слоеве, те създават по-стабилни комплекси за сметка на донорно-акцепторните взаимодействия на вакантните s- и p- орбитали (Ящимирский и др., 1986). При сравняване на комплексо-образуващите способности на хуминовите киселини с други полимерни лиганди е доказано, че координацията на йоните на цинка се усилва в присъствието на азот. Случаят с хуминовите киселини е точно такъв. Хуминовите киселини образуват стабилни комплекси с още два катиона, които присъстват в оборотните води на флотационните фабрики – Al^{3+} и Pb^{2+}. Всичко това се определя от факта, че хуминовите киселини съдържат като правило, два типа донорни атоми: кислород и азот. Много рядко в тях се съдържа и сяра. Донорните атоми на кислорода влизат основно в следните функционални групи на хуминовите киселини: алкохолни – $R-CH_2-OH$; карбоксилни – R-COOH; кетонни – R-CO-R; фенолни – Ar-OH; хининови ≥0. Азотът в хуминовите в състава на амини-NH2 амиди-$R-CO-NH_2$; миди-$NNHCH_2$ пептиди-NH-CO-. Атомите на азота заемат средно положение между твърдите и меките основи и следователно са по-склонни към координация с йоните на Zn^{2+}, Cu^{2+}, Ni^{2+}, Fe^{2+}. В слабо алкалните оборотни води с pH от 7 до 8,5, аминогрупите се намират в йонизирано състояние.

От това следва, че координацията на металните йони с хуминовите киселини в най-често използвания диапазон на pH, при селективната флотация на сулфидните руди, трябва предимно да се реализира със слабо алкалните йони. При повишаване на pH на средата над 9, вероятно се включват и някои азотсъдържащи групи.

Съгласно поместената от (Жорбекова, 1987) информация за химията на хумусните вещества, комплексите, образуващи се при частично запълване на функционалните групи на хуминовите киселини с метали, се характеризират със следния състав:

```
                    COO        (COOH) m-k
  R-(R <        > Me) k
            O          (OH) n-k          (1)
```

Когато свързаните с метала киселинни групи се намират в йонизирано състояние, формулата придобива вида:

```
          COO        (COOH) m-k
   R-(R<                        >Me)k                    (2)
O                        (O-)n-k
```

Като изхождаме от общите представи, изложени по-горе за характера на координационното свързване между хуминовите киселини и металните йони, намиращи се в течната фаза на флотационните пулпове от една страна и получените експериментални резултати (табл. 1–4 и фиг.1–3), считаме, че могат да се направят следните изводи:

1. Хуминовите киселини, които неизбежно постъпват с повърхностните води в чашите на отпадъкохранилищата не се натрупват в оборотните води над критичните граници, благодарение на адсорбцията им върху минералната повърхностна сулфидните минерали.

2. В алкалните пулпове на сулфидната флотация хуминовите киселини образуват стабилни комплекси с неизбежно присъстващите метални катиони. Комплексите са хидрофилни и по технологично действие се проявяват като органични депресори. Те се адсорбират толкова по-интензивно, колкото по- висока е концентрацията на идентичните със сулфидните минерали или с близки йонни радиуси катиони в течната фаза на флотационния пулп.

3. Адсорбцията на комплексите образувани от металните катиони и хуминовите киселини най-вероятно се осъществява под действието на електростатични сили, тъй като повишената концентрация на метални катиони води до намаляване на отрицателния ξ-потенциал на хуминовите киселини.

4. При съвременните условия на пълно затваряне на водооборотите във флотациониите фабрики, пренебрегването на ролята на хуминовите киселини, участващи във флотационните пулпове е технологично нецелесъобразно.
5. При разграждането си, хуминовите киселини оказват влияние върху процеса на флотация на сулфидните минерали. Трябва да се отбележи, че в литературата съществува информация (Казанская Н.Ф. и др.1986) ,че продуктите, които се образуват при реакциите на лигандно заместване на металокомплексите на хуминовите киселини с хидрозини притежават окислително-редукционни свойства. Влиянието на последните върху флотационния процес е широко дискутирано в литературата.

Литература

Жорбекова,Ш. Ж.1987. *Микролингандные свойства гуминовых кислот.,М.*

Shnitzer, M., H. Kerndorf.1997. *Reactions of fulvic acid with metal ions ,"Water ,air and soil pollutions,"5.*

Ящимирский К. Б.1986. *Периодическая система химических елементов Д.И.Менделеева и координационно-химические аспекты металлотерапии,* "Координационные *соединения металлов в медицине*", Киев.

Казанская Н. Ф., О. А. Кост, Ш.Ж. Жорбекова . 1986. *Ингибирование активности некоторых протеинов "Гуминовыми кислотами"* , *Прикладная биохимия и микробиология ,* XXII вып.4.

Ботева А. Д. 1994. Флотационни реагенти. С. Техника.

Ботева А. Д. 2002. Флотационни технологии. С.

Препоръчана за публикуване от катедра „Обогатяване и рециклиране на суровини", МТФ

ГОДИШНИК НА МИННО-ГЕОЛОЖКИЯ УНИВЕРСИТЕТ "СВ. ИВАН РИЛСКИ", Том 52, Св. II, Добив и преработка на минерални суровини, 2009
ANNUAL OF THE UNIVERSITY OF MINING AND GEOLOGY "ST. IVAN RILSKI", Vol. 52, Part II, Mining and Mineral processing, 2009

СИНТЕЗ НА ФОСФОНОВИ АНАЛОЗИ НА НЕПРИРОДНИ АМИНОКИСЕЛИНИ: II. ЕСТЕРАМИДИ НА 2-АМИНО-2-ДИЕТОКСИФОСФОНИЛ-2-[2-ЗАМЕСТЕНИ БЕНЗИЛМЕТИЛЕН-1Н-ИНДЕН-1,3(2Н)-ДИОНИЛ]-ОЦЕТНИ КИСЕЛИНИ

Недялко Софрониев

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

РЕЗЮМЕ. Синтезирани са естерамиди на 2-амино-2-диетоксифосфонил-2-[2-заместени бензилметилен-1Н-инден-1,3(2Н)-дионил]-оцетни киселини (естерамиди на 2-диетоксифосфонил-2-аминооцетна киселина, съдържащи остатъци от 2-арилметилен-1Н-инден-1,3(2Н)-диони). Новополучените естерамиди притежават система от спрегнати двойни връзки и са цветни кристални вещества, които могат да намерят приложение като багрила.
Ключови думи: Етилов естер на 2-(4'-формилбензил)-2-ацетиламино-2-диетоксифосфонилоцетна киселина, етилов естер на 2-(2'-метокси-5'-формилбензил)-2-ацетиламино-2-диетоксифосфонилоцетна киселина и техните диоксолани, естерамиди на 2-амино-2-диетоксифосфонил-2-[2-заместени бензилметилен-1Н-инден-1,3(2Н)-дионил]-оцетни киселини.

SYNTHESIS OF PHOSPHONIC ANALOGUES OF UNNATURAL AMINO ACIDS: II. ESTERAMIDES OF 2-AMINO-2-DIETHOXYPHOSPHONYL-2-[2-SUBSTITUTED BENZYLMETHYLENE-1H-INDENE-1,3 (2H)-DIONYL]-ACETIC ACIDS

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

ABSTRACT. Esteramides of 2-amino-2-diethoxyphosphonyl-2-[2-substituted benzylmethylene-1H-indene-1,3(2H)-dionyl]-acetic acids (esteramides of 2-diethoxyphosphonyl-2-aminoacetic acid containing residues of 2-arylmethylene-1H-indene-1,3(2H)-diones) are obtained. The new synthesized compounds have a system of conjugate double bonds. They are coloured crystal compounds and can find application as dyes.
Key words: Ethyl ester of 2-(4'-formylbenzyl)-2-acetylamino-2-diethoxyphosphonylacetic acid, ethyl ester of 2-(2'-methoxy-5'-formylbenzyl)-2-acetylamino-2-diethoxyphosphonylacetic acid and their dioxolanes, esteramides of 2-amino-2-diethoxyphosphonyl-2-[2-substituted benzylmethylene-1H-indene-1,3(2H)-dionyl]-acetic acids.

