

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 на 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 през 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 придошлиите 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 изко-

паеми, на нефт и природен газ, на строителни и ювелирни материали, ежегодно до 150 млрд. 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 ограничен от изискванията за опазване на ПСВ.

Във връзка с това е наложително ограничаването и "ликвидиране" на пирометалургията и заместването ѝ 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 залежани, 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 ПСВ.

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 открития 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 открития 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 сред 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 доказва, 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 воднопаров 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 подземни 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 минералогични, 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, физико-химия, 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 поэтапно 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 ѝ 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 почистване 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 разсолдобив в находище “Мирово” (Фирма “Провадсол” АД):

- Внедряване на съоръжения и технология за електромагнитна интензификация на солдобива 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 междука-

мерните 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.
- Техничко-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. Ritsie. 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*. М-М.Е., 67 p.

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

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. Иззетата 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

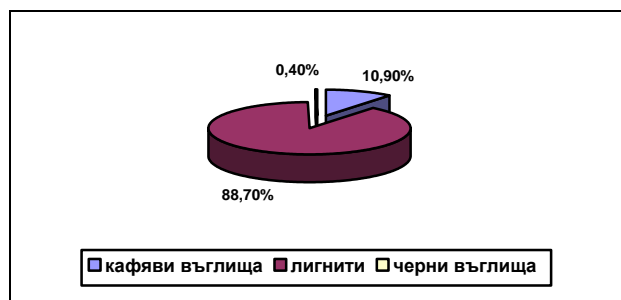
University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, e-mail: idjobov@hotmail.com

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.

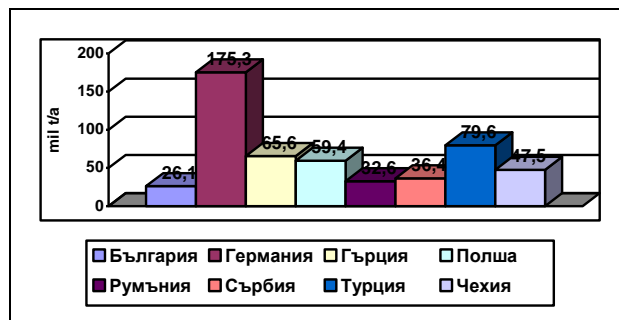
За разлика от северната си съседка, България разполага с ограничени запаси от изкопаеми горива. Основният енергиен източник използван в страната са въглищата. Геоложките им запаси, в работещите минни предприятия се оценяват на 3 милиарда t. От тях 88,7 % са лигнити, 10,9 % кафяви и 0,4 % черни въглища (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 иззетите 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 7^{мо} и 8^{мо} 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 Джуи 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 Минтия. 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. Пloeц (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 транспортъори 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 басейн). 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 басейн) 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. m³ откривка. Мини “Марица – Изток” ЕАД разполага с високопроизводителна минна техника, включваща верижни многокофови и роторни багери, гумено лентов транспорт и насипообразуватели. Иззетите 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 басейн. 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	мил. t	3710	3538
Геоложки запаси от кафяви и черни въглища		706 (кафяви)	937 (черни)
Годишен добив на лигнитни въглища	мил. t	26	35,1
Годишен добив на кафяви и черни въглища		2,1 (кафяви)	2,5 (черни)
Общ добив		28,1	37,6
Лигнитни въглища: калоричност	kJ/kg	6700	7000 ÷ 8550
пепелно съдържание		%	24 ÷ 48
влажност	%		23 ÷ 56
съдържание на сяра			0,9 ÷ 7
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 зависима 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					
			Ровинари	Россия	Мотру	Джилт	Бербешти	Хъшничиора
Промислени 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. m³/год.	175,5	42	40	22	45	14	12,5
Усреднен коефициент на откривка	m³/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	m³/чов.	13404	13993	13555	9996	19370	7474	18685

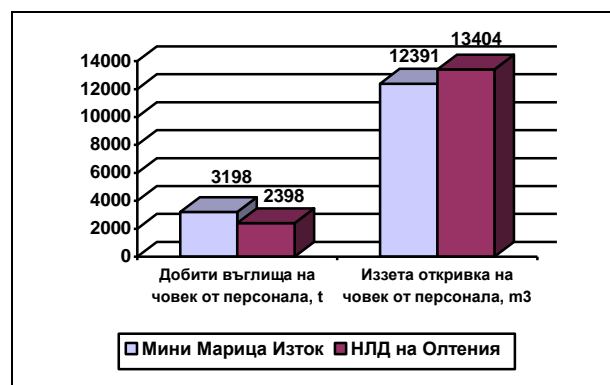
Таблица 3. Технически показатели на рудниците в мини “Марица изток” АД

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. m³/год.	92,76	23,39	33,25	36,12
Усреднен коефициент на откривка	m³/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	m³/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. m³. Усредненият коефициент на откривка за мини “Марица изток” АД е 3,87 m³/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.m³. Усредненият коефициент на откривка за “Национално Лигнитно Дружество на Олтения” е 5,59 m³/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 предприятия 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

Заклучение

Извършеният анализ показва, 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 показва, 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

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 ("КАРЪЕР" – разработка на компанията "ВИСТ Груп"). 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

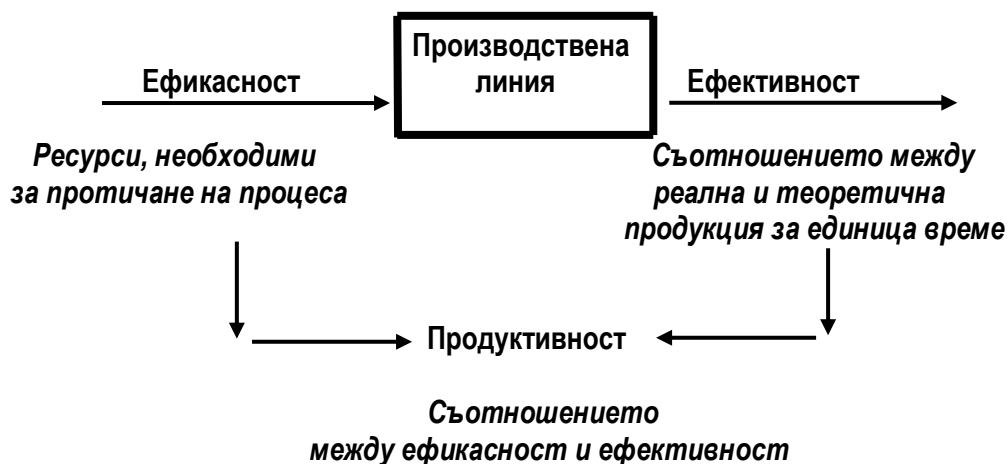
За оценяване и анализиране на успешното внедряване на системите за управление на МТК в открити рудници е важно да се изясни връзката между ефикасност, ефективност и производителност. Според Арно Кох [1]:

- **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 открития рудник за добив на злато “Кумтор” в Киргизстан, през 2003 г. – в открития рудник за мед “Нурказган”. През 2004 г. е реализиран проект по създаването на АСУ Wenco в открития рудник за добив на диаманти “Юбилейный” АК “АЛРОСА” в Република Саха – Якутия. Системата в открития 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 открития 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 открития 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 ОЕЕ/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

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

Тенчо Кайряков¹, Павел Карачолов², Атанас Смилянков³, Виолета Иванова⁴

^{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 – ЗС 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 Kajrjakov¹, Pavel Karacholov², Atanas Smiljanov³, Violeta Ivanova⁴

^{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 ѝ 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 ѝ 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 – производ-

ство 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 сме-ни 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 ЗС Марица изток –1” също е заложено пробвземащото 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 пробовземащото 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 – ЗС 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/cm,
- максимална големина на сменната партида (максимален лот): 15000 t/cm,
- средна големина на сменната партида (среден лот): 10000 t/cm,
- околна температура на въздуха: от -15° до + 40° С (температура измерена на сянка).

Технически и технологични изисквания, заложи 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 ѝ на ново място, преди претоварния пункт.

