

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТРАТЕГИЙ РАЗВИТИЯ УГЛЕДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ ПОСРЕДСТВОМ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

А. С. Коломоец, аспирант

Донецкий национальный технический университет, г. Донецк

Аннотация. С каждым годом вопрос сдвижения массива горных пород при отработке сближенных пластов приобретает все большую актуальность. Это связано с непрерывным углублением выработок в недра земли, что влечет за собой сдвижения расположенного над угольными пластами породного массива. Вследствие чего на выработки оказывается большее давление. В связи с этим появляется необходимость в оперативной корректировке вариантов отработки пластов. В статье предложены подходы к обоснованию стратегий развития горных работ на угледобывающих предприятиях с помощью компьютерного моделирования. С использованием 3D модели были определены параметры, предопределяющие порядок и последовательность отработки сближенных пластов. На основании модели шахты был построен разрез, посредством которого был проведен расчет расстояния между пластами с использованием данных геолого-разведочных скважин.

Ключевые слова: компьютерное моделирование, пласт, угольная шахта, разработка, совместная отработка, дегазация, геология.



Коломоец Анастасия Сергеевна

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

В сложившихся условиях на угольных шахтах Донбасса появляется необходимость в динамическом анализе и корректировке проектных решений по развитию горных работ. Наряду с привычной изменчивостью внутренних факторов среды (горнотехнических и горно-геологических условий работы шахты) в последнее время существенное влияние на работу шахт оказывают внешние факторы (прежде всего, цена на угольную продукцию и возможность сбыта). Также одним из важных факторов является вопрос сдвижения массива горных пород при отработке сближенных пластов. Это связано с непрерывным углублением выработок в недра земли, что влечет за собой сдвижения расположенного над угольными пластами породного массива. Вследствие чего на выработки оказывается большее давление, которое приводит к их перекреплению. В связи со всеми условиями принятие решений относительно развития угольных шахт должно основываться на комплексном анализе сложившейся ситуации и оперативной обработке информации, что предопределяет необходимость компьютерного моделирования каждого объекта и всей совокупности шахт в целом [1-2].

ОБЗОР МЕТОДИК ОБОСНОВАНИЯ ПОРЯДКА И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ОТРАБОТКИ СБЛИЖЕННЫХ ПЛАСТОВ

В настоящее время актуальным является вопрос разработки свиты пластов, который практически всегда оказывает вредное влияние в условиях подработки вышележащего пласта нижележащим. В этой связи появляется представление о сближенных пластах, чаще всего с восходящим порядком отработки. Как правило такие методы обусловлены наличием газа метана или повышенной обводненностью вышележащего пласта в пределах участков шахтных полей. Также для целесообразного места расположения подрабатываемых выработок сближенных пластов в массиве необходимо учитывать параметры перераспределения горного давления и смещения горных пород. Кроме этого, необходимо учитывать осложнения угольного массива вследствие геологических нарушений в сближенных пластах. Без учета этот показатель влечет за собой снижение технико-экономических показателей угледобычи в связи с неправильной последовательностью отработки столбов и их расположение в пределах выемочного блока. Данные вопросы уже были рассмотрены в работах [3] и [4].

Обеспечение устойчивости подготовительных выработок в зонах повышенного горного давления при разработке сближенных пластов также является одним из важнейших факторов. В основном ухудшение состояний выработок связано с широким

внедрением систем разработки длинными столбами с оставлением целиков угля между выемочными столбами, а также увеличением длин выемочных столбов и лав, использованием анкерной крепи в качестве основной крепи участков подготовительных выработок, существенным ростом среднесуточных нагрузок на очистные забои.

Традиционные подходы к решению рассматриваемой задачи не могут обеспечить адекватное решение задачи в изменчивых и динамично изменяющихся условиях с учетом влияния всех существенных факторов. В этой связи представляет интерес использование компьютерных моделей для повышения оперативности и адекватности принимаемых решений.

