



**Сојуз на рударски и геолошки инженери
на Република Македонија**

**четврто стручно советување
со меѓународно учество**

ПОДЕКС '10

12-13.ноември.2010 година

Пробиштип

ЗБОРНИК НА ТРУДОВИ

**ТЕХНОЛОГИЈА НА ПОДЗЕМНА
ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА
МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ**



СРГИМ

IV^{TO} СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:

**“Технологија на подземна експлоатација
на минерални сировини”**

ПОДЕКС '10 ↗

**Пробиштип
12 – 13. 11. 2010 год.**

ОРГАНИЗАТОР:

**СОЈУЗ НА РУДАРСКИТЕ И ГЕОЛОШКИТЕ ИНЖЕНЕРИ
НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА**

IV^{TO} СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:

**“ТЕХНОЛОГИЈА НА ПОДЗЕМНА ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА
МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ”**

со меѓународно учество

ЗБОРНИК НА ТРУДОВИ

Пробиштип

12 - 13. 11. 2010 год.

Република Македонија

Зборник на трудови:
ТЕХНОЛОГИЈА НА ПОДЗЕМНА ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ

Издавач:

Сојуз на рударски и геолошки инженери на Република Македонија

Главен и одговорен уредник:

Проф. д-р Зоран Десподов

За издавачот:

Љупчо Трајковски, дипл.руд.инж.

Техничка подготовка:

Асс. м-р Стојанче Мијалковски

Асс. м-р Николинка Донева

Асс. м-р Марија Хаџи-Николова

м-р Драги Пелтечки, дипл.руд.инж.

Изработка на насловна страна:

Ванчо Аџиски, дипл.руд.инж.

Печатница:

Графо Продукт, Скопје

Година:

2010

Тираж:

120 примероци

CIP-Каталогизација во публикација

Национална и универзитетска библиотека "Св. Климент Охридски", Скопје

622.23:622.3 (063)

СТРУЧНО советување на тема: "Технологија на подземна Експлоатација на минерални сировини" со меѓународно учество ПОДЕКС '10 (4 ; 2010 ; Пробиштип)

Технологија на подземна експлоатација на минерални сировини ; Зборник на трудови / IV-то стручно советување на тема "Технологија на подземна експлоатација на минерални сировини" со меѓународно учество ПОДЕКС '10 Пробиштип, 12-13.11.2010 год. Република Македонија; (главен и одговорен уредник Зоран Десподов). – (Скопје);

Сојуз на рударски и геолошки инженери на Република Македонија,
2010, -154 стр.; илустра. ; 25 см.

Библиографија кон трудовите

ISBN 978-9989-2921-4-9

а) Рударство –Подземна експлоатација –Минерални сировини –
ЗборнициCOBISS.MK-ID 8529434

Сите права и одговорности за одпечатените трудови ги задржуваат авторите. Не е дозволено да ниту еден дел од оваа книга биде репродуциран, снимен или фотографирани без дозвола на авторите и издавачот.



ОРГАНИЗАТОР:

**СОЈУЗ НА РУДАРСКИТЕ И ГЕОЛОШКИТЕ ИНЖЕНЕРИ
НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА**

ОРГАНИЗАЦИОНЕН ОДБОР:

Претседател:

Мише Кацарски, ИММ Рудници ЗЛЕТОВО, Пробиштип

Потпретседатели:

Борче Гоцевски, Рудник САСА ДООЕЛ, Македонска Каменица;

Проф. д-р Зоран Десподов, Институт за рударство, ФПТН, УГД-Штип;

Проф. д-р Ристо Дамбов, Институт за рударство, ФПТН, УГД-Штип

Извршен секретар:

Љупчо Трајковски, СРГИМ-Скопје

Членови:

Доц. д-р Дејан Мираковски, Институт за рударство, ФПТН, УГД-Штип;

Асс. м-р Стојанче Мијалковски, Институт за рударство, ФПТН, УГД-Штип;

Драган Насевски, Мавровоинженеринг-Скопје;

Чедо Ристовски, Рудник САСА ДООЕЛ, Македонска Каменица;

Митко Костовски, ИММ Рудник ТОРАНИЦА, Крива Паланка;

Зоран Костовски, МАРМО БЈАНКО, Прилеп.



СРГИМ

Сојуз на рударски
и геолошки
инженери на Р.
Македонија

IV^{TO} СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:

Технологија на подземна експлоатација на минерални сировини

ПОДЕКС '10

Пробиштип
12 – 13. 11. 2010 год.