Елементи на пробовземащата система

Пробовземащата система е конструирана от следните елементи:

- метало-сигнализатор,
- двувалкова трощачка на магистралния въглищен ГТЛ (ВГТЛ),
- лентова везна с тензорни датчици или радиоизотопна везна,
- чуков пробовземач,
- лентов транспортър – 1,
- двувалова мелница тип ММИ,
- лентов транспортър – 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 транспортър – 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 ѝ 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

Изведена информация от пробовземачата система

Пробовземачата 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. Отражават се също престоиите и спиранията на ВГТЛ, или на пробовземачката система. Отражава 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 пробовземачката система,
- сумарните престои на ВГТЛ,
- сумарното време на престои на пробовземачката 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 последо-

вателно 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 пробовземачка 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

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 възлищен басейн е изготвянето на оптимална инвестиционна програма за поддържане и развитие на възгледобивната 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, еднокфови 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 възлища 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

В матричен вид посоченото оптимално решение се определя от уравнението:

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

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 $n=1, 2, \dots$ за всяка възрастова група от основни средства $j=0, 1, \dots, T-1$ 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 $\{r_{ij}\}$ ($i, j=0, 1, \dots, T-1; k=1, 2, \dots$).

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 $T \times k$:

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

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 $1, 2, \dots, k$. 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}^* ($j=0, 1, \dots, T-1$), 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:

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

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

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

т.е. изчисляват се елементите на матрицата от вида $T \times k$ по формула (8) за $i, j=0, 1, 2, \dots, T-1$ 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:

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

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

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

За $k=1$

$$q_0^{(1)} = 0,55 \cdot (-0,48) + 0,45 \cdot (-0,52) = -0,498$$

$$q_1^{(1)} = 0$$

$$q_2^{(1)} = 0,6 \cdot (-0,47) + 0,4 \cdot (-0,53) = -0,494$$

$$q_3^{(1)} = 0$$

$$q_4^{(1)} = -1$$

За $k=2$

$$q_0^{(2)} = 1 \cdot (-0,25) = -0,25$$

$$q_1^{(2)} = 1 \cdot (-0,08) = -0,08$$

$$q_2^{(2)} = 1 \cdot (-0,28) = -0,28$$

$$q_3^{(2)} = 1 \cdot (-0,06) = -0,06$$

$$q_4^{(2)} = 1 \cdot (-0,4) = -0,4$$

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 $k=1$ $q_0^{(1)} = -0,498$, а за $k=2$ $q_0^{(2)} = -0,25$. 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 $v_0(1), v_1(1), v_2(1), v_3(1), v_4(1)$ 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

$$v_0(1) = -0,5; v_1(1) = 0; v_2(1) = -0,56; v_3(1) = 0$$

$$\text{и } v_4(1) = -1,6.$$

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 $k=1$

$$-0,498 + 0,5[0,55 \cdot (-0,5) + 0,45 \cdot (0)] = -0,6355$$

за $k=2$

$$-0,25 + 0,5[1 \cdot (-0,5)] = -0,5$$

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 $k=1$

$$0 + 0,5[0 \cdot 0 + 0 \cdot (-0,56)] = 0$$

за $k=2$

$$-0,08 + 0,5[1 \cdot 0] = -0,08.$$

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 $k=1$

$$-0,494 + 0,5[0,6 \cdot (-0,5) + 0,4 \cdot (-0,14)] = -0,672$$

за $k=2$

$$-0,28 + 0,5[1 \cdot (-0,5)] = -0,53$$

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 $k=1$

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

за $k=2$

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

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 рекуррентные уравнения. М., Статистика, 1971.

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

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 прибегва 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 m³ 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 геоложият 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. Текстура 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 АВ, АС и ВС.

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 дка.

В района на “Мура – Север” мраморите имат ясно изразен моноклинал 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 m³;

Категория 211 – 2 437 500 m³.

Параметрите на системата на разработване на карьерите 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” въжена каменорезна машина “Benetti VIP 920”. Пробивните работи се извършват с пробивна сонда “Benetti PP 630” с диаметър 76 mm, с производителност $10 \div 12$ m/h.

Технология на добив на скални блокове с верижна каменорезна машина и “диамантена” въжена каменорезна машина е следната:

Първо се извършва хоризонталния разрез с верижната каменорезна машина. След хоризонталния разрез сондата прокарва вертикален сондаж с диаметър $d_s = 76$ mm и дължина на сондажа равна на височината на стъпалото ($2,5 \div 7$ 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” въжена каменорезна машина, разположена на горната площадка. Вертикалните напречни разрези се извършват от същото работно положение на “диамантената” въжена каменорезна машина.



Фиг.1 Общ вид на комбинираната технология за добив верижна каменорезна машина – “диамантена” въжена 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” въжени 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:

$$C_{\text{об.въж.}} = t_{\text{обвж}} \frac{P_{\text{МСМ}}}{T_{\text{СМ}}} + C_{\text{пр}} = \left(\frac{1}{hQ_{\text{чк}}} + \frac{1}{l_{\text{бл}}Q_{\text{чв}}} + \frac{1}{bQ_{\text{чвн}}} \right) \frac{P_{\text{МСМ}}}{T_{\text{СМ}}} + \left[\frac{N_{\text{с}} \cdot l_{\text{с}}}{V_{\text{СК.М}}} \left(\frac{P_{\text{МСМСОН}}}{Q_{\text{СМ}}} + \frac{C_{\text{дл}}}{l_{\text{дл}}} \right) \right], \text{ лв/м}^3,$$

където:

$Q_{\text{чв}}, Q_{\text{чвн}}$ – часови производителности на въжената каменорезна машина при извършване на напречни и надлъжни вертикални разрези, m^2/h ;

$Q_{\text{чк}}$ – часови производителности на верижна каменорезна машина при извършване на хоризонтални разрези, m^2/h ;

$t_{\text{обвж}}$ – време за извършване на разрезите, h ;

$P_{\text{МСМдвр}}$ – стойност на машиносмяната на “диамантена” въжена каменорезна машина, лв.;

$P_{\text{МСМвер}}$ – стойност на машиносмяната на верижна каменорезна машина, лв.;

$T_{\text{СМ}}$ – продължителност на смяната, h ;

h – височина на добивното стъпало, m ;

$l_{\text{бл}}$ – дължина на работния блок, m ;

$b_{\text{бл}}$ – широчина на работния блок, m ;

$N_{\text{с}}$ – брой на сондажите, бр.;

$l_{\text{с}}$ – дължина на сондажите, m ;

$V_{\text{СК.М}}$ – обем на добиваният блок, m^3 ;

$P_{\text{МСМСОН}}$ – стойност на машиносмяната на сондата, лв.;

$Q_{\text{СМ}}$ – сменна производителност на сондата, $\text{m}/\text{см}$;

$C_{\text{дл}}$ – стойност на пробивното длето, лв.;

$l_{\text{дл}}$ – разход на длето, m/m^3 .

Таблица 1

№ по ред	$H_{\text{ст}}, \text{m}$	$b_{\text{бл}}, \text{m}$	$l_{\text{бл}}, \text{m}$	V, m^3	$l_{\text{отн}}, \text{m}^2/\text{m}^3$	Време за извършване на разрезите, h	Стойност на 1 m^3 на база сондажни работи	Стойност на 1 m^3 добит с верижна каменорезна машина	Стойност на 1 m^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:

$H_{\text{ст}}$ – височина на добивното стъпало, m

$b_{\text{бл}}$ – широчина на заходката, m

$l_{\text{бл}}$ – дължина на заходката, m

V – обем на добитата ламела, m^3

$l_{\text{отн}}$ – 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:

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

където:

$Q_{\text{ч.пр}}$ – часова производителност на сондата, m/h ;

$Q_{\text{ч.хор}}$ – часова производителност на верижна каменорезна машина при извършване на хоризонтални разрези, m^3/h ;

$Q_{\text{ч.вн}}$ – часова производителност на “диамантена” въжена каменорезна машина при извършване на вертикални надлъжни разрези, m^3/h ;

$$Q_{\text{чбл}} = \frac{S_0 \cdot K_{\text{и}} \cdot K_{\text{со}}}{T_{\text{доб}} \cdot l_{\text{отн}}}, \text{ m}^3/\text{h},$$

където:

S_0 – обща площ на разрезите, m^2 ;

$K_{\text{и}}$ – коефициент на извличане на блокове (рандеман);

$K_{\text{со}}$ – коефициент на съвместяване на операциите хоризонтално, вертикално рязане и пробивни работи (0,9 ÷ 1,5);

$T_{\text{доб}}$ – време за извършване на всички операции, h ;

$l_{\text{отн}}$ – относителна площ на разрези, m^2/m^3 .