Цель исследования – разработка методических подходов для обоснования стратегий развития горных работ угольного предприятия в условиях совместной разработки сближенных пластов на основе компьютерного моделирования.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ ИССЛЕДОВАНИЯ

С целью анализа взаимного расположения оставшихся запасов и существующей сети горных выработок построена компьютерная модель шахты. Для моделирования угольной шахты использовался программный комплекс «Шахта 3D», разработанный с участием сотрудников Донецкого национального технического университета [5, 6].

Исходной информацией для построения модели месторождения являются данные разведки, которые представлены в базе данных цифровой информации, а также планы горных выработок.

Программное обеспечение позволяет построить модель таких объектов как земная поверхность и угольные пласты, существующие выработки, проектные выработки. Как правило, поверхность месторождения представлена на графической документации изолиниями поверхности. Кроме того, в качестве данных, характеризующих поверхность месторождения, можно использовать координаты устьев скважин. При построении существующих выработок для формирования координаты Z может использоваться таблица маркшейдерских точек, либо высотные отметки на плане горных выработок.

При построении проектных (плановых) горных выработок первоначально указываются параметры сечения горной выработки. В зависимости от вида выработки (пластовая или полевая) выбирается вид привязки трассы выработки к поверхностям модели. Для полевых выработок необходимо установить параметры плоскости, в которой

будет проходить выработка. Далее проводится трасса выработки. Программа обеспечивает автоматическое формирование замкнутого тела, соответствующего выработке.

Пространственное представление календарного плана совместной разработки 4-х угольных пластов представлено на рис. 1.

Построенные модели позволяют качественно оценить степень подготовленности запасов к выемке и возможные варианты развития горных работ.

Одним из осложняющих факторов при выборе стратегии развития горных работ на угледобывающем предприятии является наличие в толще массива горных пород сближенных пластов. При отработке сближенных пластов независимо от того, какой пласт будет отработываться первым, его отработка будет оказывать влияние на остальные пласты.

Вследствие этого будут проявляться процессы деформаций и напряжений в подстилающей толще при надработке, что в целом зависит от горно-геологических условий, включая сложение и строение всей толщи пород, угол залегания пластов и глубину работ, строение и физико-механические характеристики пород междупластий, а также от технологических параметров, особенно таких как способы подготовки, системы разработки, способы управления кровлей, длина очистных забоев, скорости подвигания очистных работ.

Поскольку угольные пласты залегают на различном расстоянии друг от друга, то необходимо определить характер влияния выемки одного пласта свиты на выемку соседних пластов. В связи с этим различают пласты независимые и сближенные.

Пласты в свите считаются независимыми, если выемка их возможна в любой последовательности, и сближенными, если при рациональной разработке необходимо учитывать их совместное залегание.

В настоящее время отработка сближенных пластов осуществляется 3 способами:

- восходящий – первым вынимают нижний пласт. При этом происходит подработка верхнего пласта, влияние которой сказывается при любом расстоянии между пластами, причем степень этого влияния зависит от мощности нижнего пласта, мощности и физико-механических свойств пород между пластами, угла падения пластов, длины очистного забоя и др.;
- нисходящий – выемку пластов начинают с верхнего. При этом происходит надработка нижнего пласта, которая