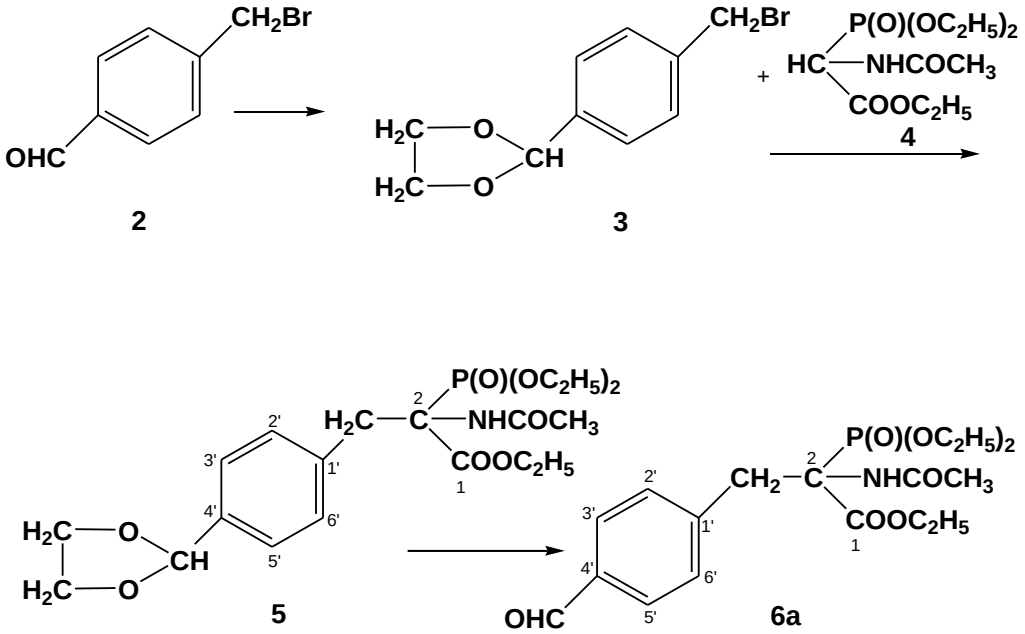
Въведение

Известно е, че 2-арил-1Н-инден-1,3(2Н)-дионите притежават антикоагулантно действие върху кръвта (Lombardino and Wiseman, 1968; Озол и др., 1969; Чазов и Лакин, 1977). 2-Фенил-1Н-инден-1,3(2Н)-дионът, който е от групата на 2-арил-1Н-инден-1,3(2Н)-дионите, намира приложение като антикоагулант в клиничната практика под наименованието „фенилин" (Машковский, 1984). Препаратът „фенилин" е неразтворим във вода и много лесно се изхвърля от отделителната система на организма. За да се поддържа необходимата концентрация в кръвта на опитните животни, се налага приемането на по-големи количества от препарата като дневна доза (Машковский, 1984). Описани са естерамиди на фосфонови аналози на неприродни аминокиселини (Minchev et al, 1988; **a.** Софрониев и др., 1989; Minchev et al, 1990; Софрониев, 2009) и фосфонови аналози на неприродни аминокиселини (Minchev et al, 1988; Софрониев, 2009), които съдържат остатъци от 2-арил-1Н-инден-1,3(2Н)-диони и проявяват антикоагулантно действие върху кръвта. Фосфоновите аналози на неприродните аминокиселини имат добра разтворимост във вода и се задържат по-дълго време в кръвта на опитните животни. Това води до намаляване на дневната им доза и до по-добро антикоагулантно действие върху кръвта, в сравнение с клиничния препарат „фенилин" (Софрониев, 2009).

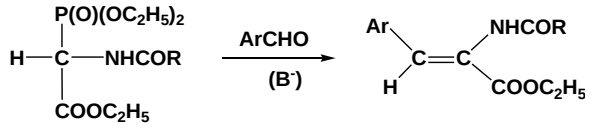
Известни са естерамиди на неприродни α-аминокиселини, носещи остатъци от 2-арилметилен-1Н-инден-1,3(2Н)-диони, които притежават антикоагулантно действие, независимо, че при тях не е налице активен водороден атом на второ място в β-дикарбонилната система (Софрониев, 2007). Получаването на нови фосфонови аналози на неприродни аминокиселини, съдържащи остатъци от 2-арилметилен-1Н-инден-1,3(2Н)-диони (естерамиди на 2-амино-2-диетоксифосфонил-2-[2-заместени бензилметилен-1Н-инден-1,3(2Н)-дионил]-оцетни киселини) е свързано с осъществяването на целенасочен синтез на съединения с антикоагулантно действие върху кръвта. Очаква се новосинтезираните вещества да притежават антикоагулантно действие. Наличието на система от спрегнати двойни връзки при тези съединения е предпоставка за получаването на цветни съединения, които могат да намерят приложение като багрила в текстилната промишленост.

Обсъждане

Изходният алдехид **6б** (етилов естер на 2-(2'-метокси-5'-формилбензил)-2-ацетиламино-2-диетоксифосфонил-оцетна киселина) синтезирахме по **б.** Софрониев (1989), а алдехидът **6а** (етилов естер на 2-(4'-формилбензил)-2-ацетиламино-2-диетоксифосфонилоцетна киселина) получихме по следната схема:

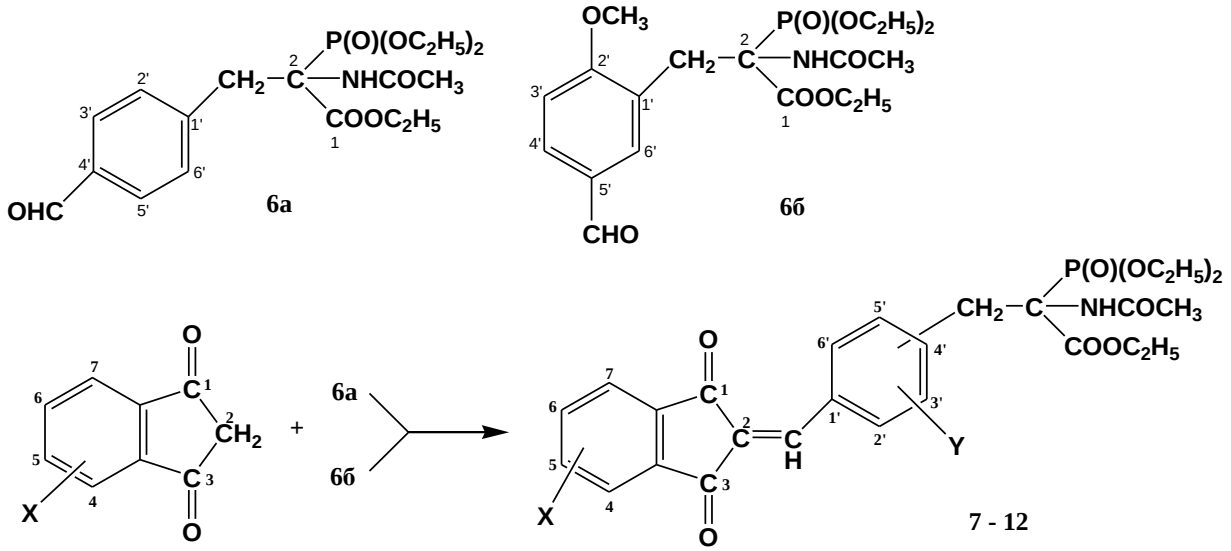


Известно е, че ароматните алдехиди в алкална среда взаимодействат с естери на 2-ациламино-2-етоксифосфонилоцетни киселини, при което се елиминира фосфонилният остатък и се получават ароматни производни на дехидроаминокиселини (**a.** Schmidt et al., 1982; **b.** Schmidt et al., 1982; Kober et al., 1983):



По тази причина се наложи да защитим временно алдехидната група на 4-бромметилбензалдехида (**2**) до съответния диоксолан на 4-бромметилбензалдехида (**3**). При взаимодействие на съединение **2** с етиленгликол получихме с добър добив диоксолана **3**. Така полученият диоксолан **3** в среда от натриев етилат взаимодейства с етиловия естер на 2-ацетиламино-2-етоксифосфонилоцетна киселина (**4**), без да протече елиминиране на фосфонилния остатък, при което се получава диоксоланът на 2-(4'-формилбензил)-2-ацетиламино-2-диетоксифосфонилоцетна киселина (**5**). От съединение **5** при нагряване с р-толуолсулфонова киселина се получава алдехидът **6а**. Новосинтезираните съединения **3**, **5** и **6а** са охарактеризирани с елементен анализ и инфрачервени спектри. В инфрачервените спектри на алдехидите **6а** и **6б** се наблюдават абсорбционни ивици при 1715 см$^{-1}$ и 1695 см$^{-1}$, които се дължат на асиметрични и симетрични трептения от ароматната алдехидна група. Налице е и абсорбционна ивица в областта 1740 - 1730 см$^{-1}$, дължаща се на валентно трептене от естерна карбонилна група. В спектрите и на двата алдехида **6а** и **6б** се наблюдава ивица на абсорбция в областта 1685 - 1640 см$^{-1}$ на валентни трептения от C=O връзка на амидна карбонилна група. Налице са и ивици на абсорбция, дължащи се валентни трептения в областта 3330 - 3270 см$^{-1}$ и на деформационни трептения в областта 1570 - 1510 см$^{-1}$ от N-H амидна връзка. В областта 1160 - 1140 см$^{-1}$ се наблюдава абсорбционна ивица на валентни трептения от P=O връзка. Налице са и две абсорбционни ивици в областта 1100 - 990 см$^{-1}$ и 830 - 760 см$^{-1}$, дължащи се на валентни трептения от P-O-C връзка. В спектъра на съединение **6б** се наблюдават ивици на абсорбция характерни за алкиларилов етер, дължащи се на симетрични и асиметрични валентни трептения на =C-O-C връзка при 1270 см$^{-1}$ и 1080 см$^{-1}$. И при двата ароматни алдехида **6а** и **6б** има две абсорбционни ивици на скелетни трептения от ароматно ядро в областта 1620 - 1590 см$^{-1}$.