ПАСТА – СОВРШЕН МАТЕРИЈАЛ ЗА ЗАПОЛНУВАЊЕ НА ПОДЗЕМНИТЕ ОТКОПАНИ ПРОСТОРИ

PASTE – A PERFECT MATERIAL FOR UNDERGROUND EXCAVATIONS VOITH BACKFILLING

Зоран Десподов¹, Стојанче Мијалковски¹

¹Универзитет “Гоце Делчев”, Факултет за природни и технички науки, Институт
за рударство, Штип, Р. Македонија

Апстракт: Еволуцијата на технологијата на откопување со пополнување на откопаните простори е тесно поврзана со видот и карактеристиките на материјалот употребен како засип. Тргувајќи од јаловиот материјал добиен при изработката на подготвителните објекти – сув засип, отпадниот материјал добиен од флотациските постројки – хидрозасип, потоа цементниот хидрозасип, денес во експанзија е примената на засип во вид на густа смеса т.н. паста. Во трудот се презентирани својствата, начинот на подготовка, транспортот, вградувањето на пастата во откопаните простори и некои досегашни искуства при употребата на пастата.

Клучни зборови: засип, паста, подготовка, транспорт, вградување

1. ВОВЕД

Декадата од 1990 до 2000 год., од многу автори кои истражуваат во областа на технологиите на пополнување на откопаните простори е означена како декада на засипи со голема густина на цврстата фаза (75 до 85% тежински дел). Во овој период одреден број на рудници низ светот во нивното производство успешно го воведоа засипот во вид на густа смеса – паста. Причините поради кои дојде до конверзија на хидрауличниот засип, во засип во вид на паста се:

- економските,
- еколошките,
- геотехничките и
- безбедносни придобивки.

Денес, многу рудници во светот се во процес на преминување кон овој вид на засип, и своето внимание го насочуваат кон испитување на можностите за искористување на песокот добиен непосредно од флотациската постројка и песокот претходно одложен во хидрофлотациските јаловишта, како една од компонентите за создавање на засип во вид на паста.

Главните предности и недостатоци на еден систем за пополнување со паста во споредба со конвенционалниот систем со хидрозасип се:

- може да биде постигната повисока цврстина на засипот, при еквивалентна содржина на цемент,
- дренарањето на водата од засипот е минимално и се намалени потребите за изградба на прегради, скапи дренажни работи и пумпи за одводнување,
- во некои случаи, некласиран материјал од јаловишта може да биде употребен за содавање на паста, наспроти циклонирањето кое е потребно за хидрауличниот засип,
- може да се оствари пократок циклус на пополнување бидејќи еквивалентна цврстина (носивост) на засипот може да се постигне за пократко време со засипот во вид на паста,
- системите за пополнување со паста остваруваат помала порозност отколку конвенционалниот засип при кој е потребна поголема маса на материјал за пополнување на истите простори,
- бидејќи при вградувањето на пастата нема сегрегација на масите се постигнуваат подобри јакосни својства, за разлика од хидрауличниот засип каде цементните честици како врзивно средство најчесто биваат однесени од водата.

Недостатоци на системите за пополнување со паста се:

- овие системи се карактеризираат со повисоки капитални трошоци во споредба со системите со хидрауличен засип,
- пумпањето на пастата е многу осетливо на мали промени во содржината на водата и гранулометрискиот состав на цврстата компонента,
- дистрибутивната мрежа на пастата во рудникот бара повисоко ниво на инженерска изведба за да се контролираат притисоците во цевководот.

Барањата на откопните методи од засипниот материјал генерално можат да се поделат во две групи. Во првата група припаѓаат перформансите кои треба да ги поседува засипниот материјал, а во втората група припаѓа капацитетот на засипување односно вградување на засипниот материјал. Во тој контекст ќе биде разгледуван и засипниот материјал во вид на паста во понатамошниот текст од овој труд.