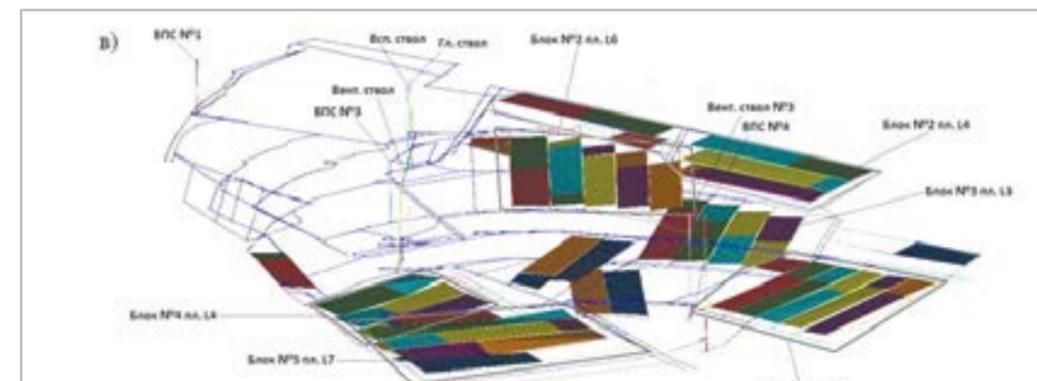


Рис. 1. Пространственная модель календарного плана разработки угольных пластов

проявляется в увеличении горного давления на крепь подготовительных выработок. Влияние надработки сказывается на сравнительно ограниченную глубину;

- комбинированный – первым обрабатывают один из средних пластов в свите.

Отработки сближенных пластов имеют свои достоинства и недостатки. Таким образом, подработанный или надработанный пласт подвергается усиленной дегазации; будучи водоносным, легко осушается; на некоторое время освобождается от напряженного состояния, вызванного давлением вышележащих пород. Эти свойства используются для безопасной отработки пластов, склонных к внезапным выбросам угля и газа или горным ударам. Недостатком является то, что при разработке сближенных пластов, особенно при подработке, появляется опасность сдвижения горных пород, вызывающая завалы лав, деформацию выработок.

Также существуют основные положения, которыми необходимо руководствоваться при совместной разработке сближенных пластов:

- отработка пластов должна проводиться в нисходящем порядке;
- групповые выработки чаще всего проводят полевыми, расположенными в крепких породах в почве свиты пластов. Проведение групповых выработок по пластам тонким и средней мощности допускается при условии отнесения этих пластов к неопасным по выбросам угля и газа, горным ударам и с несамовозгорающимся углем;

- необходимо погашать выемочные выработки группированных пластов, а при отработке следующего этажа, яруса или полосы вентиляционные выемочные выработки этих пластов следует проводить вприсечку к выработочному пространству. Для крутых и крутонаклонных пластов допустимо проведение штреков по завалу на месте расположения бывших транспортных;
- групповые транспортные выработки следует крепить усиленной крепью, поскольку их используют повторно в качестве вентиляционных при отработке нижележащих ярусов;
- в первую очередь необходимо производить отработку верхнего пласта с соблюдением допустимых опережений по отношению к нижерасположенному пласту. При расположении групповых выработок по пласту предпочтительнее столбовая система разработки. При расположении групповых выработок полевыми можно применять и сплошную систему разработки.

В существующих способах разработки свит пластов, включающих разделение пластов на панели и панелей на ярусы, проведение по каждому из пластов основных подготовительных выработок и последующую отработку ярусов длинными очистными забоями, существует ряд недостатков. Недостатками данных способов при разработке сближенных пластов являются значительные затраты на поддержание основных подготовительных выработок, низкая эффективность очистной выемки, большие объемы проходческих