При взаимодействието на алдехидите **6а** или **6б** със съответните 1H-инден-1,3(2H)-дион (**1а**), 4-нитро-1H-инден-1,3(2H)-дион (**1б**) или 5-нитро-1H-инден-1,3(2H)-дион (**1в**) получихме естерамидите на 2-амино-2-диетоксифосфонил-2-[2-заместени бензилметилен-1H-инден-1,3(2H)-дионил]-оцетни киселини (**7** – **12**).

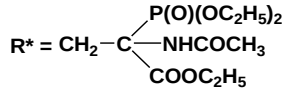


1а: X = H
1б: X = 4-NO_2
1в: X = 5-NO_2

Новосинтезираните съединения **7 – 12** се получават с добри добиви и са охарактеризирани с елементен анализ и инфрачервени спектри. В инфрачервените спектри на съединения **7 – 12** са налице абсорбционни ивици в областта 1740 - 1730 $см^{-1}$ и 1710 - 1700 $см^{-1}$, дължащи се на симетрични и асиметрични валентни трептения от карбонилните групи на 1Н-инден-1,3(2Н)-дионовия остатък. Тези ивици се препокриват с ивицата при 1740 - 1730 $см^{-1}$ на валентни трептения от карбонилна група на естерна група. В областта 1300 - 1270 $см^{-1}$ се наблюдава ивица на абсорбция, дължаща се на асиметрични трептения от С-О-С връзка на естерна група. Налице е и ивица на абсорбция в областта 1680 - 1640 $см^{-1}$ на валентни трептения от С=О връзка на амидна карбонилна група. Наблюдават се и абсорбционни ивици, дължащи се на валентни трептения в областта 3330 - 3270 $см^{-1}$ и на деформационни трептения в областта 1570 - 1510 $см^{-1}$ от N-H амидна връзка. Налице е и ивица на абсорбция при 1590 $см^{-1}$ на валентни трептения от С=С връзка. В областта 1160 - 1140 $см^{-1}$ се наблюдава абсорбционна ивица, дължаща се на валентни трептения от Р=О връзка. Налице са и абсорбционни ивици в областта 1100 - 990 $см^{-1}$ и 830 - 760 $см^{-1}$ на валентни трептения от Р-О-С връзка. В инфрачервените спектри на съединения **9 – 12** се наблюдават абсорбционни ивици в областта 1530 $см^{-1}$ и 1320 $см^{-1}$, дължащи се на асиметрични и симетрични валентни трептения от N=O връзка на нитрогрупа.

Таблица 1

№	X	Y	R*	Т.т., ^0C	Добив %	Анализ N,%		Анализ P,%		R_f	
						изч.	нам.	изч.	нам.		
7	H	H	4'-	149-151	73	2,65	2,54	5,87	5,63	0,19А	0,80Б
8	H	4'-OCH_3	3'-	177-178	79	2,51	2,41	5,56	5,71	0,31А	0,73Б
9	4-NO_2	H	4'-	136-138	84	4,89	4,94	5,41	5,23	0,24А	0,77Б
10	4-NO_2	4'-OCH_3	3'-	161-162	71	4,65	4,51	5,14	5,20	0,27А	0,66Б
11	5-NO_2	H	4'-	190-191	79	4,89	4,77	5,41	5,31	0,30А	0,89Б
12	5-NO_2	4'-OCH_3	3'-	173-174	86	4,65	4,43	5,14	5,30	0,29А	0,74Б



Известно е, че 2-арилметилен-1Н-инден-1,3(2Н)-дионите намират приложение в практиката като багрила (Noelting and Blum, 1901; Смирнов и Подорольская, 1969; Irick, 1970). Естерамидите на 2-амино-2-диетоксифосфонил-2-[2-заместени бензилметилен-1Н-инден-1,3(2Н)-дионил]-оцетни киселини (**7 – 12**) съдържат остатък от 2-арилметилен-1Н-инден-1,3(2Н)-диони. Те притежават система от спрегнати двойни връзки, поради което са цветни съединения (съединенията **7** и **8** са жълтооцветени, а съединенията **9** - **12** са червенооцветени кристални вещества), които биха могли да намерят приложение като багрила в текстилната промишленост.

Материали и методи

Температурите на топене са определяни в открита капиляра без корекция. Органичните разтворители са изпарявани при остатъчно налягане 14 мм Hg стълб. Инфрачервените спектри са снети в нуйол на

спектрофотометър Carl Zeiss Specord 75 IR. Новополучените съединения охарактеризирахме чрез елементен анализ, а чистотата им контролирахме чрез тънкослойна хроматография на DC-Alufolien Plates, Kieselgel 60 F_{254}, 0.2 mm в следните хроматографски системи: А, н-бутанол – етанол - вода (5:1:4); Б, хлороформ – ацетон (9:1); В, етилацетат – петролев етер (1:1); Г, хлороформ – метанол (10:1).

Изходните съединения синтезирахме по познати методи: 1Н-инден-1,3(2Н)-дион (1,3-индандион) (**1а**) получихме по **б.** Ошкая и Ванаг (1964), 4-нитро-1Н-инден-1,3(2Н)-дион (4-нитро-1,3-индандион) (**1б**) по **а.** Ошкая и Ванаг (1964), 5-нитро-1Н-инден-1,3(2Н)-дион (5-нитро-1,3-индандион) (**1в**) по Ошкая и Ротберг (1967), 4-бромметилбензалдехид (**2**) по Drefahl et al (1961), етилов естер на 2-ацетиламино-2-диетоксифосфонилоцетна киселина (**4**) по Kober et al (1983) и етилов естер на 2-(2'-метокси-5'-формилбензил)-2-ацетиламино-2-диетокси-фосфонилоцетна киселина (**6б**) по **б.** Софрониев и др. (1989).

Резултати

1. Получаване на диоксолана на 4-бром-метилбензалдехида (**3**)

Към 0.1 мол (19.9 г) 4-бромметилбензалдехид (**2**) се прибавят 0.12 мол (86.7 мл) чист етиленгликол, 10 мг р-толуолсулфонова киселина и 20 мл бензен. Реакционната смес се кипи на обратен хладник, като кипенето продължава до прекратяване на отделянето на вода (апаратурата е снабдена с водоотделител). След охлаждане до стайна температура, полученият разтвор се промива с разредена натриева основа и вода, суши се над безводен натриев сулфат, обработва се с активен въглен и бензенът се изпарява до сухо под вакуум. Получава се светложълт маслообразен продукт, който се втвърдява при престояване 12 часа в хладилник при 5 °C. След прекристализация из ацетон/петролев етер, съединение **3** се получава под формата на бели иглици с т.т. 98-100 °C, добив 16,53 г (68%), $C_{10}H_{11}BrO_2$ (243.1), изчислен Br 32.87%, намерен Br 31.04%, R_f=0.83^B, R_f=0.37^Г.

2. Получаване на диоксолана на етиловия естер на 2-(4'-формилбензил)-2-ацетиламино-2-диетокси-фосфонилоцетна киселина (**5**)

Към 0.01 мол (2.81 г) етилов естер на 2-ацетиламино-2-диетоксифосфонилоцетна киселина (**4**) се прибавя разтвор на натриев етилат, получен от 0.01 г.ат. (0.23 г) натрий в 20 мл абсолютен етилов алкохол. Полученият разтвор се нагрява до 60 °C и към него се прибавя 0.01 мол (2.53 г) от диоксолана на 4-бромметилбензалдехида (**3**). След престояване 12 часа при стайна температура, реакционната смес се нагрява на парафинова баня в продължение на 2 часа при температура 100 °C, филтрува се на горещо отделеният натриев бромид и след изпаряване на разтворителя се получава светложълтооцветен маслообразен продукт **5** с добив 2.84 г (64%), $C_{20}H_{30}NO_8P$ (443.43), изчислен N 3.16%, намерен N 3.03%, изчислен P 6.98%, намерен P 6.68%, R_f=0.73^B, R_f=0.24^Г.

3. Получаване на етиловия естер на 2-(4'-формилбензил)-2-ацетиламино-2-диетокси-фосфонилоцетна киселина (6а)

0.003 мол (1.33 г) от диоксолана **5** се разтварят в 100 мл ацетон. Към разтвора се прибавят 0.15 г р-толуолсулфонова киселина и получената смес се нагрява на обратен хладник в продължение на 2 часа. След изпаряване на ацетона, полученият маслообразен продукт се разтваря в диетилов етер. Разтворът се промива с воден разтвор на натриев бикарбонат и вода, суши се над безводен натриев сулфат и се изпарява до получаването на светложълтооцветен маслообразен продукт **6а** с добив 1.01 г (84%), $C_{18}H_{26}NO_7P$ (399.37), изчислен N 3.51%, намерен N 3.67%, изчислен P 7.76%, намерен P 7.81%, R_f=0.73^B, R_f=0.41^Г.

