

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ВЫБОРУ РАЦИОНАЛЬНЫХ СОСТАВОВ ЗАКЛАДОЧНЫХ СМЕСЕЙ НА ОСНОВЕ ИХ ЭКОНОМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СРАВНЕНИЯ

Вохмин С.А., Голованов А.И., Волков Е.П.

ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет» Институт горного дела, геологии и геотехнологий, Красноярск, Россия (660025 г. Красноярск, пр. Красноярский рабочий, 95), e-mail: volkoff2@yandex.ru

В статье рассматриваются методические положения по выбору оптимального состава и марки закладочной смеси при подземной разработке месторождений, когда горное предприятие имеет возможность использования закладочных смесей различных составов. Стоимостные затраты по отдельным статьям калькуляции себестоимости постоянно меняются, что при оперативном планировании закладочных работ вызывает необходимость выбора наиболее экономичного (при соблюдении безопасности горных работ) состава и марки закладочной смеси. Последовательность применения методики рассмотрена на примере двухкомпонентной закладочной смеси для условий рудника «Комсомольский» ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель». Алгоритм расчета и необходимые графические построения в статье приведены для состава, включающего цемент, хвосты обогащения Талнахской обогатительной фабрики и воду. Обработка данных по другим сравниваемым составам производится по аналогичной схеме. Проведенные исследования позволяют одновременно учитывать экономические (себестоимость приготовления) и технологические (требуемая прочность на определенный момент времени твердения) факторы.

Ключевые слова: закладочная смесь, кинетика твердения, требуемая прочность, экономико-технологическая оценка, хвосты обогащения, вспомогательные материалы на технологические цели

METHODOLOGICAL GUIDELINES ON THE CHOICE OF RATIONAL STRUCTURES BACKFILL MIXTURES ON THE BASIS OF THEIR ECONOMIC AND TECHNOLOGICAL COMPARISON

Vokhmin S.A., Golovanov A.I., Volkov E.P.

¹ Institute of mining, geology and geotechnologies the Siberian federal university, Krasnoyarsk, Russia (660025, avenue the Krasnoyarsk worker, 95), e-mail: volkoff2@yandex.ru

The article discusses a number of methods for choosing the optimal composition and mark backfill mixture in underground mining when mining enterprise can use backfill mixtures of various compositions. Cost expenses under separate articles of accounting of prime cost constantly change that at operational planning of filling operations causes the necessity of a choice of the most economic (at observance of safety of mining operations) composition and mark of backfill mixture. The sequence of application of a technique is considered on the example of two-component filling mixtures for conditions of Komsomolsky mine PD OJSC "MMC "NORILSK NICKEL". The algorithm of calculation and necessary graphic constructions are given in article for the structure including cement, tails of enrichment of Talnakhsy dressing-works and water. Data processing on other compared structures is made according to the similar scheme. The conducted researches allow to consider at the same time economic (cost of preparation) and technological (the demanded durability on a certain timepoint of curing) factors.

Keywords: backfill mixture, the kinetics of hardening, the required strength, economic and technological assessment, mill tailings, auxiliary materials for technological purposes

Экономическая оценка целесообразности применения закладочных смесей различных составов и марок должна учитывать как стоимостные параметры (себестоимость приготовления 1м³ смеси), так и временной фактор, отображающий динамику набора прочности. Поскольку себестоимость приготовления закладочных смесей применяемых составов и марок на различных рудниках значительно отличается, использование предлагаемой методики должно рассматриваться для конкретного горного предприятия с

учетом действующих нормативных документов. В данной статье рассмотрена апробация предлагаемой методики для условий рудника "Комсомольский" ЗФ ОАО ГМК "Норильский никель", производство закладочных работ на котором ведется согласно РТПП-045-2004 [5].

При расчете себестоимости приготовления 1 м³ закладочной раствора учитываются прямые и общецеховые расходы.