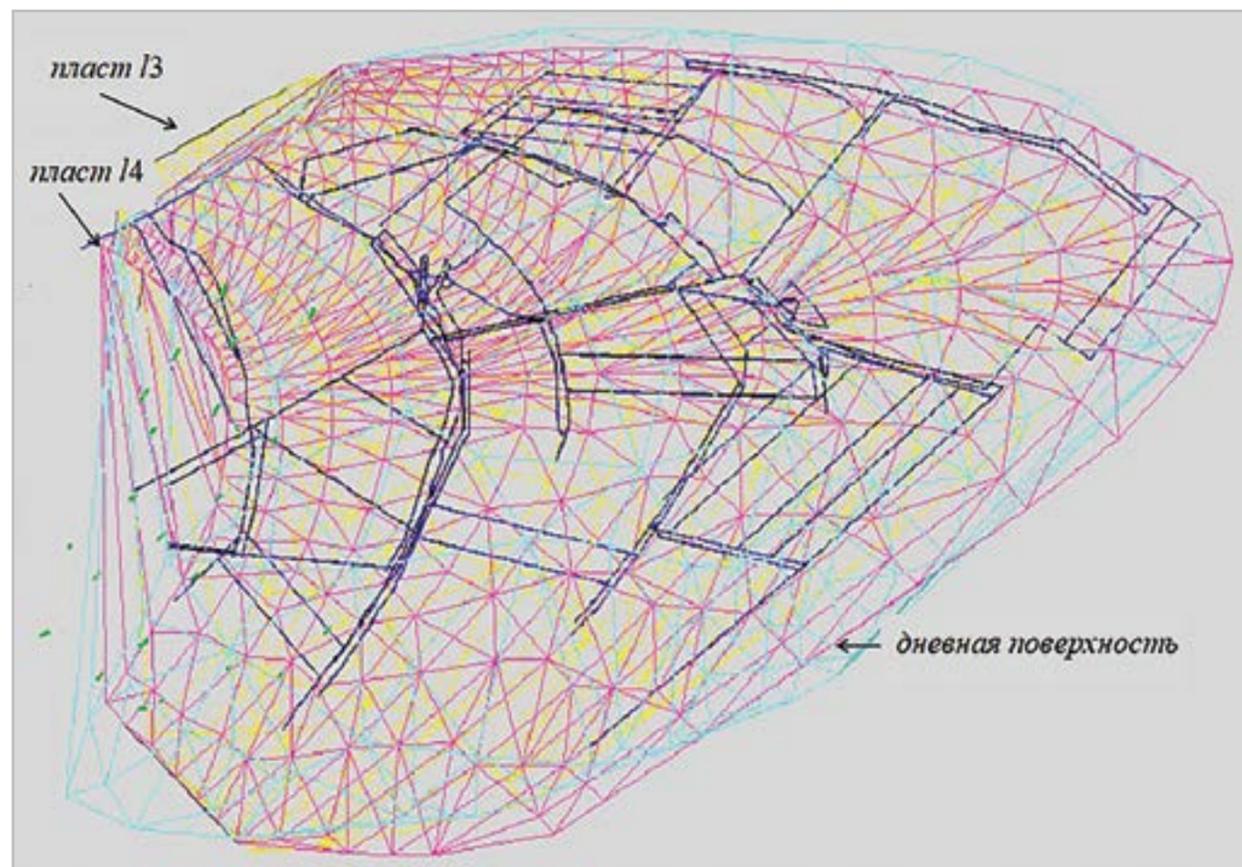


Рис. 2. Модель шахты «Комсомолец Донбасса»



Рис. 3. Разрез месторождения

работ и потери полезного ископаемого в целиках, оставляемых для охраны основных подготовительных выработок.

В связи с вышеизложенным, для определения оптимального варианта расположения горных выработок и календарного плана при отработке сближенных пластов необходимо учитывать большое количество различных факторов. В этих условиях повышение точности и оперативности принимаемых решений может быть обеспечено на основе компьютерного моделирования.

Объектом исследования для определения разницы между фактическими сроками отработки и плановыми

является шахта «Комсомолец Донбасса», модель всей шахты представлена на рис. 2.

Построена геологическая модель угольных пластов и сеть горных выработок (рис. 2).

Построение разреза месторождения произведено в программном комплексе с использованием построенной ранее модели шахты (рис. 3).

Технология построения разреза предусматривает задание плоскости разреза. Плоскость разреза задается через указание координат X, Y, Z точки, через которую проходит плоскость разреза, и углов.

Таблица 1.