4. Получаване на естерамидите на 2-амино-2-диетоксифосфонил-2-[2-заместени бензилметилен-1Н-инден-1,3(2Н)-дионил]-оцетни киселини (**7** – **12**)

0.0025 мол (0.37 г) 1Н-инден-1,3(2Н)-дион (**1а**), 0.0025 мол (0.48 г) 4-нитро-1Н-инден-1,3(2Н)-дион (**1б**) или 0.0025 мол (0.48 г) 5-нитро-1Н-инден-1,3(2Н)-дион (**1в**) и съответно 0.0025 мол (1.0 г) етилов естер на 2-(4'-формилбензил)-2-ацетиламино-2-диетоксифосфонил-оцетна киселина (**6а**) или 0.0025 мол (1.07 г) етилов естер на 2-(2'-метокси-5'-формилбензил)-2-ацетиламино-2-диетокси-фосфонилоцетна киселина (**6б**) се разтварят в 10 мл оцетна киселина и се нагряват на обратен хладник за 10 минути. Реакционната смес се оцветява в жълто за съединенията **7** и **8** и в червено за съединенията **9** – **12**. След охлаждане на реакционната смес до стайна температура се прибавят 10 мл вода, при което се отделят жълтооцветените кристали на съединенията **7** и **8** и червенооцветените кристали на съединенията **9** – **12**. Новополучените съединения **7** – **12** се прекристализират из етилацетат/петролев етер. Данните за ново-синтезираните съединения **7** – **12** са отразени в таблица 1.

Литература

Машковский, М. 1984. «*Лекарственные средства*», Медицина, Москва, часть 1, стр. 494.

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.

Смирнов, Е., А. Подорольская. 1969. *ЖОХ*, 39, 1373, 1377.

а. Софрониев, Н., С. Минчев, М. Кирилов, А. Дойчинов.1989. *Авт. свид. BG, 45918*.

б. Софрониев, Н., М. Кирилов, С. Минчев.1989. *Авт. свид. BG, 45919*.

Софрониев, Н. 2007. *Год. МГУ,* 50, *св. II*, 203.

Софрониев, Н. 2009. *Год. МГУ,* 52, *св. II*, стр.201.

Чазов, Е., К. Лакин. 1977. «*Антикоагулянты и фибринолитические средства*», Медицина, Москва, стр. 66.

Drefahl, G., G. Plotner. 1961. *Chem. Ber., 94*, 907.
Irick, G. 1971. *J. Chem. Eng. Data, 16*, 118.
Kober, R., W. Steglich. 1983. *Liebigs Ann. Chem.,* 599.
Lombardino, J., E. Wiseman. 1968. *J. Med. Chem., 11*, 342.
Minchev, S., H. Nedev, N. Stoyanov, B. Aleksiev, N. Sofroniev, M. Kirilov. 1988. *Peptides,* 310.
Minchev, S., H. Nedev, N. Stoyanov, N. Sofroniev, D. Efremova. 1990. *Peptides*, 630.
Noelting, F., H. Blum.1901. *Chem. Ber., 34*, 2467.
a. Schmidt, U., A. Lieberknecht, U. Schaubacher, T. Beuttler, J. Wild. 1982. *Angew. Chem., 94*, 797.
b. Schmidt, U., A. Lieberknecht, U. Schaubacher, T. Beuttler, J. Wild. 1982. *Angew. Chem., 94*, 1682.

Препоръчана за публикуване от
катедра „Химия”, МТФ

ГОДИШНИК НА МИННО-ГЕОЛОЖКИЯ УНИВЕРСИТЕТ "СВ. ИВАН РИЛСКИ", Том 52, Св. II, Добив и преработка на минерални суровини, 2009
ANNUAL OF THE UNIVERSITY OF MINING AND GEOLOGY "ST. IVAN RILSKI", Vol. 52, Part II, Mining and Mineral processing, 2009

ИЗВЛИЧАНЕ НА МЕД И БЛАГОРОДНИ МЕТАЛИ ОТ СУЛФИДНА РУДА ПОСРЕДСТВОМ КОМБИНИРАНО БИОЛОГИЧНО И ХИМИЧНО ИЗЛУГВАНЕ

Ирена Спасова, Марина Николова, Стоян Грудев

Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски" 1700 София, spasova@mgu.bg

РЕЗЮМЕ: Сулфидна руда от находище Злата, съдържаща 0.32% мед, 4.2 g/t злато и 9.1 g/t сребро, първоначално бе подложена на бактериално излугване в перколационни колони посредством ацидофилни хемолитотрофни бактерии, за да се разтвори медта и да се освободят благородните метали, капсулирани в сулфидната матрица. 68.0% от медта бе извлечена за 10 месеца по този начин от рудна проба с едрина под 10 mm. Продукционните медсъдържащи разтвори бяха третирани чрез цементация с метално желязо (Fe^o), като бяха получени цементационни медни концентрати, съдържащи 80 – 82% мед. След излугването на медта, рудата бе подложена на комбинирано алкално химико-биологично излугване за извличане на благородните метали чрез разтвори, съдържащи тиосулфат и аминокиселини от микробен произход като комплексиращи агенти и купри йони като окислители спрямо тези метали. 77.7% от златото и 55.5% от среброто бяха извлечени за 25 дни посредством това излугване. Продукционните разтвори след излугването бяха третирани с метален цинк (Zn^o), за да се получат смесени златно-сребърни концентрати.

EXTRACTION OF COPPER AND PRECIOUS METALS FROM A SULPHIDE ORE BY MEANS OF A COMBINED BIOLOGICAL AND CHEMICAL LEACHING

Irena Spasova, Marina Nicolova, Stoyan Groudev
University of Mining and Geology "Saint Ivan Rilski", 1700 Sofia, spasova@mgu.bg

ABSTRACT: A sulphide ore from the Zlata deposit, containing 0.32% copper, 4.2 g/t gold and 9.1 g/t silver, initially was subjected to bacterial leaching in percolation columns by means of acidophilic chemolithotrophic bacteria to solubilize copper and to liberate the precious metals encapsulated in the sulphide matrix. 68.0% of the copper were extracted within 10 months in this way from an ore sample with a particle size less than 10 mm. The pregnant copper-bearing solutions were treated by cementation with metallic iron (Fe^o) and cement copper concentrates containing 80 – 82% copper were obtained. After copper leaching, the ore was subjected to a combined alkaline chemico-biological leaching to extract the precious metals using solutions containing thiosulphate and amino acids of microbial origin as complexing agents and cupric ions as oxidants towards these metals. 77.7% of the gold and 55.4% of the silver were extracted within 25 days by means of this leaching. The pregnant solutions after leaching were treated by metallic zinc (Zn^o) to obtain mixed gold-silver concentrates.

Въведение

Златото, което е фино диспергирано в сулфидни минерали е устойчиво към излугване, тъй като излугващите разтвори не могат да проникнат във вътрешността на тези минерали и да разтворят капсулираното злато. Различни хемолитотрофни бактерии са способни да окисляват сулфидите до разтворими сулфати и да разкриват това злато. Окислението се извършва в разредени сярнокисели разтвори, в които разкритото злато е практически неразтворимо. Това злато остава в твърдите остатъци след бактериалното окисление и може да бъде извлечено чрез излугване с подходящи реагенти (Lawrence and Bruynesteyn, 1983; Van Aswegen et al., 1991; Groudev and Groudeva, 1993).

Този процес на предварително бактериално окисление на златосъдържащи сулфиди се прилага в промишлени мащаби в редица страни, главно спрямо сулфидни концентрати в реактори с механично разбъркване и изкуствена аерация, но също и спрямо сулфидни руди в специално конструирани насипища. В тези промишлени операции излугването на златото се извършва чрез цианидни разтвори. Цианидите обаче са силно токсични и могат да причинят сериозни екологични проблеми. Това налага провежданите на изследвания с цел излугването на златото да се осъществява чрез нетоксични реагенти.

Установено е, че златото и среброто се излугват ефикасно от окисни руди чрез слабоалкални разтвори, съдържащи тиосулфат и аминокиселини, като комплескиращи агенти спрямо тези благородни метали, както и някои йони (медни и сулфитни), участващи в окислението на самородното злато и сребро до съответните йонни форми или предотвратяващи нежеланото окисление на тиосулфата до тетратионат. Особено удачно е използването на някои микробни белтъчни хидролизати като източници на златокомплексиращи аминокиселини (Groudev et al., 1993, Spasova & Groudev, 1993).

В тази публикация са представени данни от изследване за извличане на златото и среброто от сулфидна руда от находище "Злата" посредством двустадиен процес, включващ предварително бактериално окисление на златосъдържащите сулфиди в рудата и излугване на

разкритото злато и сребро чрез разтвор с горепосочения състав.

Материали и Методи

Данни относно химичния и минераложки анализ на рудата са посочени в Таблица 1, а в Таблица 2 е представен фазовия състав на златото в тази руда.