2. НЕОПХОДНИ МАТЕРИЈАЛИ И ПРОЦЕС НА ПРОИЗВОДСТВО НА ПАСТАТА

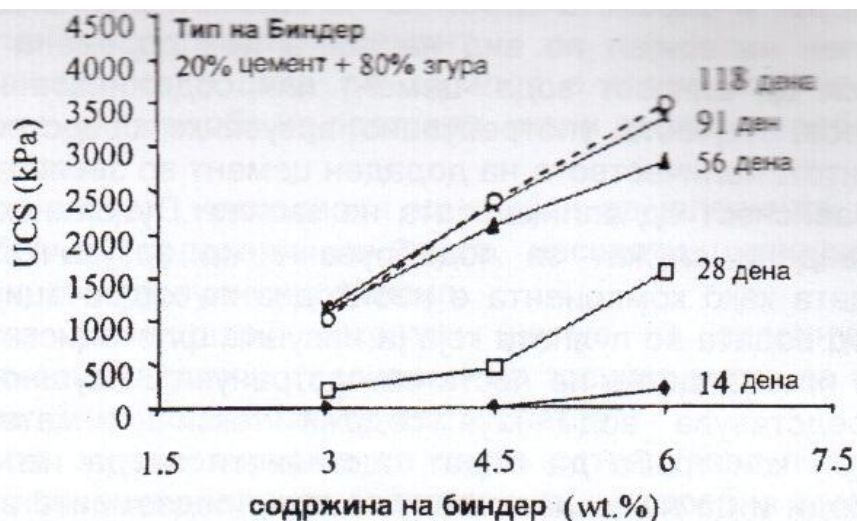
Засипот во вид на паста најчесто се формира од следниве материјали: флотациски песок, пуцолански материјали (летечка пепел, згура, гипс и др.), врзувачко средство и вода. Флотацискиот песок е главната компонента на засипот. Својствата на песокот одредуваат дали пастата може да се формира. Песокот мора да содржи одредено количество на фини честици ($-20\mu\text{m}$), во спротивно пастата не би можела да се формира. Овие фини честици овозможуваат задржување на водата во самата смеса. Следната значајна карактеристика на песокот е неговиот минеролошки состав. Минералошкиот состав има влијание за постигнување на конечната носивост односно зацврстувањето на засипот преку одвивање на хемиски реакции меѓу компонентите. Врзувачкото средство или биндерот служи за зголемување на цврстината на засипот и количеството на додаден биндер најмногу зависи од

типот на биндерот и бараната цврстина на засипот. Добиената цврстина на одреден засипен материјал во вид на паста при одредена конзистентност најмногу зависи од односот вода: цемент или содржината на цврстото во пастината смеса. Најчесто употребувано врзувачко средство – биндер во светот е цементот. Количеството на додаден цемент во засипот варира помеѓу 1 и 10%, во зависност од апликацијата на засипот. Пуцоланските материјали претходно наведени служат за подобрување на врзувачките својства на цементот. Водата како компонента е неопходна за хидратација на цементот. Поголем дел од водата во пулпата која ја напушта флотациската постројка, во постројката за производство на паста се одстранува. Всушност половина од волуменот представува вода која содржи токсични материји (цијаниди, арсениди и др.) кои треба да бидат одстранети за да не предизвикуваат еколошки хазарди и да не вршат загадување на подземните води. Вредноста на pH може да има негативно влијание на цврстината на засипот. Ова е карактеристично за сулфидните песоци какви што се всушност и песоците генерирани во флотациските постројки на нашите оловно-цинкови рудници. За да се постигне надежна еднооксијална притисна цврстина на засипот претходно наведените материјали мораат да бидат така количински подесени за да се произведе оптимална смеса. Трошоците за производство на цементен засип во вид на паста варираат во дијапазон од 2 до 20 долари по метар кубен засип и представуваат 10 до 20% од вкупните производни трошоци на рудникот, а трошокот за цемент изнесува 70% трошоците за засип. Оптимизирањето на смесата во вид на паста ќе го намали употребеното количество на цемент и може да донесе значајни заштеди за самиот рудник. На слика 1 се прикажани главните компоненти кои влијаат на квалитетот на произведениот засип во вид на паста.