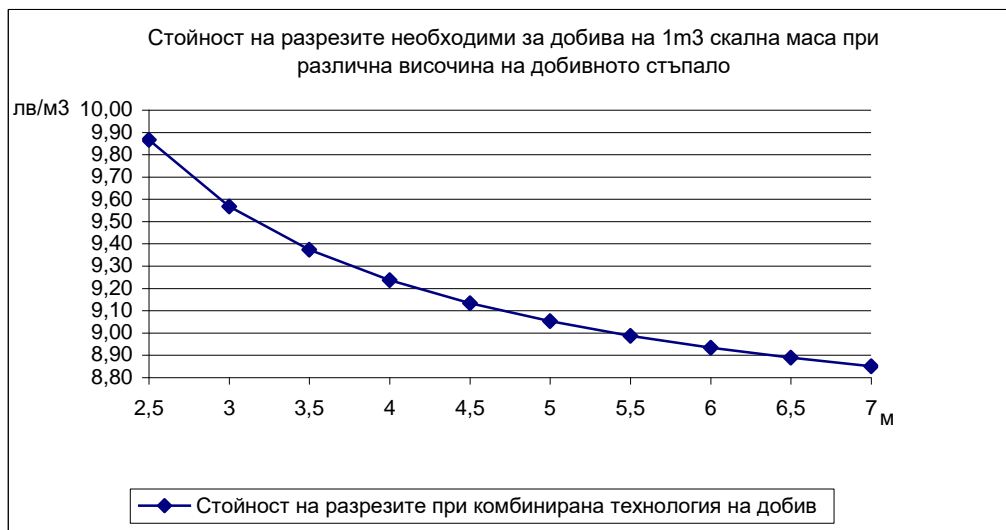
За определяне на времето необходимо за всички операции при добиването на един работен блок предлагаме формулата:

$Q_{\text{чвнап}}$ – 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”възжена 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/м³.

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/м³.

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”възжена 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

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

1. 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 доказва, 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.м³ 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 **1^{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 (извлекатели запаси над 1,2 млн.t, дадена е концесия за най-голямото находище Прохорово, над 600000 t мед), крупните насипища Медет, Асарел и Елаците (извлекатели над 0,6 млн.t), крупните флотационни стопанства Медет (след закриването им), Асарел, Елаците и Челопеч, старите на Бургаски медни мини, други в Средногорieto, + металургичните отпадъци в Пирдоп, Кърджали и Пловдив – обобщено извлекателите 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 високотемпера-

турни 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 Ермореченския 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 проникваемост 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 дълго време (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. на 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 недостатък, 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 "Изд-ремец" (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 разработ-

ване 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 "сондър" 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 закрыта, 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"

A. 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 Физикохимическа 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-заочни 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 работата) 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 Физикохимическа 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, Геологията 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 окислителни към реагентните състави.

в) Целенасочено развитие на минералната микробиология с цел селектиране и внедряване на нови видове

тионовни 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 водородни 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, М-М.Е., 1983.
- Geotechnology - conference in Massachusetts, 1992 (Сб.доклади).

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

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

Кръстю Дерменджиев¹, Георги Стоянчев²

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 Dermendjiev¹, Georgy Stojanchev²

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 м. Над пласт "В", в рамките на откоса се разкриват покриващите скали, характерни за площта, с мощност между 7-9 м.

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 "фронтна" 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".

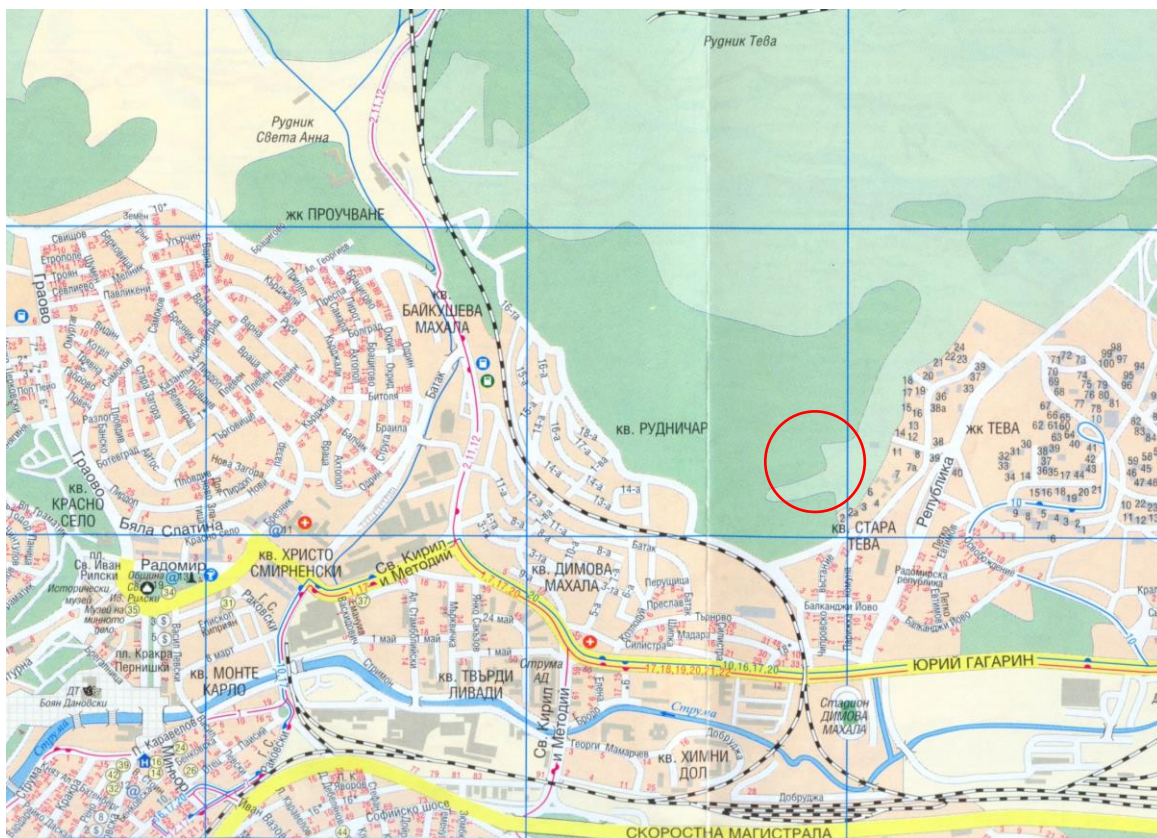
Характерно за четирите пласта в района е, че в южната му част те афлорират и са изразени в общ комплекс, като пласт "Д" преминава в изветряла част – т.нар. "чернилки".

Западането на комплекса пластовете е с наклон около 6° 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 пясъклив и здрав мергел в междупластията 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 борт на открития 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 пясъкливи 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° и е със сравнително добра устойчивост. В долнището на пласта се откриват здрави пясъкливи мергели. Сравнителната оценка на възглицата и скалите от горнище показва, че възглицата 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 открития 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 шарпирани 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 VM-4M, при нагнетателен режим на работа и гъвкави вентилационни тръби \varnothing 400 mm.