Таблица 1
Данни за химичен и минераложки състав на рудата

Компонент	Съдържание	Компонент	Съдържание
S обща	2.3%	- пирит	8.5%
S сулфидна	2.05%	- халкопирит	1.0%
S сулфатна	0.3%	-други сулфиди	0.5%
Fe	6.3%	Au	4.2 g/t
Cu	0.32 %	Ag	9.1 g/t

Таблица 2
Фазов анализ на златото в рудата

Фази	Разпределение Au, %
Свободно разкрито	0,5
В окиси и хидроокиси	12,2
Финодиспергирано в сулфидни минерали	84,8
Финодиспергирано в силикатни минерали	2,5
Общо за пробата	100,0

Халкопиритът бе основния меден минерал в рудата, но част от медта се съдържаше във вторични сулфидни минерали, главно в ковелин и борнит. Рудата се отличаваше с високо съдържание на пирит, а общото съдържание на сулфиди в нея бе около 10 %. Преобладаващата част от златото бе фино впръснато в пирит и отчасти в халкопирит. Основната част от златните частици бе с размери под 1 микрон. Кварцът бе основния минерал на вместващата скала.

Предварително бактериално окисление на сулфидната руда бе проведено както с фино смляна руда (с едрина минус 0.037 mm) в реактори с механично разбъркване, така и в перколационни колони с руда с едрина минус 10 mm. И в двата случая окислението бе осъществено посредством смесени култури на ацидофилни хемолитотрофни бактерии, съдържащи *Acidithiobacillus ferrooxidans* и *Leptospirillum ferrooxidans* като доминантни видове. Културата бе предварително адаптирана към рудата посредством последователни пресявания в суспензии с нарастваща плътност на пулпа.

Предварителното бактериално окисление на фино смляната руда бе проведено в стъклени цилиндрични реактори с отбойници, с работен обем по 2 l, като плътността на пулпа варираше в границите от 20 – 30%, а скоростта на разбъркване от 240 – 320 об/min. Течната фаза бе с pH 1.7 (чрез сярна киселина) и съдържаше $(NH_4)_2SO_4$ и KH_2PO_4 в концентрации съответно 0.25 и 0.10 g/l, като източници на N и P за бактериите. Култивирането бе с продължителност 168 h, при 35°C.

Предварителното бактериално окисление бе проведено и в перколационна колона от поливинилхлорид с ефективна височина 800 mm и вътрешен диаметър 95 mm. Колоната бе запълнена с 30 kg руда с едрина минус 10 mm.

Разтвори съдържащи ацидофилни хемолитотрофни бактерии, железни йони (главно тривалентни), хранителни вещества (главно амониеви и фосфатни йони), сярна киселина и разтворен кислород се подаваха към горната част на колоната със скорост 100 l/t руда за 24 h. Изтичащите от долната част на колоната дренажни разтвори се корегираха до pH от 1.7 – 1.9 чрез добавяне на сярна киселина. $(NH_4)_2SO_4$ и KH_2PO_4 също се добавяха към тези разтвори до концентрации съответно около 0.50 и 0.10 g/l. Тези разтвори постъпваха в биореактор с имобилизирана биомаса от хемолитотрофни бактерии (смесена популация от видовете *Acidithiobacillus ferrooxidans* и *Leptospirillum ferrooxidans*), които окисляваха феро йоните до фери йони при условия на интензивна аерация. Разтворите, третирани по горепосочения начин, се рециклираха към горната част на колоната и циркулирането им в системата бе свързано с постепенно повишаване на концентрацията на медни, железни и сулфатни йони в резултат на излугването на рудата. При достигане на концентрации на разтворената мед над 250 mg/l, тези разтвори се третираха чрез циментация с метално желязо (Fe^o). Циментацията се провеждаше в реактор с механично разбъркване, с използване на железни стружки като утаител на медта.

Процесът на бактериалното окисление на сулфидите в рудата се следеше чрез анализи на циркулиращия разтвор за феро и фери йони, медни и сулфатни йони, pH, Eh и численост на хемолитотрофните бактерии.

След достигане на определена степен на окисление на сулфидните минерали в рудата, свързано и с извличане на медта от тези сулфиди, рудата бе промита няколкократно с вода, след което бе подложена на алкално излугване за разтваряне на благородните метали, освободени от сулфидните структури. Това излугване бе проведено както с разтвори, съдържащи тиосулфат и микробен белтъчен хидролизат като комплексиращи агенти за тези метали, така и чрез цианиди.

Излугващите разтвори се подаваха към горната част на колоната със скорост 200 l/t руда за 24 h. Разтворите дренираха през рудата и разтваряха благородните метали. Изтичащите от колоната продукционни разтвори, съдържащи злато и сребро, се третираха чрез циментация с цинк (Zn^o). Циментацията се провеждаше в циментатор с флуидизирано легло, работещ при условия на непрекъснат поток. След третирането в циментатора, разтворите постъпваха в съд за регенерация, където се компенсираха загубите на вода и се добавяха горепосочените реагенти до желаните концентрации. Получените по този начин излугващи разтвори се рециклираха за излугване на рудата в колоната.

Резултати и Обсъждане

Първоначалните експерименти, проведени с фино смляна руда (с едрина минус 0.037 мм) в колби на шейкър показаха, че излугването на благородните метали, без предварително окисление на рудата, не е ефикасно. Комбинираното химико-биологиочно излугване и излугването чрез NaCN дадоха сходни резултати (Таблица 3), като извличането на златото при отделните експерименти бе около 15 %. Това несъмнено бе свързано с високия относителен дял на златото, финодиспергирано в сулфидни минерали.

Таблица 3

Влияние на степента на предварителното бактериално окисление върху извличането на благородни метали при последвалото излугване

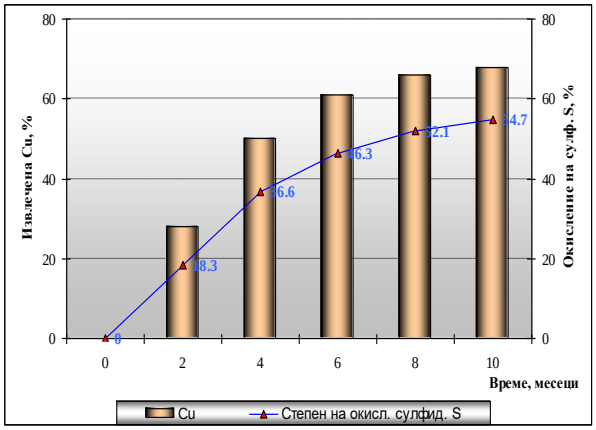
Съдържание сулфидна сяра, %	Степен окисление на сулфидите, %	Излугващи разтвори			
		Белтъчен хидролизат + тиосулфат		NaCN	
		Извличане на благородни метали, %			
		Au	Ag	Au	Ag
2.0	0	14.9	8.2	15.2	7.9
1.54	23.0	48.2	35.0	48.0	32.3
1.02	49.0	85.1	65.3	85.5	69
0.88	56.0	89.3	70.1	89.1	67.1
0.62	69.0	91.0	72.1	91.4	68.4
0.40	80.0	91.8	72.8	91.8	69.5

Предварителното бактериално окисление на рудата чрез смесена култура на ацидофилни хемолитотрофни бактерии се отрази много благоприятно върху извличането на благородните метали при последвалото излугване в алкална среда, както чрез тиосулфат и белтъчен хидролизат, така и чрез цианид, използвани като комплексиращи агенти (Таблица 3). Предварителното бактериално окисление бе съпроводено с извличане на медта от рудата, като степента на извличане на този метал бе в зависимост от степента на окисление на сулфидната сяра. Установи се, че при степен на окисление в границите от 50 – 55 % бе извлечена от 67.1 до 70.1 % от медта. Тази степен на бактериалното окисление на сулфидната сяра бе достигната при контактно време в границите от 84 – 90 часа. При това при последващото алкално излугване на окислената до тази степен руда би извлечено над 85 % от съдържащото се в нея злато. Това се дължеше на факта, че в образците пирит и халкопирит в тази руда, както и в много други сходни случаи, златото е локализирано главно в дефектните места на сулфидните кристални решетки, а именно тези дефектни места се атакуват преимуществено от хемолитотрофните бактерии (Lazer et al., 1986). При по-голяма продължителност на предварителното бактериално окисление (около 135 часа) съдържанието на сулфидната сяра бе понижено дори до 0.4 %, което съпоставено с изходното съдържание от 2.0 %, отразяваше степен на окисление от 80 %. Извличането на медта при това по-продължително бактериално окисление достигна 84.2 %. Алкалното излугване на така окислената руда, както чрез комбинираното химико-биологично излугване, така и чрез цианид, повиши в известна степен извличането на благородните метали (Таблица 3). При това скоростите на извличане на златото и среброто при комбинираното химико-биологично излугване бяха по-високи от тези, получени при излугване с цианид, макар че крайните степени на извличане, получени чрез двата метода, бяха сходни.

Комбинираното химико-биологично излугване на благородните метали от предварително окислената руда в реактори с механично разбъркване протичаше оптимално с излугващ разтвор, съдържащ 20 – 25 g/l тиосулфат, 1.5 – 3.3 g/l микробен белтъчен хидролизат, 0.5 – 1.0 g/l мед, 3 – 4 g/l сулфит и 2.0 – 2.5 g/l амоняк, при температура 35 – 40 ^{o}C. Данните за извличането на благородните метали, посочени в Таблица 3, са постигната при продължителност на излугването 48 h.

