

А.Н. Домрачев, С.В. Риб

Сибирский государственный индустриальный университет

ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНИВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО ОТРАБОТКЕ ЗАПАСОВ КОРОТКИМИ ЗАБОЯМИ

В настоящее время на шахтах преимущественно используется столбовая система разработки угольных пластов с длинными комплексно-механизированными очистными забоями. Широкое распространение этой системы разработки обусловлено возможностью применения анкерной крепи в участковых подготовительных выработках и полным использованием потенциала современного высокопроизводительного очистного оборудования [1]. При отработке тонких пластов определенное распространение наряду с комбайновой получила струговая выемка. Применяются и комбинированные технологии, которые сочетают отработку запасов благоприятных участков шахтного поля длинными очистными забоями; участки, не отвечающие условиям эффективной добычи в длинных забоях (в целиках, между крупными геологическими нарушениями, участки неправильной формы и т.д.), отрабатывают с использованием альтернативных технологий [2].

Для обеспечения максимальной полноты извлечения полезного ископаемого при доработке участков шахтного поля неправильной формы и целиков различного назначения возникает необходимость в использовании нетрадиционных технологий. Такие технологии должны реализовывать возможность селективной разработки месторождений, когда для отработки отдельных участков, делящих шахтное поле в зависимости, например, от кондиционных характеристик угля, от мощности или гипсометрии пласта, от глубины или строения и свойств вмещающих пород, требуется применение принципиально отличающихся систем разработки или технологических схем ведения очистных работ. Таким требованиям в полной мере отвечают короткозабойные технологии. В настоящее время известно четыре основных варианта этих технологий. Технические решения отличаются между собой, соответствуют виду очистного забоя (как камера, заходка, комбинированный забой (камера и заходка) и короткая лава [3]). Так, например, длиннокамерная технология добычи угля позволяет использовать достоинства длинно-

столбовой системы разработки и комплексно-механизированной выемки [4].

При разработке интерактивных средств обучения [5] необходимо учитывать тот факт, что короткозабойные технологии отличаются от технологии отработки длинными забоями не только средствами механизации и способами управления горным давлением, но и нормативно-методической базой.

В ходе формирования интерактивных средств обучения на кафедре геотехнологии ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» разработан пакет электронных лабораторных работ [6 – 8]. Интерфейс обучающе-тестирующей программы приведен на рисунке, а основные положения оценивания ответа – в табл. 1.

Как показал опыт использования, основными проблемами как при создании представительного множества выбора вариантов технологической схемы с короткими забоями, так и при формировании алгоритма оценивания ответа обучаемого являются:

1 – ограниченный выбор вариантов систем разработки: для мощных пластов только камерная система, для средней мощности – камерная и камерно-столбовая. Система разработки с короткими столбами требует реализации отступлений от действующих правил безопасности. Использование этой системы в учебном процессе нецелесообразно;

2 – большая удельная протяженность выработок и сложность своевременного воспроизводства фронта работ требуют детализации технических решений по проведению (повышению темпов проведения) выемочных выработок, что выходит за рамки дисциплин «Технология отработки пологих пластов» и «Комбинированная разработка МПИ». Кроме того, увеличение числа выработок в проходке делает необходимым расчет количества воздуха для выемочного участка или, как минимум, проверку возможности подачи заданного количества воздуха по участковым выработкам;

Технология подземной отработки угля

Мощность 3-го пропластка угля, м: 0.2

Мощность ложной кровли, м: 0.1

Мощность ложной почвы, м: 0

Мощность непосредственной кровли, м: 6.5

Мощность основной кровли, м: 14.5

Сопротивление угля резанию, Н/мм: 270

Плотность угля, т/м³: 1.35

Угол падения пласта, град: 10

Газообильность пласта, м³/т: 2.5

Склонность пласта к самовозгоранию: Не склонен

Наличие твердых включений: ☐

Кол-во воздуха в оч-е забоя, м³/мин:

Кол-во проходческих бригад:

Технология выемки угля: в корот

Запасы для отработки КЗ, тыс. т: 390

Длина столба, м: 630

Длина лавы(печи), м: 200

Тип комбайна: continuous miner

Мощность режущей, кВт: 200

Вес комбайна, т: 40

Система разработки: камерно-столбовая

Ширина заходки, м: 3.5

Длина заходки, м: 5.5

Ширина печи (штрека), м: 4

Крепление заходки: лент. целики

Транспорт угля: самоходный вагон

ПЕРЕДАТЬ ДАННЫЕ

ОЦЕНИТЬ ВАРИАНТ

ПАРАМЕТРЫ КОМБАЙНОВ СМ

Тип	Мощность пласта, м	Мощность режущей, кВт	Производительность, т/мин
12CM15B	1,27-3,68	180	15-27
12CM27	1,56-3,8	300	17-32
12CM15D	2,16-4,6	200	15-27

3D-схема шахты

Интерфейс обучающе-тестирующей программы

3 – при оценке комбинированной технологии достаточно часто встречаются ситуации, когда формальная оптимизация указывает на стремление к нулю оптимальной добычи из коротких забоев;

4 – использование двусторонних заходок позволяет (частично) снять проблему воспроизводства фронта работ, однако на практике двусторонние заходки применяются достаточно редко, а экспресс-оценка устойчивости сопряжения двусторонней заходки с выемочной выработкой в рамках обучающе-тестирующей программы затруднительна. В качестве промежуточного варианта предлагается использование двусторонних заходок только с самоходной механизированной крепью;

5 – оценка целесообразности использования самоходной механизированной крепи затруднена из-за отсутствия отечественных нормативных документов и практического опыта эксплуатации оборудования такого класса;

6 – отсутствует методика оценки ограничения нагрузки на короткие забои по газовому фактору;

7 – сложность реализации экспресс-оценки себестоимости угля в коротких и длинных очистных забоях;

8 – неоднозначность оценки надежности технологической схемы очистного участка как од-

ной из составляющих комплексной итоговой оценки технических решений по отработке запасов короткими забоями.

На основании выполненного анализа и опыта использования обучающей программы было принято решение скорректировать алгоритм снижения баллов за попытки повторного ответа путем введения дополнительного коэффициента k_k , то есть:

$$S_i = S_{i-1} - k_k d,$$

где S_i – оценка предшествующего ответа; d – величина шага снижения оценки, принятая 0,25; k_k – коэффициент корректировки шага снижения оценки.

При этом коэффициент корректировки шага снижения оценки рекомендуется определять как

$$k_1 = f(m, a, H, q_{CH_4}).$$

Коэффициент k_k может быть представлен в виде мультипликативного параметра P_{ki} , причем для $p_{\phi i} > p_{\varepsilon i}$ составляющие могут быть определены по формуле

$$k_i = 1 - \frac{P_{\phi i} - P_{\varepsilon i}}{P_{\phi i}},$$

Т а б л и ц а 1

Основные параметры технологической схемы при отработке запасов короткими забоями

Параметр технологической схемы	Горно-геологические условия	Выбор обучаемого и результаты промежуточных расчетов	Показатель влияния на итоговую оценку	Нормативно-методическое обоснование оценки
Система разработки	$m, a, h_{\text{нк}}$	$q_{\text{комб}}, p$	$-0,75 \div -2,50$	[9, 10]
Вид и параметры выемочных выработок	$m, a, h_{\text{нк}}, H$	Тип комбайна, $q_{\text{комб}}, v_{\text{пгв}}$	$-0,25 \div -0,50$	[9, 11]
Тип и размеры целиков	$m, h_{\text{нк}}, H$	Тип крепи выработок, $a_{\text{в}}$	$-0,25 \div -0,50$	[11, 12]
Число очистных забоев в одновременной работе	m, q_{CH_4}	Система разработки	$-0,75 \div -1,25$	[12 – 14]
Число очистных забоев в одновременной работе	m, q_{CH_4}	Система разработки, тип крепи, $a_{\text{в}}$	$-0,75 \div -1,25$	[12 – 14]

Принятые условные обозначения: m – вынимаемая мощность пласта, м; a – угол падения пласта, град; $h_{\text{нк}}$ – мощность непосредственной кровли; $h_{\text{ок}}$ – мощность основной кровли; H – глубина горных работ; p – удельная протяженность выработок, м/1000 т; $v_{\text{пгв}}$ – скорость проведения выемочных выработок, м/сут; $q_{\text{комб}}$ – эксплуатационная производительность комбайна, т/мин; q_{CH_4} – относительная газообильность пласта, м³/т; $a_{\text{в}}$ – ширина выемочной выработки.