Расстояния между пластами 13 и 14 по данным геологоразведочных скважин

Номер скважины	Место взятия	Высотная отметка устья (+Z)	Отметка пересечения скважины с пластом (-Z)		Расстояние между пластами
			14	13	
У-3789	1	255,5	-681,8	-723	41,2
У-3791	2	269,7	-698,95	-744,8	45,85
У-3808	3	265,9	-613,3	-652	38,7
У-3811	4	244,3	-564,54	-598,6	34,06
У-3803	5	265,8	-613,36	-656,5	43,14
У-3792	6	263,2	-679,82	-709,3	29,48
У-3817	7	263,6	-680,56	-723,6	43,04
У-3793	8	260,8	-675,9	-712,8	36,9
У-3812	9	257,5	-623,36	-656,6	33,24
С-643	10	254,3	-561,64	-590,6	28,96
С-640	12	256,5	-674,55	-700	25,45
У-3785	14	248,8	-621,76	-647,9	26,14
С-651	15	247,3	-556,55	-588	31,45
С-202	17	241	-647,1	-682	34,9
С-654	19	237,3	-547,9	-579,5	31,6
1864	20	227	-473,99	-507,1	33,11
С-326	21	227,2	-468,2	-497	28,8
С-180	22	235,5	-437,79	-466,6	28,81
С-663	23	236,5	-372,03	-398,7	26,67
У-3796	24	235,2	-376,34	-399,9	23,56
У-3806 блок 3	27	219,3	-394,08	-432,2	38,12
У-2957 блок 3	28	215,76	-434	-473,7	39,7
У-2950 блок 3	29	219,3	-393,86	-432,2	38,34

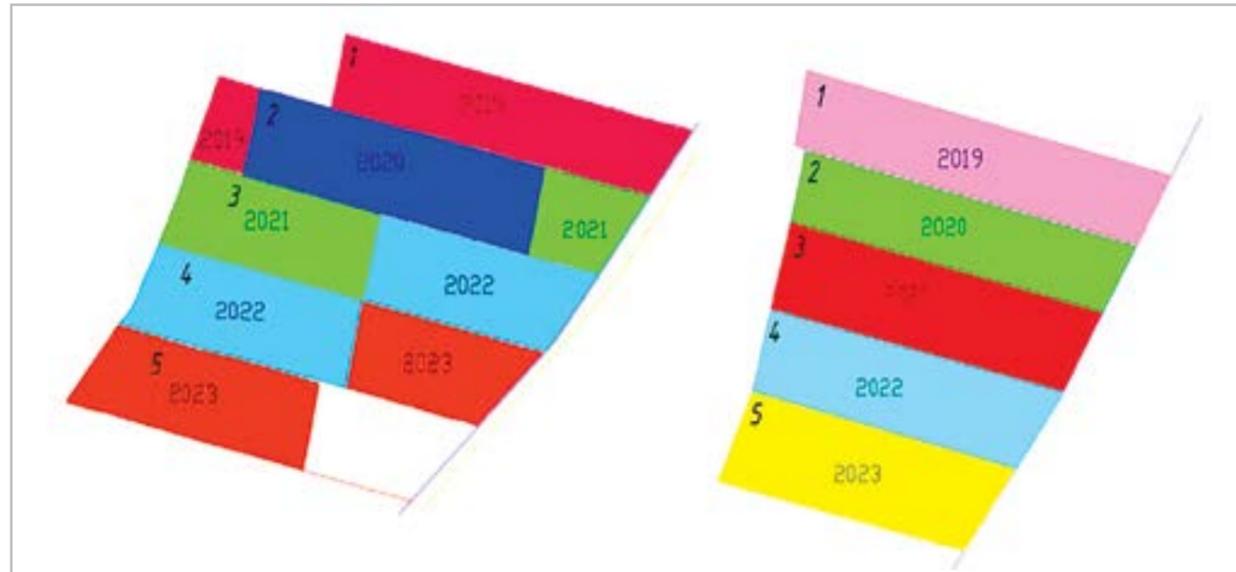


Рис. 4. Календарный план отработки пластов

Таблица 2.

Разница во времени отработки пластов

Наименование лавы	Начало отработки				Окончание отработки			
	14		13		14		13	
	месяц	год	месяц	год	месяц	год	месяц	год
1 западная лава	4	1992	2	2004	5	1995	1	2005
3 западная лава	7	1995	2	2006	10	1996	11	2006
2 западная лава	2	1997	3	2005	6	1999	12	2005
4 западная лава	1	2000	1	2007	12	2001	8	2007
5 западная лава	5	2002	4	2009	11	2003	3	2010
6 западная лава	8	2006	планировалась в 2013		3	2008		

Продолжение таблицы 2.