Резултатите от изследванията, проведени с фино смляна руда в реактори с механично разбъркване, послужиха като основа при изследванията за преработване на тази руда в перколационни колони. Третирането на рудата посредством ацидофилни хемолитотрофни бактерии показа, че след инокулирането на колоните с такива бактерии, около 14 дни бяха достатъчни за развитие на многочислени популации, чиято плътност надхвърляше 10^8 клетки/g руда.

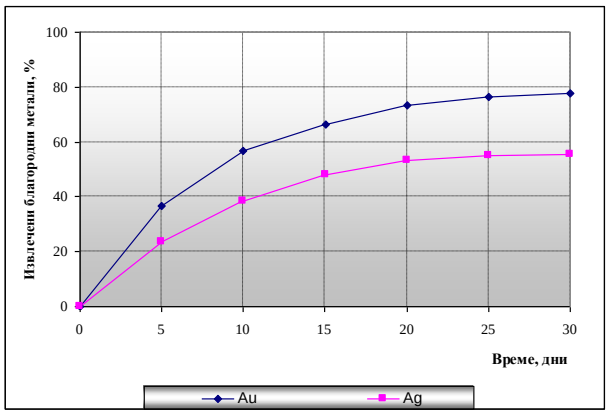
68.0 % от медта бе извлечена от рудата за период от 10 месеца (Фигура 1). Преработването на медсъдържащите дренажни разтвори чрез цементация с Zn^0 бе ефикасно, като бяха получени медни цементационнни концентрати, съдържащи 80 – 82 % мед. Разходът на метално желязо (Fe^0) при цементацията бе в границите от около 2.0 – 2.5 kg желязо/kg мед.



Фиг. 1. Извличане на медта и степен на окисление на сулфидните минерали по време на предварителното бактериално окисление

Съдържанието на сулфидна сяра в рудата след приключване на излугването бе понижено до 0.9 %, което отразяваше степен на окисление на сулфидната сяра от около 55 % (Фигура 1). Предварителни експерименти, проведени в малки перколационни колони (с по 10 kg руда) потвърдиха данните от излугването в реактори, като показаха, че тази степен на окисление бе достатъчна, за да се постигне извличане на златото над 85 %. Извличането на благородните метали от предварително

окислена руда, в голяма перколационна колона бе също много ефикасно, като 77.7 % от златото и 55.4 % от среброто бяха извлечени чрез комбинираното химико-биологично излугване за период от 25 дни, (фигура 2).



Фиг. 2. Извличане на благородни метали от предварително окислената суровина

При третирането на продукционните дренажни разтвори от колоната чрез циментация с Zn^0 бяха получени смесени златно-сребърни концентрати концентрати, съдържащи още мед и цинк като полезни компоненти. Тези концентрати могат да бъдат преработвани чрез добре известните методи за получаване на чисти злато и сребро.

Разходите на реагенти при излугването на рудата и циментацията на продукционните разтвори възлизаха на 8.0 g тиосулфат, 0.45 g белтъчен хидролизат, 0.7 g мед и 0.14 g цинк на kg руда. Сравнително ниския разход на медни йони се дължеше на факта, че при излугването част от медта, съдържаша се в предварително окислената руда, се разтваряше под действието на тиосулфата.

Препоръчана за публикуване от
катедра „Инженерна геоекология", МТФ

Литература

Groudev, S. N. and Groudeva, V. I., 1993. Biohydrometallurgy of gold: present-day status and future prospects, in Proc. XVIII *International Mineral Processing Congress*, Sydney, Australia, 23-28 May, 1993, pp. 1385-1387.

Groudev, S. N., Groudeva, V. I. and Spasova, I. I., 1993. Extraction of gold and silver from oxide ores by means of combined biological and chemical leaching, in *Biohydrometallurgical Technologies,* vol. I, pp. 417-425, A. E. Torma, J. E. Wey and V. I. Lakshmanan, eds., The Minerals, Metals & Materials Society, Warrendale, PA.

Lazer, M.J., Southwood, M.J. and Southwood, A.J., 1986. The release of refractory gold from sulphide minerals during bacterial leaching. in: *Gold 100, Proceedings of the International Conference on Gold*, SAIMM, Johannesburg, South Africa, vol.2, pp.287 - 297.

Lawrence, R.W. and Bruynesteyn, A., 1983. Biological preoxidation to enhance gold and silver recovery from refractory pyritic ores and oncentrates, *CIM Bulletin*, 76 (857), 107.

Spasova, I.I. and Groudev, S. N., 2003. Microbial heap leaching of a gold-bearing sulphide ore, in Proc. *X Balkan Mineral Procressing Congress,* Varna, Bulgaria, 15 – 20 June 2003, pp. 374 – 377.

Van Aswegen, P.C., Godfrey, M.W., Miller, D.M. and Haines, A.K., 1991. Developments and innovations in bacterial oxidation of refractory ores, *Minerals and Metallurgical Procesing,* November, 188 – 191.

ГОДИШНИК НА МИННО-ГЕОЛОЖКИЯ УНИВЕРСИТЕТ "СВ. ИВАН РИЛСКИ", Том 52, Св. II, Добив и преработка на минерални суровини, 2009
ANNUAL OF THE UNIVERSITY OF MINING AND GEOLOGY "ST. IVAN RILSKI", Vol. 52, Part II, Mining and Mineral processing, 2009

СЪЩНОСТ И РОЛЯ НА ПРОМИШЛЕНИТЕ КЛЪСТЕРИ В МИННАТА ПРОМИШЛЕНОСТ

Андрей Блинов [1], Ольга Рудакова [2], Владимир Рафиенко [3]

[1] Всички руски дистанционно обучение институт по финанси и икономика, Русия, Москва, E-mail: aoblinov@mail.ru
[2] Всички руски дистанционно обучение институт по финанси и икономика, Русия, Москва, E-mail: olrud@yandex.ru
[3] Поволга държавен университет услуги, Русия, Толиати, E-mail: vrafienko@mail.ru

РЕЗЮМЕ. Настоящата статия представлява кратък обзор на състоянието на руската минна промишленост, включвайки в себе си описание на най-важните в настоящия момент местни миннодобивни райони, а също така и отразява гледните точки на експертите за възможността да се формират клъстерни мрежи в минната промишленост на Русия. В наши дни проблемът на руската миннодобивна промишленост се състои в това, че съществува необходимост от формиране на клъстерно сътрудничество в миннодобивната промишленост, като способ за развитие на отрасъла и на икономиката на Русия като цяло, и този проблем се признава както от ръководителите на държавата, така и от водещите представители на отрасъла, но се сблъсква с недостатъчната готовност на структурите на регионално ниво и също така недостатъчно разработената местна правно-нормативна база. Но въпреки съществуващите трудности, необходимостта от формиране на клъстерно сътрудничество в миннодобивната промишленост е очевидна, защото не само ще повиши конкурентоспособността на отрасъла, но и ще даде тласък на икономическото и социално развитие на регионите. В статията се дава определение на промишления клъстер, предлага се класификация на клъстерите и се описват необходимите условия за тяхното създаване чрез примери на реални обекти от минно-преработвателната промишленост. Представените в статията данни се основават на проведените през последните 5 години изследвания в областта.

NATURE AND ROLE OF INDUSTRIAL CLUSTERS IN MINING

Andriy Blinov [1], Olga Rudakova [2], Vladimir Rafienko [3],

[1] All-Russian Distance-Learning Institute of Finance and Economics (ARDLIFE), Russia, Moskow, E-mail: aoblinov@mail.ru
[2] All-Russian Distance-Learning Institute of Finance and Economics (ARDLIFE), Russia, Moskow, E-mail: olrud@yandex.ru
[3] Povolzhskii State University Servise (PSUS), Russia, Togliatti, E-mail: vrafienko@mail.ru

ABSTRACT. This article is a brief overview of the status of the Russian mining industry, including the description of the most important at this time local mining areas but also reflects the views of experts on the possibility to form a cluster network in the mining industry of Russia. Nowadays the problem of Russia's mining industry is such that there is a need for formation of cluster cooperation in mining industry, as a tool for development of the industry and the economy of Russia as a whole, and this problem is recognized both by the Heads of State and leading the industry, but is confronted with insufficient readiness of the structures at regional level and also under-developed local legal regulations. But despite the existing difficulties, the necessity of forming a cluster cooperation in the mining industry is evident, not only because it will increase the competitiveness of the industry but will also give impetus to economic and social development of regions. The article provides a definition of industrial cluster, it is proposed that the classification of clusters and describe the conditions necessary for their creation through examples of real objects from mining-processing industry. Presented in this article are based on data held in the last 5 years of research in the field.

Трудно е да бъде направена оценка на значението на минната промишленост в икономиката на която и да е държава, тъй като тя представлява първичен сектор от производството, от състоянието на когото зависи осигуряването на всички останали сектори с материали и енергийни ресурси. В Русия развитието на страната е в пряка зависимост от ефективността на минния отрасъл на промишлеността, поради това държавата обръща на неговото развитие и ефективност особено голямо внимание.