К прямым расходам по переделу относятся: 1 – вспомогательные материалы на технологические цели (цемент, ангидрит, щебень, шлак, породная часть хвостов обогащения Талнахской обогатительной фабрики (хвосты ТОФ) и прочие); 2 – энергия на технологические цели; 3 – работы (услуги) производственного характера, относящиеся к прямым затратам (транспорт); 4 – оплата труда основных производственных рабочих; 5 – единый социальный налог (ЕСН), начисленный на заработную плату основных производственных рабочих; 6 – амортизация основного технологического оборудования; 7 – отчисления на обязательное страхование от несчастных случаев на производстве и производственных заболеваний основных производственных рабочих; 8 – взносы добровольного социального страхования основных производственных рабочих; 9 – прочие расходы.

По согласованию с планово-экономическим отделом рудника прямые расходы по пунктам 2 – 9 приняты постоянными для приготовления различных видов закладочных смесей и на оценку целесообразности их применения влияния не оказывают.

Дальнейшие расчеты по обоснованию экономической целесообразности различных составов закладки проводятся по удельным затратам на вспомогательные материалы на технологические цели.

В большинстве случаев для формирования закладочного массива используются специально добываемые заполнитель и цемент, отличающиеся высокой стоимостью. Их применение в закладку снижают конкурентную способность систем разработки с закладкой. Одним из наиболее перспективных путей снижения затрат на закладку подземных выработок, является использование в закладку хвостов обогащения [1–4].

Затраты по руднику «Комсомольский» на отдельные материалы за период с сентября 2011 г. по октябрь 2013 г. существенно изменились, особенно в части удорожания хвостов ТОФ. Сопоставимые данные приведены в табл. 1.

Таблица 1

Изменение стоимости материалов по руднику «Комсомольский» за период выполнения технологической работы

Материалы	Сентябрь 2011 г.		Октябрь 2012 г.		Октябрь 2013 г.	
	руб./т	%, к сентябрю 2011 г.	руб./т	%, к сентябрю 2011 г.	руб./т	%, к сентябрю 2011 г.

Цемент	5249,47	100	4126	78,6	4151	79,1
Ангидрит	752,69	100	1000	133	1054	140,0
Хвосты ТОФ	62,14	100	216	348	225	362,1
Шлак	23,20	100	26	112,1	28	120,7
Щебень	263,02	100	274	104,2	458	174,0

Сравнительный анализ относительной стоимости хвостов ТОФ к стоимости щебня и шлака (табл. 1) за период (сентябрь 2011 г. – октябрь 2012 г. – октябрь 2013 г.) показывает, что она постоянно изменяется (1 : 4,23 : 0,37 – 1 : 1,27 : 0,12 – 1 : 2,04 : 0,12). Соответственно изменяется и себестоимость приготовления закладочных смесей и области их рационального применения. Изменения себестоимости других материалов, применяемых на поверхностном закладочном комплексе рудника «Комсомольский», менее значительны.

Необходимо отметить, что стоимость 1м³ раствора по материалам не учитывает динамику набора прочности. Для устранения этого недостатка необходимо связать ожидаемую прочность исследуемых образцов со временем ее набора при соответствующей себестоимости приготовления закладочной смеси.

К учету приняты прочности образцов в диапазоне от 1 МПа до 8 МПа с интервалом в 1 МПа.

Интервалы времени, при которых исследуемые и применяемые составы закладочных смесей набирают требуемую прочность, приняты: 3, 7, 10, 20, 28, 30 суток и далее до 180 суток с интервалом в 10 суток.

Расчет составляющих компонентов закладочной смеси определенного состава, прочность которой достигала требуемой в расчетные сроки твердения, производился методом интерполяции.

Это можно пояснить на примере исследуемых составов на основе хвостов ТОФ и цемента (ХЦ) (табл. 2). Удельный вес хвостов ТОФ находится в интервале 2,7-3,3 т/м³, объемный насыпной вес – 1,7-2,1 т/м³. При проведении лабораторных исследований экспериментально определены удельный вес хвостов используемых испытаниях – 2,8 т/м³, объемный насыпной вес – 1,8 т/м³.