Наименование лавы	Разница в начале между пластами		Разница в окончании между пластами		Продолжительность		Всего	
	месяц	год	месяц	год	14	13	14	13
					год	год	общее	общее
1 западная лава		12		10	3	1	3года 2 мес	
3 западная лава		11		10	1	0	1год 4 мес 10 мес	
2 западная лава		8		6	2	0	10 мес	
4 западная лава		7		6	1	0	2 года 8 мес	
5 западная лава		7		7	1	1	1год 7 мес	
6 западная лава					2		1год 8мес	

По данным геологоразведочных скважин были определены расстояния между пластами 13 и 14, которые представлены в таблице 1.

По данным из таблицы 1 провели расчет усредненного расстояния между пластами, которое составляет 34 м. Исходя из чего, можно сделать вывод, что пласты 13 и 14 являются сближенными.

В связи с тем, что пласт 13 на всей площади является опасным по внезапным выбросам угля и газа применяют региональную дегазацию одновременно с наработкой пласта 13 пластом 14. Опережение очистных работ нижележащего пласта вышележащим производится не менее чем на один выемочный столб. По планам горных работ определена разница в начале и в окончании отработки для 5 лав в блоке № 4 на пластах 14 и 13 (табл. 2, рис. 4).

Таким образом, исходя из выполненного анализа данных, можно сделать вывод, что отработка сближенных пластов в условиях проведения региональной дегазации пласта 13, выполняется с опережением очистных работ нижележащего пласта вышележащим не менее чем на один выемочный столб, обеспечивая эффективную защиту.

ВЫВОД

Использование компьютерного моделирования для обоснования стратегий развития угледобывающего предприятия позволяет обеспечить адекватную оценку стратегий, оперативность оценки вариантов и, соответственно, выбор варианта на основе анализа множества допустимых.

Список литературы

1. Малкин, А. С. Основополагающие методы и процедуры решения задач проектирования шахт / А. С. Малкин, В. В. Агафонов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2014. – № 11. – С. 350-353.

2. Валуев, А. М. Задача парето-оптимизации траектории на сети как метамодель многокритериального выбора проектных решений для горных предприятий / А. М. Валуев // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2015. – № 11. – с. 215-223.

3. Ковалев, Н. Б. Геомеханическое обоснование рационального расположения подрабатываемых выработок при разработке сближенных пластов: автореферат диссертации на соискание ученой степени канд.тех.наук: 23.09.2015 / Ковалев Николай Борисович. – Тула, 2015. - 16 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.dissercat.com/content/geomekhanicheskoe-obosnovanie-ratsionalnogo-raspolozheniya-podrabatyvaemykh-vyrabotok-pri-ra>.

4. Рогачков, А. В. Обоснование способов обеспечения устойчивости подготовительных выработок в зонах повышенного горного давления при разработке сближенных пластов: автореферат диссертации на соискание ученой степени канд.тех.наук: 25.11.2010 / Рогачков Антон Владимирович. – Санкт-Петербург, 2010. - 22 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.dissercat.com/content/obosnovanie-sposobov-obespecheniya-ustoichivosti-podgotovitelnykh-vyrabotok-v-zonakh-povyyshe>.

5. Скаженник, В. Б. Система автоматизированного проектирования разработки россыпных месторождений // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – М.: «Горная книга». – 2012. – № 3. – С. 150 – 152.

6. Скаженник, В. Б. Пространственная визуализация угольной шахты / В. Б. Скаженник, А. В. Балагуров // Информатика, управляющие системы, математическое и компьютерное моделирование в рамках II форума «Инновационные перспективы Донбасса» (ИУСМКМ – 2016): VII Международная научно-технической конференции, 26 мая 2016, г. Донецк: / Донец, Национал. техн. ун-т. – Донецк: ДонНТУ, 2016 – С. 172-175.