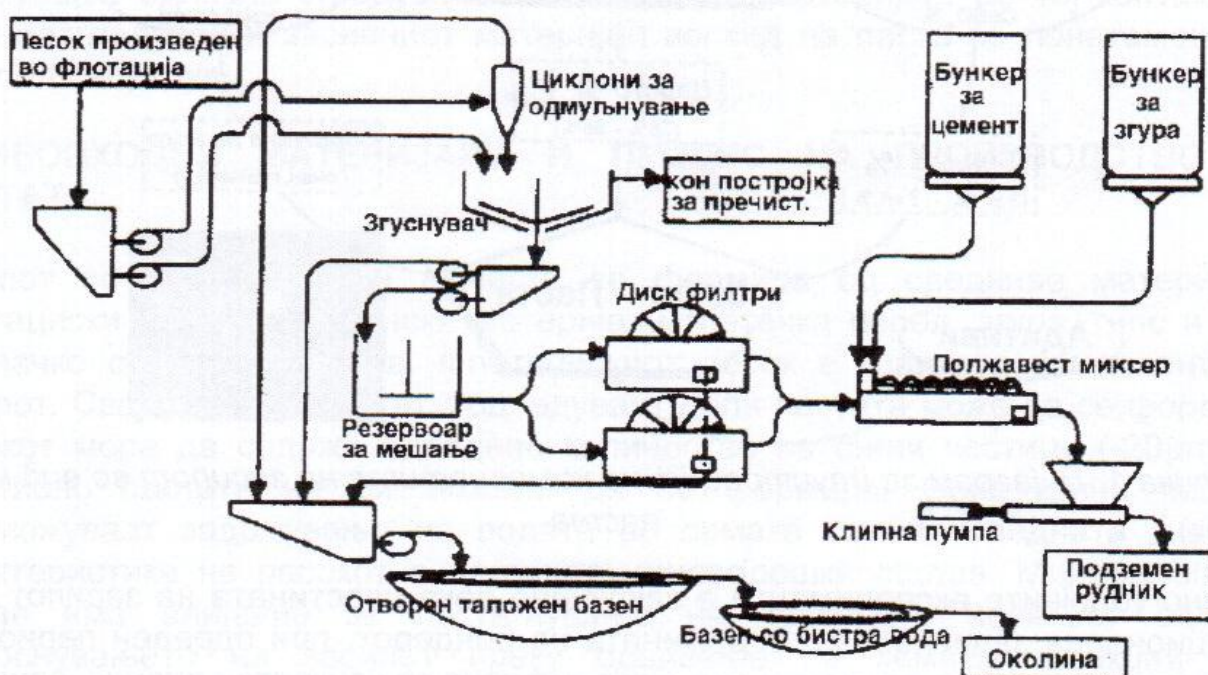
Слика 1. Дијаграм за илустрација на компонентите на засипот во вид на паста

Од многубројните експерименти е заклучено дека цврстината на засипот е во функционална зависност од содржината на биндерот, при одреден период на врзување изразен во денови, и таа е специфична за конкретен рудник, слика 2.



Слика 2. Пример за промена на UCS како функција од содржината на биндерот за различни времиња на врзување

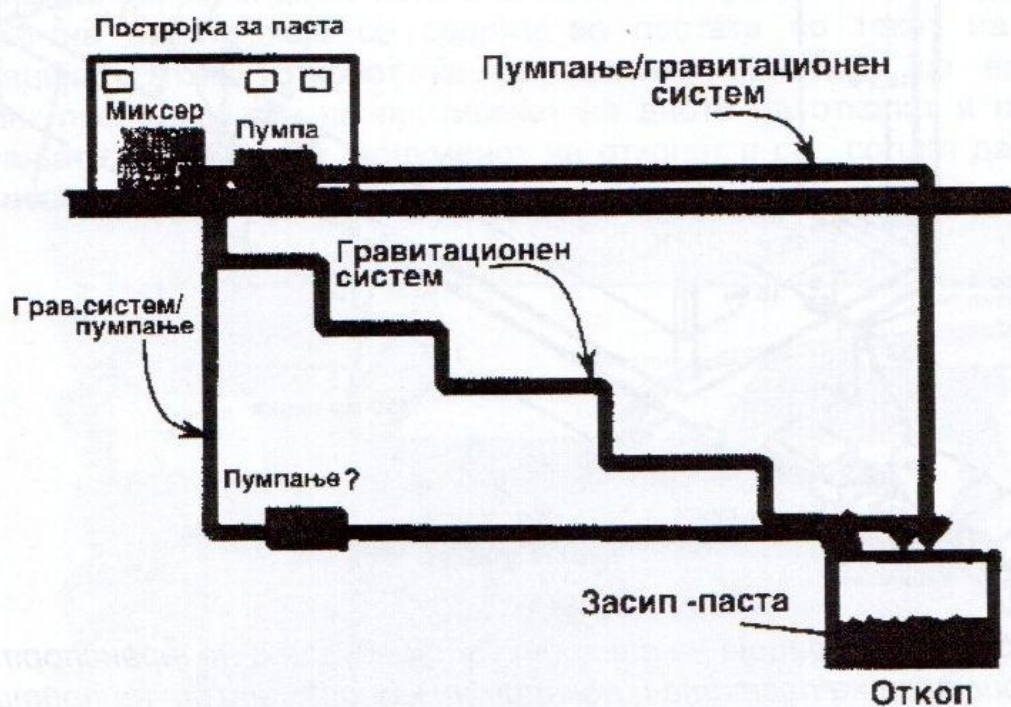
Принципиелна шема за процесот на производство на засип во вид на паста е прикажана на слика 3. Песокот генериран во флотациската постројка најпрвин се додава во згуснувач со поголем капацитет за да се зголеми процентот на цврстата компонента на приближно 55 до 60% тежински. За да се изврши филтрација односно згуснување се додава одредено количество на флокуланти. Потоа згуснатиот песок се пумпа од згуснувачот во склад со поголем капацитет (после одстранувањето на цијанидите). Од овој склад згуснатиот песок гравитациски се додава на дисковни филтри кои работат паралелно за да произведат парчиња со содржина на цврста компонента околу 70 до 82%. Парчињата од филтрите потоа се утовараат на лента и додаваат на спирален додавач-миксер. Парчињата од смесата во спиралниот миксер се мешаат со цемент и вода за да се произведе паста со специфична конзистентност од 127 до 254 mm. Измешаната паста се истовара во бункер и потоа со помош на клипни пумпи или гравитациски транспортира во јама.