При достигане на камерата на проектната дължина (контур на запаси, край на целика или изклинване 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 ендегенни 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 подсипан допълнително със скална маса за постигане на добра изолация на издетото 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

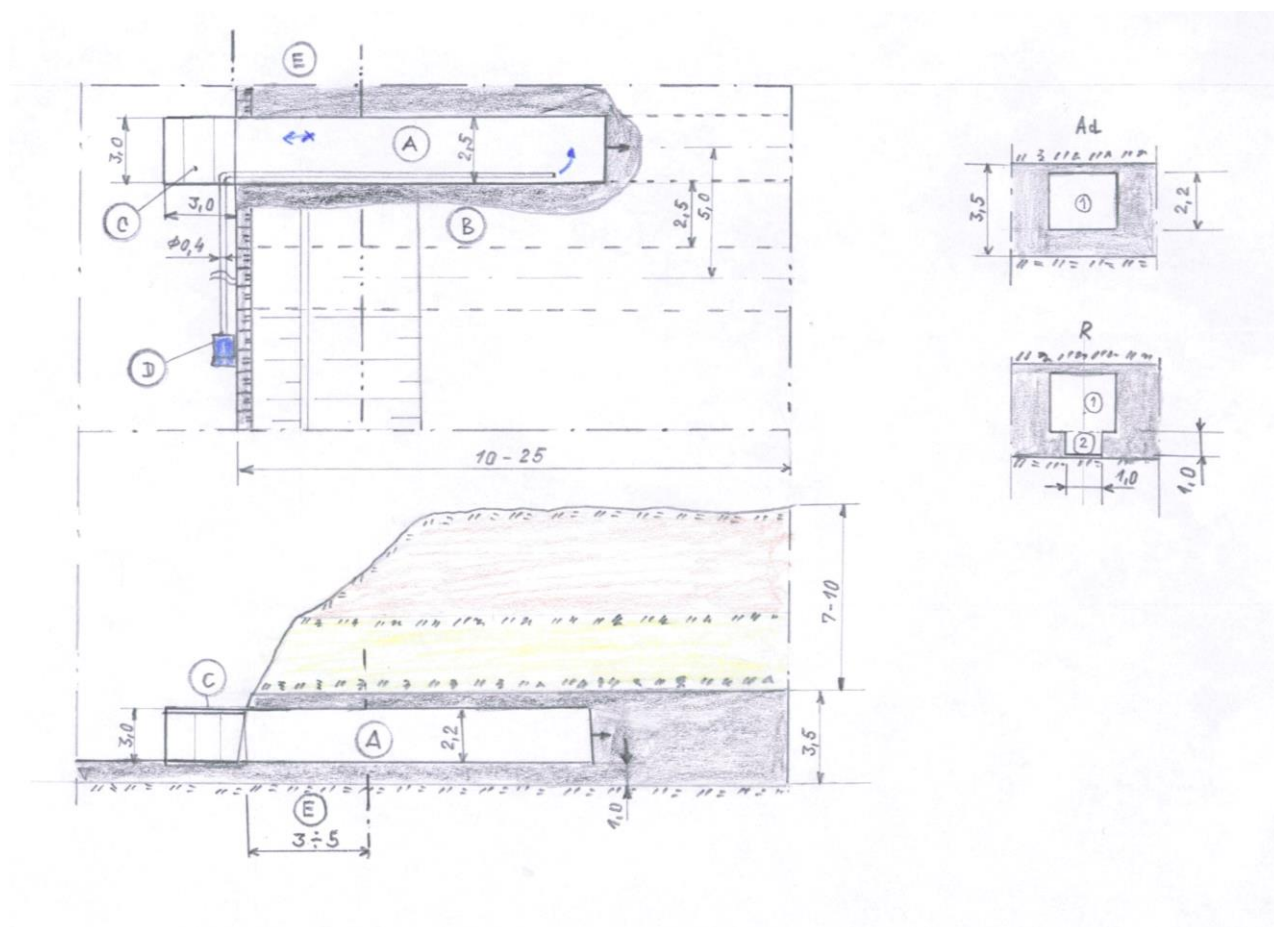
Запълването на камерите ще става механично, с използване на минни товаро-транспортни машини тип S-100 и S2005 на фирмата "Bobcat". по-важните технически данни на тези машини са представени на табл.1.

За запълвачен материал ще бъде използвана скална-минна маса от откривка на открития 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	Дименсия	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 m².

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 ѝ въглищен лентов целик

ще бъдат нарочно изолирани с насипана и шарпирена скална маса.

Добивна технология

Добивните работи се изразяват основно в прокарване на глухата добивна изработка и изкопаването на траншейната част в пода ѝ. 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.

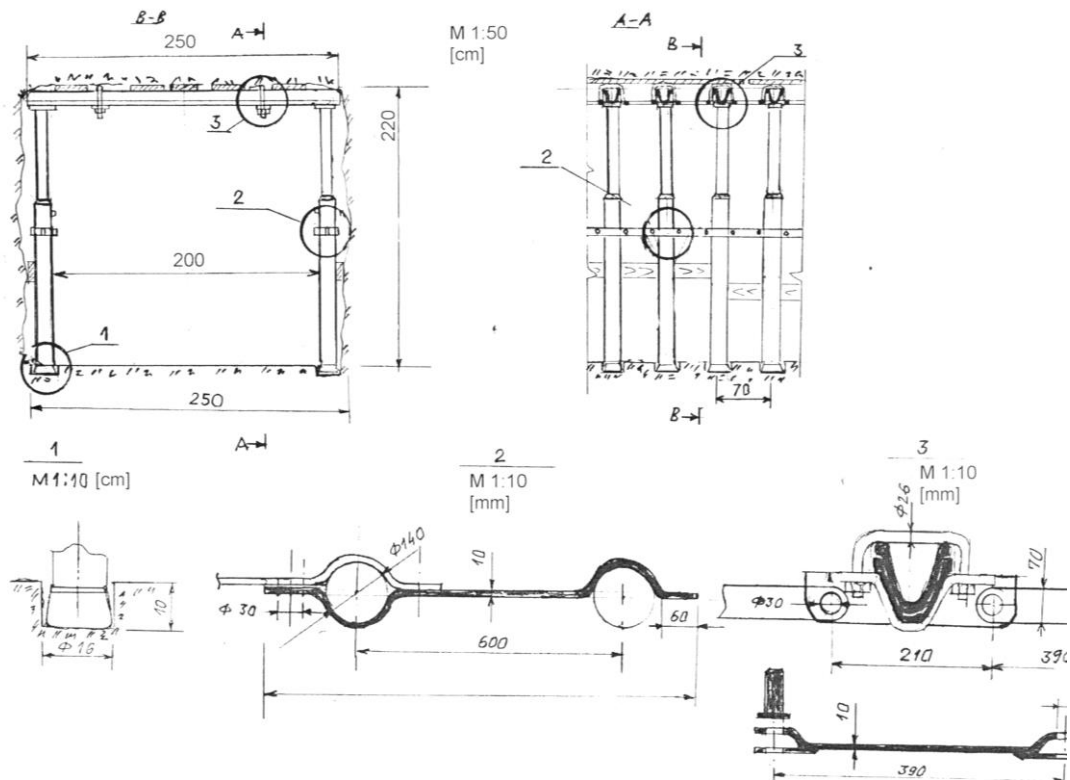
Преди да започне изкопаването на въглищата, се оглежда добивния забой и изработките, и при констатирани нарушения на крепежа, обшивката или проветряването на изработката, същите се отстраняват незабавно, след което се започва работа.

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 долницето на изработката.

2. Закрепването започва с монтиране на металната капа, която предварително е разтеглена до необходимата дължина и са стегнати хамутните ѝ 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. Паспорът на крепеж 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 $\varnothing 2''$, 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 $\varnothing 400$ 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 $Q_n = 30 \text{ m}^3/\text{min}$, при максимален брой на работниците $n_p=5$ бр.

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

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 $3,75 \text{ m}^3$ 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	Продължителност		Бр.заети работници	Първа смяна							
		h	min		9	10	11	12	13	14	15	16
1	Оглеждане и обезопасяване	0	15	3	[Горизонтална линия от 9 до 9:15]							
2	Изкопаване на въглища (за 1 рамка $b_n=0,7$ m)	3	45	3	[Горизонтална линия от 9:15 до 10:00]							
3	Монтиране и обшивка на 1 бр. рамка, (10 бр.тав.)	2	30	3	[Горизонтална линия от 13:00 до 13:30]							
4	Натоварване и извозване на въглища с количка	4	45	2	[Горизонтална линия от 9:15 до 10:00]							
5	Снабдяване с креп. материали ръчно	1	30	2	[Горизонтална линия от 14:30 до 15:00]							
6	Резервно време	0	30	5	[Горизонтална линия от 15:30 до 16:00]							

Таблица 4.

Очаквани технико-икономически резултати

№	Показател	Мярка	Количество
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 преустановяват незабавно и хората се извеждат извън галерията.

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

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.

Заклучение

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"

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 елиминирание (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 гредоредата 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 гредоредата).