Таблица 2

Удельные затраты по вспомогательным материалам на технологические цели исследуемых составов ХЦ

Расход материалов, кг/ м ³			Контрольная характеристика прочности, МПа					Стоимость 1 м ³ раствора по материалам, руб.
Хвосты ТОФ	Цемент	Вода, л	3	7	28	90	180	
1246	170	500	0,45	0,74	1,5	2,2	2,9	986,0
1183	240	500	0,9	1,16	1,97	2,93	3,87	1262,4
1111	320	500	1,8	2,54	3,55	4,84	5,8	1578,3

1039	400	500	4,5	4,76	5,21	6,89	8,22	1894,2
------	-----	-----	-----	------	------	------	------	--------

В исследуемых составах влажность подаваемых в мельницу хвостов ТОФ составила 28,6, 29,7, 31 и 32,5% при их расходе - 1246, 1183, 1111 и 1039 кг/м³, соответственно.

Например, при контрольной прочности 3 МПа при сроке набора прочности 60 суток (рис. 1), рационально принять состав, содержащий цемента в интервале 240 и 320 кг/м³.

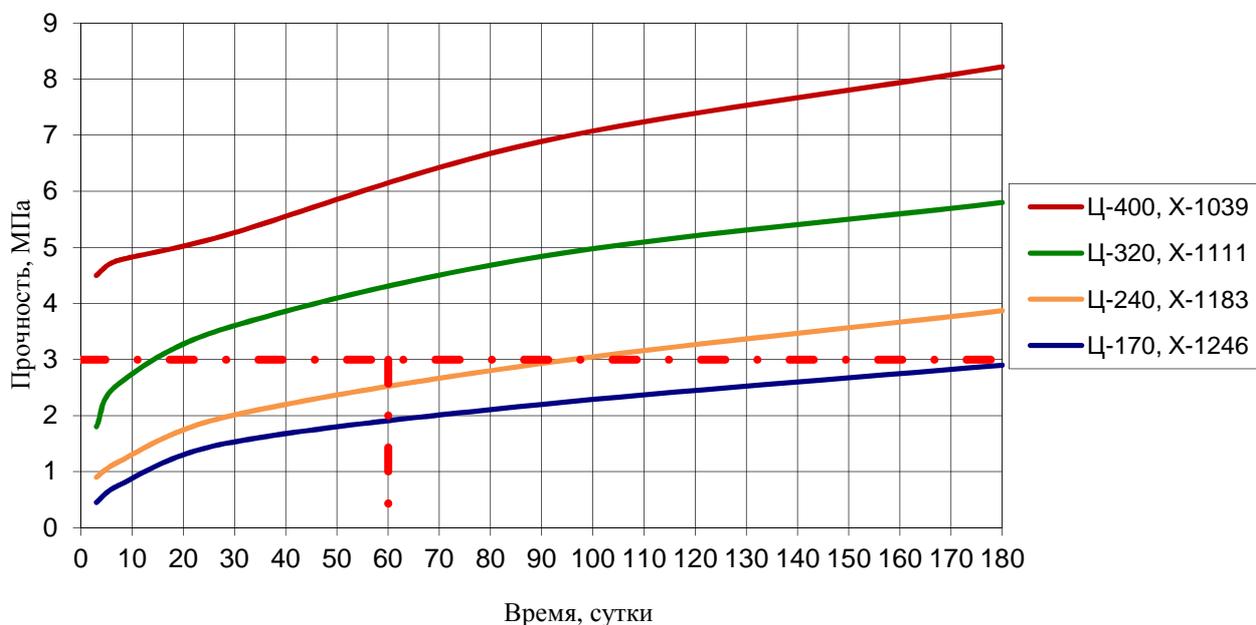


Рис. 1. Определение состава ХЦ, обеспечивающего прочность 3 МПа на 60 суток

Состав ХЦ, содержащий цемента – 240 кг/м³ и хвостов ТОФ – 1183 кг/м³ (табл. 2), на момент твердения в 60 суток набирает прочность 2,25 МПа (табл. 3), тот же состав, но с содержанием цемента 320 кг/м³ и хвостов ТОФ – 1111 кг/м³ имеет прочность 4,30 МПа.

Тогда, для обеспечения контрольной прочности 3 МПа на 60 суток, необходимо принять состав ХЦ, включающий:

- цемента

$$\frac{3-2,25}{4,3-2,25} (320 - 240) + 240 = 269,3 \text{ кг/м}^3;$$

- хвостов ТОФ

$$\frac{3-2,25}{4,3-2,25} (1111 - 1183) + 1183 = 1156,7 \text{ кг/м}^3.$$

Затраты на материалы на 1м³ составят:

$$4151 \cdot 0,269 + 225 \cdot 1,157 = 1377 \text{ руб.}$$

где 4151 и 225 – стоимости 1т цемента и хвостов ТОФ на 01.10.2013 г., соответственно (табл. 1).