Слика 3. Постројка за производство на паста во рудникот Louvicourt, Canada

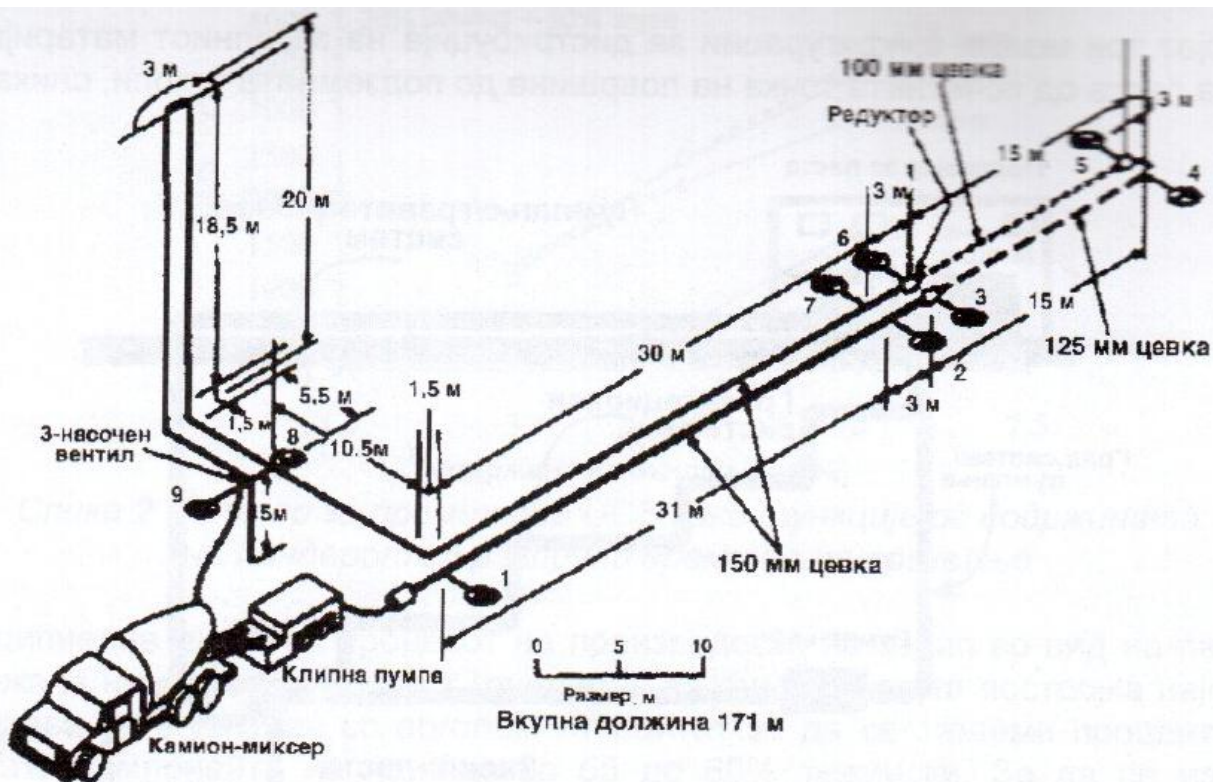
3. ТРАНСПОРТ И ВГРАДУВАЊЕ НА ПАСТАТА ВО ОТКОПАНИТЕ ПРОСТОРИ