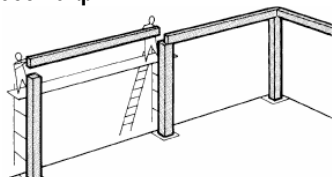
2. Цел

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

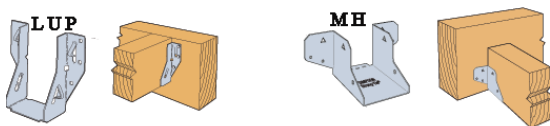
По тази технология отделните гравивни (дървени) елементи се заготвят в работилници, а след това се сглобяват на обекта **фиг.1**.



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 листовна 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**.

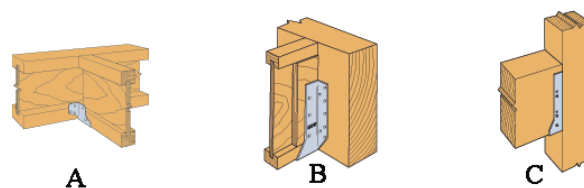
MH (2) (в буквален превод мини закачалка) е изпълнена също от листовна стомана с дебелина 1,0 [mm] и се използва за подпиране на второстепенни греди при оформяне на тавани или гредоскари **фиг.2**.

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 отворстия 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 NU HUC между дървени елементи от конструкцията: А – между Л”Т”ДГ с MH; В – между Л”Т”ДГ и ПДГ с NU; С – между ребро и дървена колона (стойка) с HUC;

В случай **A** 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 укрепят горния край на напречната греда по вече описания начин.;

При случай **B** 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 обирание на луфта), за да бъде свързването надеждно.

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

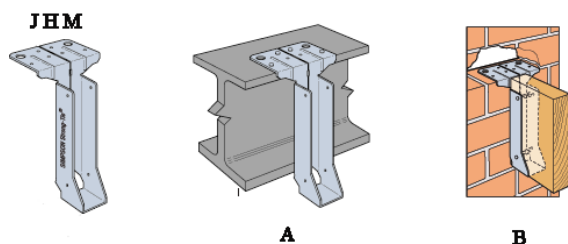
Връзките **HU** са мощни опорни устройства, които се прилагат там където се използват по-големи натоварвания - 0,9 ÷ 24,91 [kN]. За тях (**HU**) се използва също мека стомана, предварително галванизирани, с дебелина (в зависимост от модела) 2,0 [mm] или 1,5 [mm]. Изискването за дълбочина на опората важи 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 $67,5^{\circ}$), а така също (може и едновременно) и във вертикална равнина до 45° - 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° .

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



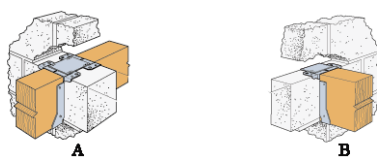
Фиг.4 Опорно устройство **JHM** и възли: **A** - между дървено ребро и стоманена двойно "Т" греда чрез **JHM**; **B** - същото устройство, предава натоварването от реброто на зидана стена;

Както се вижда в случай **A**, **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 **A** е 5,17 [kN].

За случай **B**, 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.

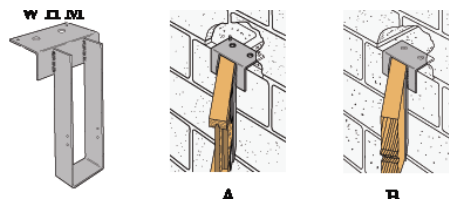


Фиг.5 Подпиране на греда към зидария: **A** – начин на подпиране на прекъсната ПДГ от стена иззидана от газобетон посредством опорно устройство **JHMS**; **B** – подпиране на ПДГ в газобетонна стена чрез опорно устройство **JHMR**;

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

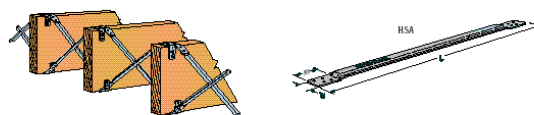
За захващане на участъка от опората, който е в зидарията, се използват специални квадратни и усукани по оста си пирони - 3,75/30 [mm].

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>).



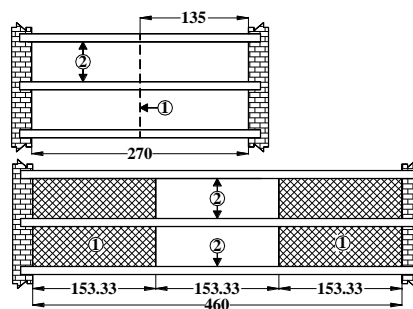
Фиг.6 Връзката **WHM** и нейното използване за монтаж на дървени гредови елементи под ъгъл: **A** – лепена двойно "Т" греда; **B** - ребро;

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 гредоредата 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 гредоредата с връзка **HSA** в зависимост от дължината на светлия отвор: 1) линия (зони) за укрепване; 2) дървени греди;

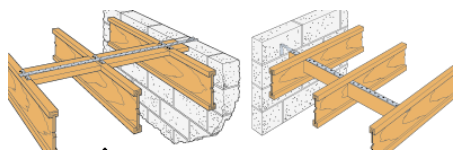
Връзката **HES** **фиг.9** се предлага от **SIMPSON**. Тя е уякчена чрез усилващи ребра в прегъвката, с които гарантират съпротива срещу изтръгване при опън. Може да поеме до 8 [kN] и покрива изискването **BS EN 845**.

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 стъблото 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 стъблото с вертикално разположени дъски;

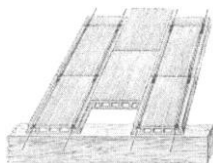
4. КОМПОЗИЦИОННИ РЕШЕНИЯ ПРИ ПОДОВИТЕ КОНСТРУКЦИИ (ПК)

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;

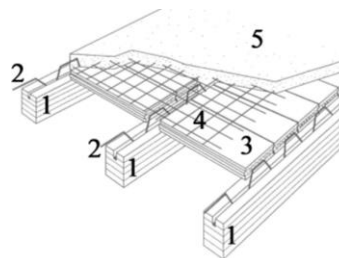
Интерес представлява съвместната работа на дървесина и тухла при изграждане на ДК **фиг.12** (http://www.copertureinlaterizio.it/COP/UserFiles/File/BIBLIOTECA/Articoli/Tecnologia/57_226_29.pdf - 6).



Фиг. 12 Под изпълнен от армирани плоски тухли и ДГ

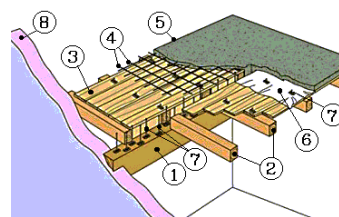
Двата материала имат различни модули на линейна деформация и при проектиране на такива конструкции, трябва да се съобразим с деформацията на дървото.

За да отговори на съвременните конструктивни изисквания, tandemът 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).



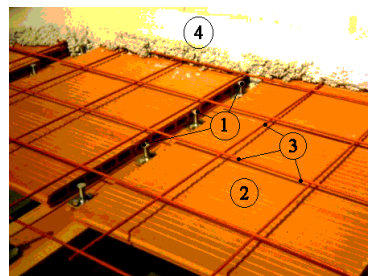
Фиг. 13 Изпълнение на подава конструкция от лепени греди, керамика и стоманобетон: 1) лепени греди от ламели; 2) монтажна арматура (поддържа арматурната мрежа на "работно" ниво във височина); 3) плоски тухли; 4) арматурна мрежа от $\varnothing 6$ [mm]; 5) тънка бетонна плоча;

Подовата конструкция 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 $\varnothing 6$ 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.

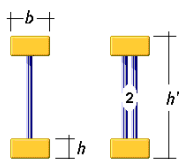
Съвременните технологии откриват нови възможности за използване на дървесината. В Италия през 2002 г. е

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 фрезозване 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

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 индуцираната 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 поле е разположено в най-южната част на Централни Родопи, то е с площ 300 km² и включва 50 находища и 40 рудопроявления [1]. Находищата са плутогенно-хидротермални, като залежите са жилни и метасоматични. Рудните жили са стръмно западащи (70° - 90°), 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° – 340°).