Минната индустрия в Русия днес се характеризира с факта, че повечето минни компании имат собственици. При това не във всички предприятия се отделя необходимото внимание на безопасността и екологията, а съществуващото законодателство не налага достатъчно строги изисквания по тези показатели. Материално-техническата база е недостатъчна, което води до влошаване на дълготрайните активи и липсата на инвестиции в нова техника. Управлението на дружествата в по-голямата си част не се състои от професионални миньори. [5]

Според експерти обема на производството на суровини в Русия към днешна дата е над 150 милиарда долара годишно. Въпреки това, миннодобивната промишленост не е само суровинен потенциал на държавата, но също така и технологични, човешки и финансов. Очевидно е, че развитието на минната индустрия е привилегия на високо развитите страни.

Но преди да говорим за особеностите на управлението на предприятията в миннодобивната промишленост, е необходимо да се характеризира ситуацията в индустрията като цяло.

В Русия минната индустрия не принадлежи към категорията на безпроблемните отрасли. Актуална задача е модернизацията и развитието на иновациите в отрасъла,

както и разработването на по-ефективна система за управление. От 2001 г. беше засилена правителствената регулация на минерално-суровинния комплекс, което доведе до използването на различни икономически механизми, сред които експертите обозначават като особено важни данъчното облагане, лицензирането, реорганизацията на предприятията, продажбата на акции. От голямо значение през последните години са минните клъстери - географски концентрирани групи от свързани помежду си фирми. [8]

Създаването на клъстери е нова тема в руската икономика, но въпреки това в наши дни създаването на големи промишлени клъстери в минния отрасъл засяга такива стратегически райони като Кош-Агачския район (република Алтай), Яно-Колимската златодобивна провинция (Якутия и Магаданска област), Приморския край. Минно-преработвателен клъстер е създаден и на територията на Урал.

Като се имат предвид перспективите за развитието на споменатите региони по отношение на образуването на клъстери, следва да се отбележи, че в Приморския край установяването на такъв клъстер може да осигури годишен добив на минерали в количества от 4 до 6 млн. тона руда годишно. Основните полезни изкопаеми в този район са злато, сребро, калай, полиметали, титан. В настояще време добивът на всички минно-преработващи предприятия, без да се води точен отчет за това, представлява приблизително около 3 млн. т. руда годишно.

Ресурсния потенциал на руда и злато в Яно-Колимската провинция се оценява приблизително на 9800 тона злато, включително в Якутия – около 4500 тона, в Магаданска област – 4800 тона злато. Значителен е потенциалът на Яно-Колима в добива на полиметални руди, калай, медни руди, редки метали, различни видове неметални полезни изкопаеми.

В Кош-Агачския район са съсредоточени крупни запаси от полезни изкопаеми – волфрам, молибден, кобалт, бисмут, мед, живак, спекуларит, злато, сребро, гипс, тантал, ниобий. Част от залежите се разработват (Калгутинското и Южно-Калгутинското местонаходище на волфрам, молибден, мед) или се подготвят за разработка (Каракулското местонаходище на кобалт, бисмут, мед, местонаходището Рудний Лог с неговите запаси от спекуларит), а част ще се разработва в перспектива. [14]

Един от най-развитите региони по добив на метали и минерали в Русия е Република Карелия. През 2008 г. обемът на производството в предприятията от областта, според изчисленията на експертите, е в размер от около 37 милиарда рубли. Тя произвежда 9,3 милиона тона пелети от желязна руда, 11,7 милиона тона трошен камък и чакъл; 26,2 хиляди кубически метра блокове от естествен камък [12]

Във връзка с икономическата криза, която достатъчно силно засегна и минната индустрия в Русия, през 1-то тримесечие на 2009 г. продукцията на предприятията от отрасъла в Република Карелия е намалял с 48%. Според проучване на пазара, в сравнение с 1-во тримесечие на 2008 г., производство на трошен камък е намаляло със 7%, добивът на каменен блок с 40%. При това в годишния план за 2009 г. са включени следните показатели:

1. 6 милиона тона пелети от желязна руда;
2. 11 милиона тона чакъл;
3. 26 хиляди кубически метра блокове от естествен камък.

В настоящия момента, когато производството отново се увеличава, е много вероятно, че размерът на годишния план ще бъде изпълнен.

Минерално-суровинната база на република на Република Карелия включва в себе си 777 проучени находища на 27 вида минерали, присъстват черни и цветни метали, злато и метали от платиновата група. [12]

Очевидно е, че за ефективното функциониране на минната индустрия Карелия е от огромно значение за икономиката на Русия.

Но най-важен за минната индустрия в Русия днес е все още Урал, като най-богата минерална база на страната. В допълнение към добива в Урал съществува развита система от академични и индустриални институции, както и заводи за обогатяване, за подготовка, обработка и транспортиране на минералните ресурси. На територията на Ханти-Мансийския и Ямал-Ненецкия автономен район са съсредоточени находища на желязна руда, олово, цинк, боксит, хромит, благородни метали и кафяви въглища. От решаващо значение суровинната база на металургичната промишленост на страната са предприятията на Свердловския и Челябинския региони.

Може да се отбележи Качканарското местонаходище на титаномагнетитови руди и скарново-магнетитови находища.

В основата на производството на суров алуминий в Русия стои материалната база на Северно-Уралския и Тиманския бокситови региони (26% от общите запаси на боксит в Русия, добив – 70%). Известни са медно-цинковите и пиритни залежи (Красноуралск, Кировоград, Дегтярск, Карабаш, Учали, Сибай, Гай). В Урал са разположени и около половината от медните находища, една трета от местонахожденията на цинк, а също и силикатните никел-кобалтови местонахождения. Добивът на злато съставлява около 2472 кг на година. Освен това се добиват манган, хром и уран (Долматовското и Доброволното местонахождение), ниобий, тантал и цирконий (Вишневогорското местонахождение), молибден и волфрам (Шамейското и Кирдинското местонахождение), антимон (Аятското местонахождение), коренна платина (Нижний Тагил и Качканар), хризотип-азбест (Баженовското местонахождение), ископаеми калиеви соли (Верхнекамския бассейн), магнезити (Саткинското местонахождение), талк (Шабровското и Сиростанското местонахождение), графит (Тайгинското местонахождение), доломити, варовици (Тургояское, Агаповское месторождения), флуорошпат (Сурганското месторождение). Освен всичко останало Урал е известен със своите находища на скъпоценни камъни и въглеводороди. [6]

Това богатство на минерални ресурси е довело до създаването на широка инфраструктура на минната

индустрия. В момента има няколко проекта за създаване на минно-промишлени клъстери на територията на Урал.

Логиката на развитието на минната индустрия в Русия, във връзка с основните тенденции в съвременната икономика, пояснява необходимостта от създаването и развитието на минните клъстери.

На дадения етап съществуват три основни вида клъстери, чиято дейност е възможна в различните сектори на икономиката:

1. клъстери с регионално ограничена форма на икономическа дейност в свързаните с тях сектори, обикновено обвързана с някои академични институции;
2. клъстери с вертикални производствени връзки и тясна област на дейност, която обхваща процесите на производство, доставка и търговия, формирани около компаниите-майки или мрежите на големите предприятия;
3. отраслови клъстери в различните видове производство с високо ниво на агрегация (например, „химически клъстер") или на още по-високо ниво на агрегация (например, „аерокосмически клъстер"). [10]

Минно-промишлените клъстери принадлежат към третия тип на клъстерите.

Налице са 7 основни характеристики на особеностите на клъстерите, комбинацията от които,повече или по-малко, е характерна за всеки един от тях:

1. географска – когато изграждането на клъстера е свързано с определена територия, започвайки от местните и стигайки до действително глобалните;
2. хоризонтална – когато няколко отрасла / сектора могат да включват на равни начала в по-големи клъстери;
3. вертикална - характеризира клъстери с йерархична връзка при отделните етапи на производството или в иновационния процес;
4. латерална – означава групиране в клъстери на различни сектори на дадена индустрия, което позволява да се реализират икономии за сметка на мащаба и води до нови възможности;
5. технологическа – представлява съвкупност от производства, свързани с една и съща технология;
6. фокусна - представлява клъстер от предприятия, обединени от един център – от водещо голямо предприятие, НИИ или университет;
7. качествена - представлява клъстер от предприятия, постоянно усъвършенстващи се чрез високи постижения във всички сфери на взаимодействие, чрез повишаване на конкурентоспособността на всеки от членовете и по този начин подобряващ икономическото положение на цялото общество. [13]

Изследователите на проблема разглеждат клъстерите в качеството им на сдружения в рамките на особена зона производствени бизнес-проекти, фундаментални разработки и съвременни системи за проектиране на нови продукти, а също и подготовката и производството на тези продукти. В Русия днес се формира нова техническа и промишлена база въз основата на преобразуванията и модернизацията на руското производство, и внедряването на голям брой нововъведения. Формирането на новата техническа и промишлена база е продиктувано също и от стремителното развитие на световната техническа и промишлена мисъл, в следствие на засилването на конкуренцията, а също и поради изменението на стопанските условия. [4]

Очевидно е, че предпоставка за създаването на минно-промишлените клъстери е не само териториално-географската близост, но и необходимостта от организацията на пълномащабни производствени системи, които да включват в себе си целия цикъл на производство.