где $p_{\text{фи}}$ – значение i -й характеристики горно-геологических условий; $p_{\text{эи}}$ – значение эталонного показателя сложности горно-геологических условий (табл. 2).

Если условие $p_{\text{фи}} > p_{\text{эи}}$ не выполняется, все составляющие коэффициента $k_{\text{к}}$ принимают значение, равное единице.

Выводы. Внедрение коэффициента корректировки шага снижения оценки при использовании обучающей программы позволит:

- повысить объективность оценивания ответов обучающихся;
- расширить область применения в части синтеза и оптимизации параметров комбинированной технологии (сочетание короткозабойной технологии с длинными очистными забоями) для условий действующих горных предприятий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зубов В.П. Состояние и направления совершенствования систем разработки угольных пластов на перспективных угольных шахтах Кузбасса // Записки Горного института. 2017. № 225. С. 292 – 297.
2. Писаренко М.В. Анализ области применения нетрадиционных для Кузбасса технологий добычи угля подземным способом // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2010. № 4. С. 38 – 40.
3. Сарычев В.И., Шестаков С.И., Жуков С.С., Харламов А.Е. Системы разработки ограниченных запасов на основе коротких лав и анкерного крепления выработанных пространств // Известия Тульского государственного университета. Естественные науки. 2012. № 1-2. С. 168 – 175.

Т а б л и ц а 2

Составляющие параметра оценки сложности горно-геологических условий

Показатель	Значение эталонного показателя
Вынимаемая мощность пласта, м	3,5
Угол падения пласта, град	10
Глубина горных работ, м	150
Газообильность пласта, м ³ /т	10

4. Варфоломеев Е.Л. Длиннокамерная технология добычи угля подземным способом // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2013. № 6. С. 90 – 103.
5. Филимонова О.В. Повышение качества профессиональной подготовки специалистов при внедрении интерактивных образовательных технологий // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2009. Т. 11. № 5 (2). С. 537 – 540.
6. Домрачев А.Н., Риб С.В. Разработка междисциплинарных компьютерных лабораторных работ как основа массового внедрения обучающе-тестирующих систем по направлению подготовки 21.05.04 «Горное дело» // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2018. № 3 (25). С. 18 – 21.
7. Домрачев А.Н., Риб С.В. Сравнительная оценка аналитического расчета и результатов имитационного моделирования нагрузки на длинный комплексно-механизированный очистной забой // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2016. № 3 (17). С. 8 – 10.
8. Домрачев А.Н., Риб С.В. Совершенствование критерия оценки компьютерных лабораторных работ по курсу «Технология отработки пологих пластов» специальности 21.05.04 «Горное дело» // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2018. № 4 (26). С. 63 – 65.
9. Технологические схемы разработки угольных пластов в сложных горно-геологических условиях короткозабойными системами на шахтах Кузбасса. – Прокопьевск: изд. КузНИУИ, 1994. – 59 с.
10. Технология отработки пологих и наклонных угольных пластов по камерно-столбовой системе в сложных горно-геологических условиях / А.В. Ремезов, П.В. Егоров, С.И. Калинин и др. – Кемерово: Кузбассвуиздат, 2005. – 223 с.
11. Методическое руководство по выбору геомеханических параметров технологии разработки угольных пластов короткими забоями. – СПб.: МНЦ ВНИМИ, 2003. – 54 с.
12. Методика выбора рациональных параметров технологических схем очистной выемки пологих угольных пластов гидрошахт Кузбасса. – Новокузнецк: НПО «Прокопьевскгидроуголь», 1988. – 139 с.
13. Дополнение к руководству по проектированию вентиляции угольных шахт (для условий гидрошахт). – Новокузнецк: изд. ВНИИГидроуголь, 1992. – 48 с.
14. Дополнение к «Корректировке «Проекта отработки запасов угля западного крыла пласта VI с применением гидротехнологии» на ОАО «Шахта им. В.И. Ленина»». Т. 1. 757-217ЮК/10 – ПЗ. – Новокузнецк: ООО «Проектгидроуголь», 2009. – 132 с.

© 2019 г. *А.Н. Домрачев, С.В. Риб*
Поступила 26 августа 2019 г.