При увеличении расхода цемента доля хвостов ТОФ в себестоимости прямо пропорционально уменьшается.

Следовательно, зная затраты на материалы на 1м³ интерполируемых составов (табл. 3), расчеты можно упростить.

Затраты на материалы на 1м³ смеси составят:

$$\frac{3-2,25}{4,3-2,25} (1578,3 - 1262,4) + 1262,4 = 1378 \text{ руб.}$$

Разница расчетов на 1 руб. объясняется округлением промежуточных результатов.

Таблица 3

Прочностные характеристики состава ХЦ по срокам набора прочности

Расход цемента, т/м ³	Контрольная характеристика прочности, МПа, сутки									
	3	7	10	20	28	30	40	50	60	70
170	0,45	0,74	0,88	1,33	1,50	1,55	1,68	1,80	1,90	2,00
240	0,90	1,16	1,30	1,75	1,97	2,03	2,20	2,38	2,25	2,65
320	1,80	2,54	2,75	3,30	3,55	3,60	3,85	4,10	4,30	4,50
400	4,50	4,76	4,83	5,03	5,21	5,28	5,55	5,85	6,15	6,43

Окончание таблицы 3

Расход цемента, т/м ³	Контрольная характеристика прочности, МПа, сутки										
	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
170	2,10	2,20	2,30	2,35	2,45	2,53	2,60	2,67	2,75	2,83	2,90
240	2,80	2,93	3,05	3,15	3,27	3,38	3,45	3,57	3,68	3,75	3,87
320	4,70	4,84	4,98	5,10	5,20	5,30	5,40	5,50	5,60	5,70	5,80
400	6,68	6,89	7,08	7,23	7,40	7,53	7,68	7,80	7,95	8,08	8,22

Полученные результаты в виде точки наносятся на график, соответствующий набору прочности закладочной смеси в образце 3 МПа, с координатами: время набора прочности – 60 суток, стоимость материалов на приготовление 1м³ смеси – 1378 руб. (рис. 2).

Аналогично рассчитываются и строятся остальные точки графика, по которым и проводится кривая, отображающая зависимость удельных затрат на материалы смеси от сроков ее набора до прочности 3 МПа.