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

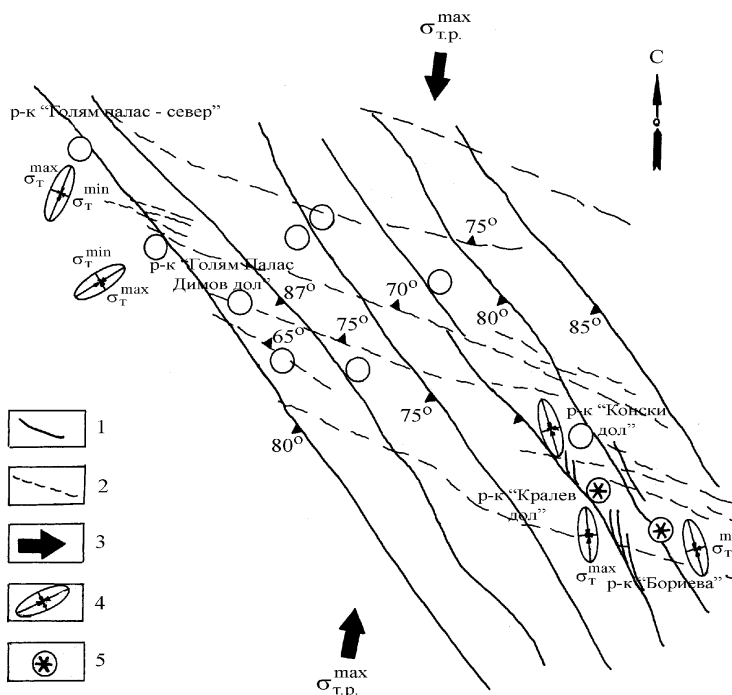
За целта се използват различни скали на удароопасност, в които, чрез зависимости, базирани на лабораторно определяните якостно-деформационни параметри, изграждащите скали се категоризират по склонност към скални удари.

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 $RSI = 3\sigma_{max} / \sigma_c \quad 1.1.1$
- 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]; σ_{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

Рудник	Критерий	$SED \quad [kJ/m^3]$	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 скала 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 Yoop [5] като отношение на $\sigma_c / \gamma H$ в областта на тунелостроенето е модифициран от нас. Ние възприемаме подхода и рейтинговата скала на автора, но разполагайки с големината на измерените напрежения сме модифицирали критерия чрез съотношение между σ_c / σ_{\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”).

1.2 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 $GSI > 60$.

1.3 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 (хоризонтални) компоненти. Изследването на разпределението на тектонските компоненти на регионалното поле показва, че максималният тектонски натиск σ_T^{\max} е действал субмеридианно и в геоложката история, ориентацията му е била в диапазона $\alpha \sigma_T^{\max} = 346^\circ - 30^\circ$. Изменението на направлението на минималното тектонско напрежение (на относителен опън) е било с диапазон $\alpha \sigma_T^{\min} = 256^\circ - 300^\circ$. 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 Технологични 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 взривове, 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 лющенията, отслояванията и “стрелянията” 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 рисковите геомеханични фактори е възможно да се прогнозира механизмите и типа на разрушаване на

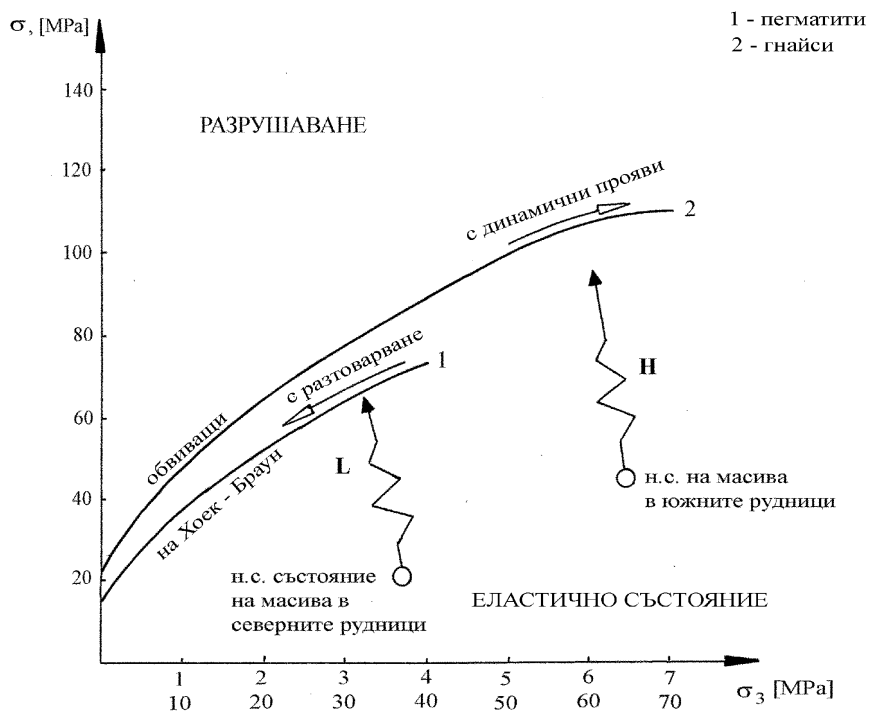
масива чрез метода "напреженова траектория" (Stress Path) [8,17]. Приложението на метода е показано на фиг.2.

Таблица 3.
Резултати от измервания *in situ* на напрежнатото състояние

Рудници \ Главни напрежения	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 $A = 360^\circ$

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 обрушаване	500	5934	30
"Голям палас – Димов дол"	със слоево обрушаване 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 развият, с развитието на мрежата изработки, до пресичане на обвивачата, 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 развият 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 поэтапно 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 стениите 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 I^a научно.техническа конференция по подземен добив на полезни изкопаеми, Девин, 2008
9. Ноек Е. Т. “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, Johannesburg, 1983
16. Иванов В. - Геомеханично осигуряване на подземния добив на полезни изкопаеми в Република България, Сборник на трудови ПОДЕКС '07, Пробищип, Македония, 2007.

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

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

Susana Arad¹, Victor Arad²

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 Арад¹, Виктор Арад²

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 energetec 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 energetec 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 silviculture, 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 Law 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 Petroșani), 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 silviculture, 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 and silviculture land, land damage due to infiltration of lubricants and other substances into the soil in the case of inadequate storage of industrial wastes. As a 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 m³ volume, being naturally stabilised, the new waste a 82,000 m² surface and approx 360.600 m³ volume, and it will be ecologies.

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



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

Evaluation of waste dumps 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 m³.

From the laboratory tests and the material characteristics it is known that: the elasticity module, $E = 200 \times 10^9 \text{ N/m}^2$; Poisson coefficient $\mu = 0.3$; inner friction coefficient $\phi = 34^\circ$; apparent specific gravity $\gamma = 2.2 \times 10^4 \text{ N/m}^3$; Volumetric weight $\gamma = 2.31 \times 10^4 \text{ N/m}^3$ (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
$\delta_x \text{ (m)}^*$	1.00	-0.89	0.79
$\delta_y \text{ (m)}^*$	-0.71	-0.52	1.00
$\sigma_{Tr} (10^9 \text{ N/m}^2)^{**}$	4.14	2.07	6.21
$\sigma_{Mi} (10^9 \text{ N/m}^2)^{**}$	1.89	3.11	4.9
$\sigma_x (10^9 \text{ N/m}^2)^{***}$	-2.96	0.916	4.8
$\sigma_y (10^9 \text{ N/m}^2)^{***}$	-2.8	1.69	-3.55
$\tau_{xy} (10^9 \text{ N/m}^2)^{***}$	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 ($\sigma_{rc} = 5 \times 10^6 \text{ N/m}^2$; $\sigma_{ri} = 1 \times 10^6 \text{ N/m}^2$; $\tau_{ri} = 3.41 \times 10^6 \text{ N/m}^2$) 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.