Постојат три можни конфигурации за дистрибуција на засипниот материјал во вид на паста од почетната точка на површина до подземните откопи, слика 4.



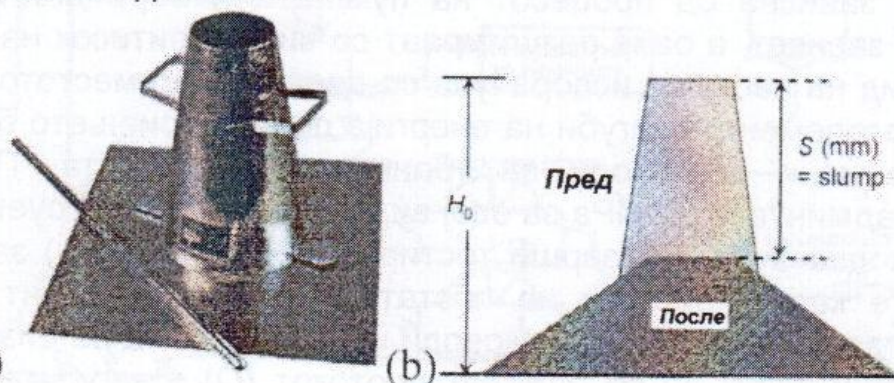
Слика 4. Основни конфигурации за дистрибуција на пастата до откопите

“Системот гравитација/пумпање” е карактеристичен по тоа што односот на вертикалното со хоризонталното транспортно растојание е најчесто поволен така да нема потреба од пумпање или пак е потребна мала енергија за пумпање на пастата. “Гравитациониот систем” ја има предноста за претворање на вертикалниот столб во хоризонтален притисок кој дозволува да бидат користени пократки и полесни цевки. “Системот пумпање/гравитација” има предности во едноставната инсталација, преглед и одржување, без барања за некои специјални изведби на хоризонтот и ги елиминира ненадејните истекувања во главното окно. Меѓутоа, таквиот систем ја прави операцијата на пополнување зависна од процесот на пумпање и бара долги дупнатини за спуштање на засипот, а овие резултираат со висок притисок на крајните точки. Засипот во вид на паста се испорачува со цевковод до местото на вградување во откопот и зголемените загуби на енергија поради триењето бараат употреба на високопритисни цевководи за транспорт на пастата. Притисоците во цевководот надминуваат 5 MPa за овој вид на ламинарно струење. За конкретен рудник неопходно е да се изврши тестирање (експеримент) за да се утврдат транспортните карактеристики на пастата. Овој експеримент содржи мерни инструменти, затворен круг од цевководи и клипна пумпа на дизел погон. Целта на овој експеримент е да се одредат протокот (Q) и загубите на енергија по единица должина поради триењето ($f = \Delta P/L$), изразени во Pa/m.



Слика 5. Конфигурација на тестот за одредување на транспортните карактеристики на пастата и локации на мониторингот на притисоците