Създаването на клъстери може да осигури редица очевидни предимства на регионалната икономика:

1. Регионално развитие.
2. Сближение на фундаменталната наука и комплексните практически разработки, което води до появата на нови видове продукти и подобряване на условията за производство на старите.
3. Развитие на производствената инфраструктура за сметка на приложените на практика иновации.

Едновременно с това, формирането на клъстери дава редица предимства на компаниите в състава на клъстерите. Експертите разграничават следните механизми, действащи върху всички дружества в рамките на клъстера:

1. разходно-разпределителен (позволява оптимално използване на потенциала на всички дружества в рамките на клъстера, осигурявайки обмен на информация и производствени ресурси);
2. кредитно-кооперативен (предвижда взаимно обезпечение на членовете на клъстера с кредит, както и възможността за взаимни гаранции);
3. данъчна оптимизация (включва различни методи за намаляване на данъчната основа);
4. иновационен (изгоден трансфер на технологии);
5. информационен (осигурява предимствата на марката за всеки един от членовете на клъстера, както и формира общо информационно пространство с цел да се осигури ефективна комуникация) [8]

Управлението на риска, което гарантира икономическата сигурност на индустриалния клъстер, може да включва диверсификация, т.е., разпределението на капиталовите инвестиции между различни обекти, които не са пряко свързани; застраховка, като процес на резервиране на част от териториално индустриалните групи и на финансовите ресурси при нужда от преодоляване на отрицателни финансови последици за тези финансови сделки, при които съществуват рискове, които не са свързани с действията на изпълнителите; хеджиране на риска и осигуряване срещу неблагоприятни промени в цените; формиране на специална политика на мониторинг върху квалификацията на персонала, неговото

удовлетворение от извършваната работа и заеманата длъжност, както и осигуряване на необходимия резерв от кадри; финансов контрол на приходите и разходите; управленско счетоводство, насочено към осигуряване на необходимите икономически и социални решения за управление на информацията ; бюджетиране. [7]

Сложността на провежданите мероприятия изисква специален подход към управлението. Естеството на промишления клъстер е, че той може да бъде полезен за предприятия с различни форми на собственост, както и с различни форми на стопанска дейност. Взаимодействието на предприятията в рамките на клъстера може да доведе до загуба на независимостта на някои от тях, както и до загуба на способността за собствено активно поведение на пазара.

Анализът на икономическата ефективност при внедряване на клъстерната политика в миннодобивния отрасъл е задължително условие за всеки отделно взет регион. Клъстерната политика може да стане едно от основните направления на държавната политика за увеличаване на рейтинга на държавата в рамките на световния пазар, и е включена в списъка от 11-те ключови направления на правителството за повишаване на националната конкурентоспособност. [3]

Изпълнението на програмата за развитие на клъстерната политика в регионите включва 6 основни разпоредби, които се прилагат последователно:

1. Изследване на регионалната икономика за възможността за създаване на клъстер, определяне на неговите цели и начин на действие.
2. Изследване на регулаторната рамка в региона за възможността на създаването и функционирането на клъстера.
3. Разработка на програма за реализация на клъстерната политика и механизмите на нейното коригиране.
4. Реализация на програмата за развитие на регионалния клъстер.
5. Мониторинг върху изпълнението на програмата.
6. Определение на факторите, влияещи на жизнеспособността на клъстера (положителни и отрицателни). [8]

За създаване на клъстер в региона е необходимо провеждането на клъстерен анализ, който ще определи бъдещата структура на клъстера, неговите възможни локални потребности, наличие или необходимост от създаване на свързващи компании, наличие на необходимите условия по места (инфраструктура, професионално развитие, капитали и научна подкрепа).

Важна особеност на клъстерите е иновационната им ориентация. Затова експертите посочват възможността за създаване и подкрепа на клъстерите в най-перспективните направления в различните сектори на икономиката, и също там, където формирането на клъстер ще допринесе за формирането и управлението на иновационни системи. Структурата на индустриалната група би могла да включва не само промишлени предприятия, но и финансови институции - инвестиционни банки и лизингови компании. [9]

Като пример можем да представим изходните данни за създаването на минно-промишления клъстер в Кош-Агачския район на република Алтай. [14]

За юли 2008 беше известно, че в Кош-Агачския район има големи запаси от природни изкопаеми (в процес на разработка и в перспектива) – волфрам, молибден, кобалт, бисмут, мед, живак, спекуларит, злато, сребро, гипс, тантал. Общо там бяха открити над 20 вида залежи на полезни изкопаеми. При разработването на мината взе участие изключително квалифициран персонал.

При разработките се откроиха и Калгутинското, и Южно-Калгутинското местонаходище на волфрам, молибден и мед, имащи голямо значение за минно-преработвателната промишленост. Беше подготвяно за разработка Каракулското местонаходище на кобалт, мед, бисмута, а също и местонаходището на спекуларит Рудний Лог. Местонаходището Рудний Лог предлага потенциална възможност за добив на 3,5 млн. тона желязна слюда, съдържаща железен алфа-оксид, оксиди на силиция, алуминия, магнезия и калция. Проектната мощност на местонаходището е 100 000 тона руда в година, при положение, че данъкът за добив на полезни изкопаеми е 40 млн. рубли в година.

Минно-преработвателната промишленост е водеща в региона – 75% от всички налични промишлени предприятия. ЕООД „Калгутинское", занимаващо се с разработката на Калгутинското местонаходище е основния данъкоплатец в региона (осигуряващ 10% от постъпленията в бюджета).

В района тече изграждането на предприятие за добив и преработка на полезни изкопаеми, което ще бъде част от минно-преработвателния клъстер. След 5 години комбинатът трябва да достигне проектна мощност, съставляваща 1 млн. тона руда в година. Проектния обем на готовата продукция е 15 000 000 000 рубли в година.

Сред минусите, които биха могли да попречат на създаването на минно-преработвателния клъстер се отбелязват дефицитът на електроенергия, отсъствието на развита инфраструктура – пътища, електропроводи, логистични центрове. Задачата по строителството на пътищата и електропроводите е възложена на разработчиците на местонаходището. Планира се участие в федерални и регионални програми с цел частичното обезпечение на финансирането на изграждането им, за сметка на държавния бюджет. Както ясно личи от предоставените данни, формирането на клъстер в региона ще доведе до развитие не само на минно-преработвателната промишленост, но и на региона като цяло, за сметка на подобряване на инфраструктурата и създаването на нови работни места. [14]

В заключение трябва да се отбележи, че промишлените клъстери имат огромно значение за развитието на държавата, изпълнявайки ролята на стратегически обект, подобряващ и развиващ вътрешния пазар, и и повишаващ ефективността на механизмите на развиване на държавата като цяло.

Литература:

1. Бекетов Н.В. О формировании региональных кластеров экономики Республики Саха (Якутия) // *Проблемы современной экономики.* - №3 (23), 2007
2. Бекетов Н.В. Формирование географических кластеров экономики региона // *Вестник ОГПУ.* - 2007
3. Бирюков А.В. Кластерная политика как фактор повышения конкурентоспособности предприятий оборонных отраслей промышленности // *Транспортное дело России.* - №3, 2009
4. Громыко Ю.В. Что такое кластеры и как их создавать // *Альманах Восток.* – №1 (42), 2007
5. Красноштейн А.Е. О значении экспертизы в горнодобывающей и угольной промышленности // *Горное эхо.* - №3, 2006
6. Латышев П.М., Дементьев И.В. Уральский промышленный комплекс // *Инновационный портал УФО.* – 05.04.2005 – www.invur.ru
7. Полютов А.А. Оценка уровня экономической безопасности территориального промышленного кластера // *Транспортное дело России.* - №2, 2009
8. Рогова Е.М., Ткаченко Е.А., Проскура Д.В. Теоретические аспекты формирования региональной кластерной политики // *Проблемы современной экономики.* - №4 (28), 2008
9. Сергеев А. Доходное место: кластеры научной мысли // Ведомости. - №72 (1846), 2007
10. Цихан Т.В. Кластерная теория экономического развития // *Теория и практика управления.* - №5, 2003
11. Шмарыго Л.В. Проблемы управления кластерами в промышленности // *Региональная экономика: теория и практика.* - №32 (89), 2008
12. Горнодобывающая отрасль Карелии. *Маркетинговые исследования AUP.ru.* – 20.05.2009 – www.aup.ru
13. Малые предприятия в системе кластеров // *Аналитика малого предпринимательства.* – www.giac.ru
14. На Алтае создадут горнопромышленный кластер // *Новости металлургии.* – 20.06.2008 - http://www.metalinfo.ru/ru/news/29151

Препоръчана за публикуване от редакционен съв