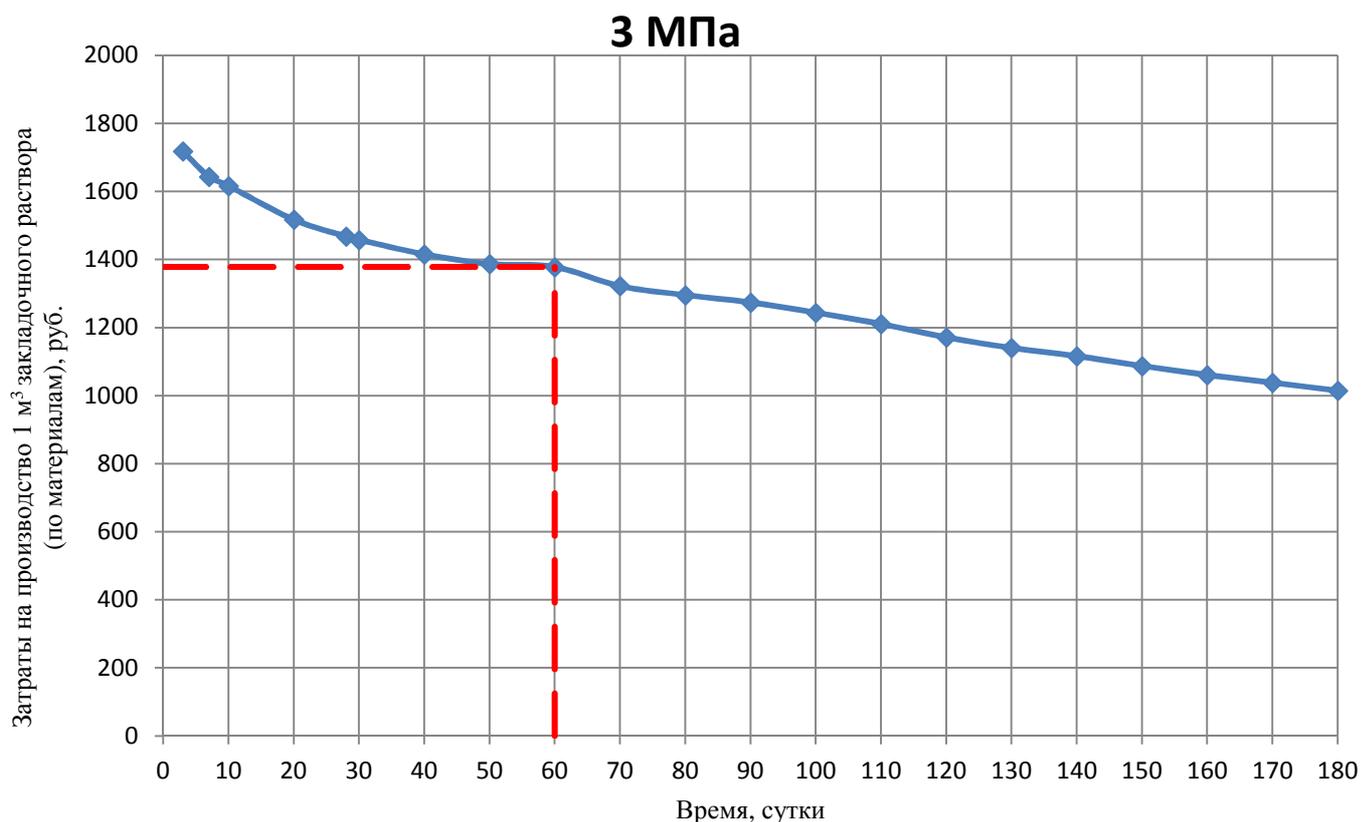


Рис. 2. Пример построения точки зависимости производства 1 м³ закладочного раствора ХЦ (по материалам) от сроков твердения при требуемой прочности 3 МПа

Выбор рационального состава закладочной смеси с соответствующим удельным расходом входящих компонентов производится по минимальной его себестоимости при условии набора требуемой прочности в определенные сроки твердения.

Разработанная методика определения экономическо-технологической эффективности применения различных составов закладочных смесей позволяет одновременно учитывать экономические (себестоимость приготовления) и технологические (требуемая прочность на определенный момент времени твердения) факторы.

Список литературы

1. Волков, Е. П. Разработка рецептур и механизма активации закладочных смесей для подземной разработки полезных ископаемых с использованием хвостов обогащения / Е. П. Волков, С.А. Вохмин, А.Н. Анушенков, А.И. Голованов // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Техника и Технологии / Сиб. фед. Ун-т ; Красноярск, 2014. – Т. 7, № 3. – С. 295-303.
2. Волков Е.П., Анушенков А.Н. Разработка рецептур твердеющих смесей на основе породных хвостов обогащения для закладки подземных выработок Норильского горно-

металлургического комбината // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук: Научн. журнал. – Новосибирск: ИГД им. Н.А. Чинакала СО РАН, 2014. – С. 207-211.

3. Закладочные работы в шахтах: справочник / Под ред. Д.М. Бронникова, М.Н. Цыгалова. – М.: Недра, 1989. – 400 с.

4. Опыт развития и совершенствования технологии закладочных работ. / Л.В. Малетин, О.Б. Осеев, В.С. Левин, А.И. Мохов // Горный журнал. – 1991. - №5. – С. 52–54.

5. РТПП-045-2004. Регламент технологических производственных процессов при ведении закладочных работ на рудниках ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель». – Норильск, 2005.

Рецензенты:

Андриевский А.П., д.т.н., ведущий научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт химии и химической технологии» Сибирского отделения Российской академии наук (ИХХТ СО РАН), г. Красноярск.

Гилёв А.В., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Горные машины и комплексы», Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Сибирский федеральный университет» Институт горного дела, геологии и геотехнологий, г. Красноярск.