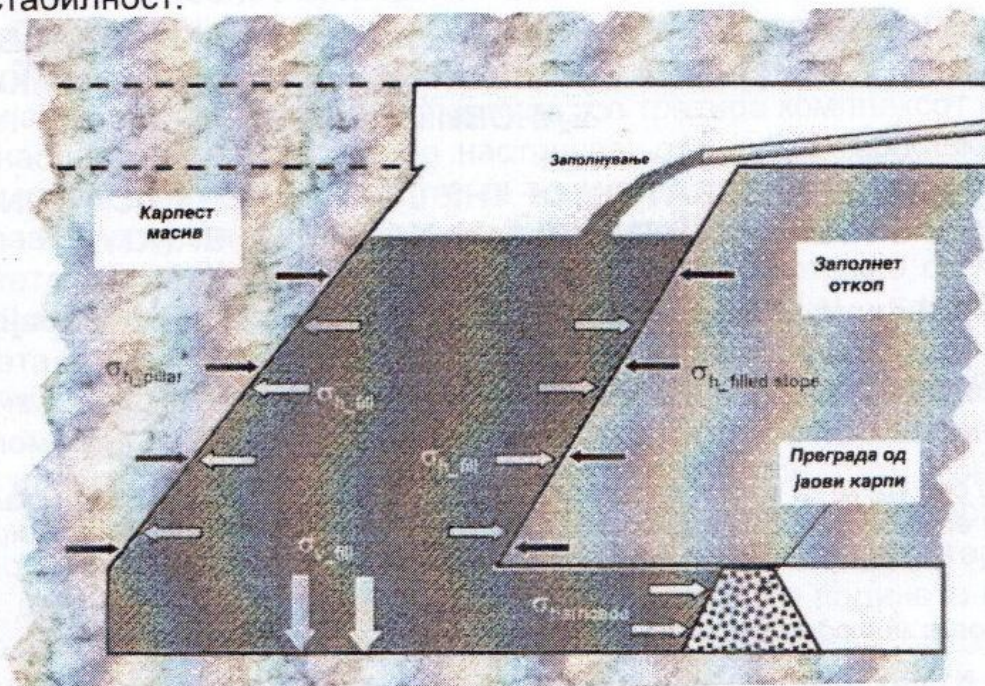
Цевководот за транспорт на засип во вид на паста има ранг на дијаметар помеѓу 10 и 20 см. Брзината на движење на пастата варира од 0,1 до 1 м/с. Хоризонталното растојание на пумпање на пастата може да достигне над 1000 м. Транспортабилноста на пастата најмногу зависи од нејзините реолошки својства односно од граничниот напон на развлекување. За испитување на реолошките својства на пастата односно нејзината конзистентност се користи т.н. “slump test”, слика 6. Пастата се става во специјален сад во вид на пресечен конус, чија висина е позната и потоа таа се истура и се мери растојанието S (mm). Колку ова растојание е поголемо до толку пастата е поконзистентна. Идеалната конзистентност на пастата може да биде во интервалот од 150 mm до 250 mm.



Слика 6. Мерење на конзистентноста на пастата со “slump test”:
а) конус за мерење, б) шематски приказ на “slump test”

Откако сите транспортни параметри на пастата ќе бидат корегирани засипот се дистрибуира да подземните откопани простори низ цевководи каде се врши

негово вградување. На слика 7, е прикажан општ изглед на откоп во фаза на пополнување со неговите компоненти (засип, преграда, карпест масив и соседен засипан откоп), како и распределбата на напонската состојба. Како што се гледа од приказот преградата на засипот во ходникот се врши со одминирани јаловина бидејќи истата е поозна и преку неа може да се врши дренаирање на водата која се содржи во пастата во текот на нејзината консолидација. Откако откопот ќе се наполни понатаму се врши негов мониторинг преку мерење на притисокот на дното на откопот и преградата, поместувањата на сидовите, волуменот на откопот и сл., со цел да се утврди неговата стабилност.



Слика 7. Шематски приказ на компонентите на еден засипуван откоп и распределба на напонската состојба

4. ЗАКЛУЧОК

Засипот во вид на паста денес е широко прифатена алтернатива на руднички засип. Благодарение на неговите извонредни перформанси тој се повеќе се употребува и го завзема местото на хидрауличниот засип. Иако станува збор за засипен материјал за чие производство и дистрибуција и вградување се потребни поголеми капитални вложување сепак неговите предности во споредба со конвенционалниот хидрауличен засип ги оправдуваат овие вложувања. Поради тоа, овој труд има намера да ги поттикне нашите оловно-цинкови рудници во насока за отпочнување на прелиминарни истражувања за примена на засипот во вид на паста, за пополнување на откопаните простори.

5. КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Belem, T, Benzaazouza, M.: *An overview on the use of paste backfill technology as a ground support method in cut and fill mining*, Proceedings of the 5th Int.Symp. on Ground support in Mining and Underground Construction, Villaescusa & Potvin, Perth, 2004.
- [2] Potvin, Y, Thomas, E, Fourie, A.: *Handbook on Mine Fill*, ACG, Nedlands, 2005.