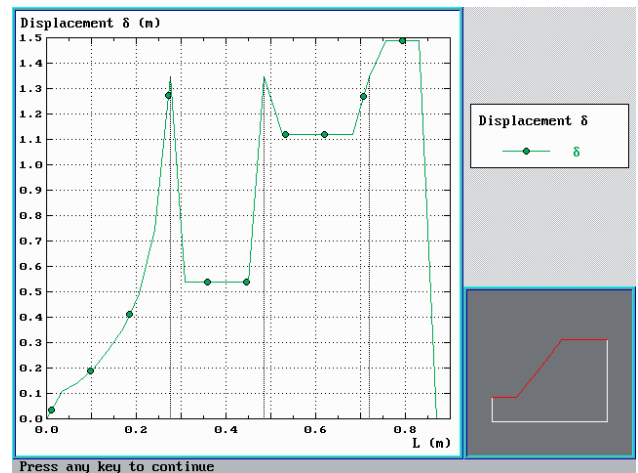


Fig. 2 The variation of the displacement of the contour of the slope

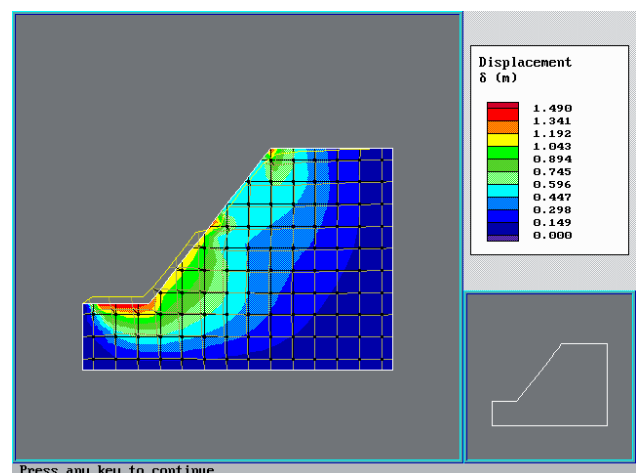


Fig. 3 The aspects of the displacement of the slope in the geometric model

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 Geotechnics*, 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: Conspres (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*

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 геотехнически проект.

DETERMINATION OF COMPRESSIVE STRENGTH 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 tufts 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, определят 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, заложи 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 условия, 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 ядрово 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 VV от класификацията ASTM D3148-72 – и са с якост на натиск $\sigma_c < 7 \text{ MPa}$ [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 ($0,5 \div 1 \text{ MPa/s}$), 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 изрязано 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.



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

Таблица 1.

Плътносни и якостни свойства на изследваните скали

Образец № \ Параметър	Интервал на опробване	Обемна маса [MN/m^3]	Якост на едноосов натиск σ_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 образца
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.

Заклучение

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 uniaxial 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 Commission on Testing and Monitoring - ISRM, Pergamon Press, 1981

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

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 откривания 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 (Смиля

нов, 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/cm³ (БДС 647-83);
- якост на срязване τ .10⁵Pa при вертикален товар $\sigma=1,5 \cdot 10^5$ 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 .10⁵Pa. 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 C , необходими на тежест от 2,5 kg, падаща свободно от 0,40 m височина по цилиндрично стебло с площ 1 cm², 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 C и якостните параметри (кохезия c и ъгъл на вътрешно триене φ), а също и между броя на ударите C 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 възмож

ност 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* неколккратно в масива е изследвано съпротивлението на глините при проникване с динамичния плътномер (уред на ДорНИИ). Броят на ударите C 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“

Хоризонт	Визуално описание	W_n , %	ρ_n , g/cm ³	τ , 10^5 Pa при $\sigma=1,5 \cdot 10^5$ Pa	P_m , 10^5 Pa	ДорНИИ, C , 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.

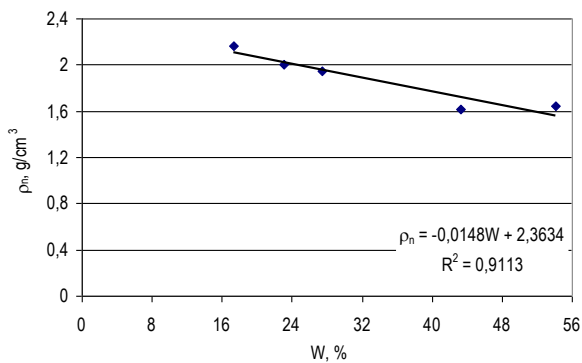
Според обемната плътност на скелета глините от откривните хоризонти са с различна степен на уплътненост (Иванова, 1999): ниска - за черните глинесте с въглищни включения от II^{ри} и светлосивите от V^{ти} хоризонт (с най-голямо водно съдържание); средна - за синьозелените глинесте от II хоризонт и кафявите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

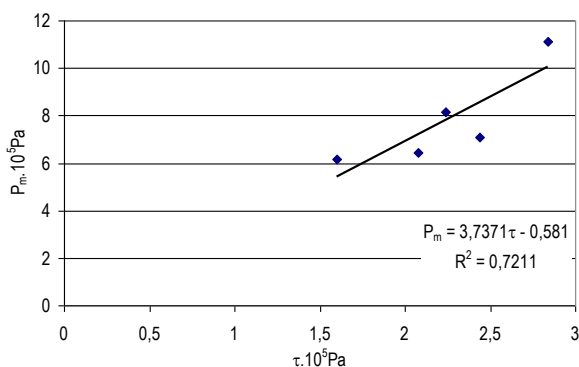
Зависимостта между обемната плътност ρ_n и естественото водно съдържание W_n за изследваните глинесте разновидности е с коефициент на корелация 0,95 (фиг. 1).

Между механичните показатели - якост на срязване τ при $\sigma=1,5 \cdot 10^5$ 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):



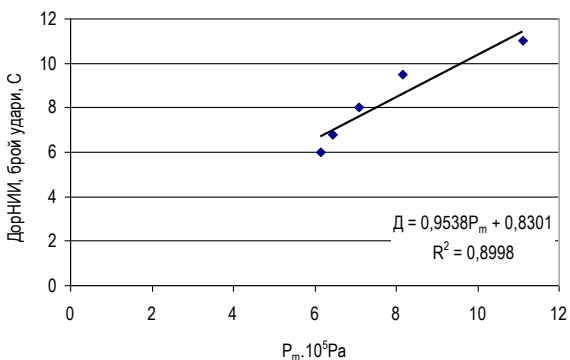
Фиг. 1. Зависимост между обемната плътност ρ_n и естественото водно съдържание W_n

- Зависимостта между специфичното съпротивление при пенетрация P_m и якостта на срязване τ при $\sigma=1,5 \cdot 10^5 \text{Pa}$ 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 $\sigma=1,5 \cdot 10^5 \text{Pa}$

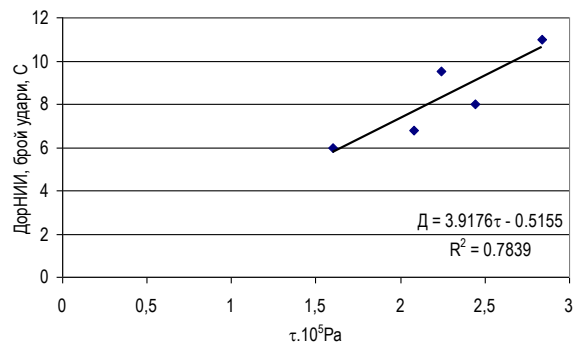
- Зависимостта между броят удари C за проникване с уреда на ДорНИИ и специфичното съпротивление при пенетрация P_m е с коефициент на корелация 0,95 (фиг. 3);



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

- Зависимостта между броя удари C за проникване с уреда на ДорНИИ и якостта на срязване τ при $\sigma=1,5 \cdot 10^5 \text{Pa}$ е с коефициент на корелация 0,89 (фиг. 4).

Между механичните показатели – якост на срязване τ при $\sigma=1,5 \cdot 10^5 \text{Pa}$, специфично съпротивление при пенетрация P_m и брой удари C за проникване с уреда на ДорНИИ и физичните показатели обемна плътност ρ_n и естествено



Фиг. 4. Зависимост между брой удари C за внедряване уреда на ДорНИИ и якостта на срязване τ при $\sigma=1,5 \cdot 10^5 \text{Pa}$

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 чаклираните 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 осреднените им физико-механични показатели

Група №	Вид глин, върху които е изграден чакълирания път	Откритен хоризонт	$\tau, 10^5 \text{Pa}$ при $\sigma=1,5 \cdot 10^5 \text{Pa}$	$P_m, 10^5 \text{Pa}$	ДорНИИ, С, брой удари
1	1.1. Черни глин с въглищни включения	II	2,08	6,43	6,8
	1.2. Светлосиви глин	V	1,60	6,15	6,0
2	2.1. Синьозелени глин	II	2,44	7,10	8,0
	2.2. Кафяви глин	IV	2,24	8,16	9,5
3	3.1. Синьозелени глин 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 $\sigma=1,5 \cdot 10^5 \text{Pa}$, специфично съпротивление при пене-трация 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. Смилян 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. Смилян 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 нена-рушен 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. Смилян 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 надвъглищ-ния 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

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

Александър Цонков¹, Георги Колев²

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 минотехнически фактори.

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

Alexander Tzonkov¹, Georgi Kolev²

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 експлоатацията 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 прогнозира 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 стабилизирани 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 повторемостта, 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 (Т) 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 (С) 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 съставлящите го компоненти:

$$Y = TCSI \quad (1)$$

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:

$$Y = T + C + S + I \quad (2)$$

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. Нестационарните 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 взаимозависимост между елементите на динамичния ред. За измерването ѝ 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:

$$r_k = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (Y_t - \bar{Y})(Y_{t+k} - \bar{Y})}{\sum_{t=1}^n (Y_t - \bar{Y})^2}, k = 1, \dots, n-1, \quad (3)$$

където \bar{Y} е средната хронологична величина, а k 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 дълг 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 k -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 k -ти порядък се получава по формулата:

$$rp_{kk} = \left(r_k - \sum_{j=1}^{k-1} rp_{k-1, jk-j} \right) / \left(1 - \sum_{j=1}^{k-1} rp_{k-1, jk-j} \right), k = 3, \dots \quad (5)$$

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 изследвателя 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 :

$$\hat{Y}_i = b_0 t^{b_1} \quad (10);$$

- Модел на нарастването:

$$\hat{Y}_t = \exp(b_0 + b_1 t) \quad (11);$$

- Експоненциален модел:

$$\hat{Y}_t = b_0 e^{b_1 t} \quad (12);$$

- S-крива:

$$\hat{Y}_t = \exp\left(b_0 + \frac{b_1}{t}\right) = e^{(b_0 + b_1/t)} \quad (13);$$

- Степенен модел:

$$\hat{Y}_t = b_0 b_1^t \quad (14);$$

- Инверсен модел:

$$\hat{Y}_t = b_0 + \frac{b_1}{t} \quad (15);$$

- Логистичен модел:

$$\hat{Y}_t = \frac{1}{\frac{1}{u} + b_0 b_1^t} \quad (16)$$

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 поведение 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

показания 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.

$$SAS_{ij} = \frac{Y_{ij}}{S_i} 100, i = 1, \dots, p, j = 1, \dots, k. \quad (18)$$

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:

$$STC_t = \frac{SAS_{t-2} + 2SAS_{t-1} + 3SAS_t + 2SAS_{t+1} + SAS_{t+2}}{9}, t = 2, \dots, n - 2. \quad (19)$$

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 елементите на изравнения динамичен ред на тренда и цикличните колебания.

$$I_t = \frac{SAS_t}{STC_t}. \quad (20)$$

Сезонна декомпозиция при адитивни сезонни колебания

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:

$$SAS_{ij} = Y_{ij} - D_i, i = 1, \dots, p, j = 1, \dots, k. \quad (22)$$

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 елементите на изравнения динамичен ред на тренда и цикличните колебания:

$$I_t = SAS_t - STC_t, t = 1, \dots, n. \quad (23)$$

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

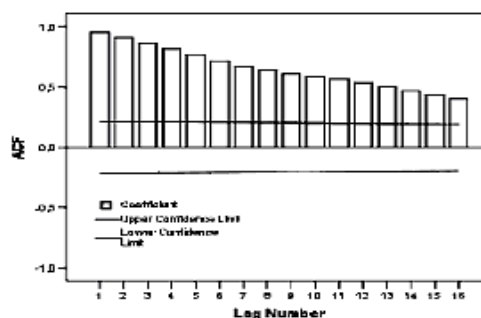
За изучаване на движенията на земните маси от северния неработен борд на рудник “Трояново-север”, с цел вземане на навременни мерки за предотвратяване на свлачища, са стабилизирани наблюдателни линии. Те са разположени перпендикулярно на борда и се състоят от различен брой репери. Извършват се ежемесечни 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 взаимозависимост 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)



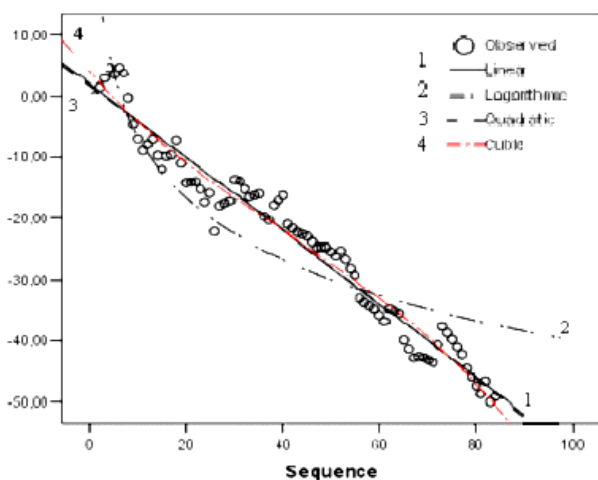
Фиг. 1. Автокорелационна функция за динамичния ред на репер №1541

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

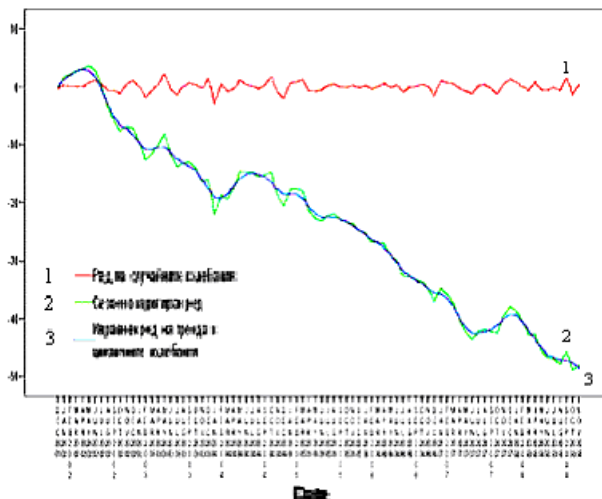
Mod	ModSum R Square	Parameter Estimates			
		Const	b1	b2	b3
Lin	.960	1.938	-.599		
Log	.793	26.562	-14.439		
Qua	.960	1.614	-.576	.000	
Cub	.963	3.805	-.877	.009	-6.89 E-005



Фиг. 2. Експериментирани трендови модели за репер №1541

Сезонна декомпозиция на вертикалните премествания

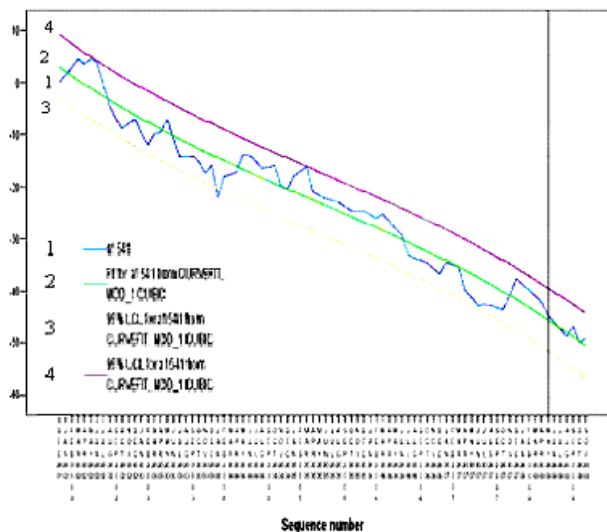
На фиг.3 е показано развитието на изследвания процес, като в средата на периода ясно проличава тенденционното и устремено слягане на репера. В края на периода се забелязват сезонни колебания, изразени с пикове през месеците юни 2007 и юни 2008. Това поведение се обяснява с разположението на репера спрямо 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 наблюдение, 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 минотехнически 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 съставляща на вектора на преместване на реперите от наблюдателните 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*