

ПОВТОРНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА ЗАКРЫВАЮЩИХСЯ ШАХТ

Студ. гр. УА-15 А.И. Гринченко, ст.преп. Е.Е. Головнева, ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк

Аннотация. В работе рассмотрены перспективы повторного использования, возникающие при ликвидации угольного предприятия, а так же представлены пути минимизации затрат по ликвидации шахт при повторном использовании закрытого шахтного объекта на условном примере.

Ключевые слова: подземное пространство, шахта, стратегия, ликвидация шахты.

Актуальность. Закрытие угольных шахт на Донбассе – это достаточно трудоемкий процесс, в связи особенностями технологии добычи угля в данном регионе. В 2016 г. Советом Министров ДНР было принято решение о ликвидации 22 убыточных шахт. По состоянию на 1 июля 2017 г. было ликвидировано 18 шахт, на 1 ноября 2018 г. – еще 3 убыточные шахты. Однако, при таких больших объемах неиспользуемого пространства, остающегося после ликвидации, возникает вопрос о рассмотрении его как определенного вида ресурса. Главной же проблемой, возникающей при ликвидации шахты можно назвать огромную структуру вопросов того, на что следует обратить внимание.

Целью работы мы считаем показать возможности по повторному использованию подземного пространства, рассмотрение наиболее перспективных направлений такого использования, а так же построение экономико-математической модели для выбора оптимального варианта повторного использования горных предприятий.

Исследователями в данном направлении являются, например, В.А. Безпфлюг и М.К. Дурнин в работе «Сравнительная экономическая оценка различных технологий утилизации шахтного метана» [4] они привели примеры использования шахтного метана, а так же показали различные методы его добычи, а А.С. Кузнецов в своей работе объяснил плюсы от использования водоугольного топлива. [5]

Процесс юридической ликвидации шахты проходит несколько этапов, а именно:

1. Разработка обоснований целесообразности дальнейшей эксплуатации шахты и планирование расходов, связанных с ее дальнейшим использованием.
2. Осуществление проектных решений.
3. Принятие по мер трудоустройству и социальной защите уволенного, при закрытии шахты, персонала.
4. Создание новых рабочих мест в регионах, в которых предусматривается закрытие шахты.

Для ликвидации шахты необходимо разработать социально-экономический и гидрогеологический прогноз региона, обосновать постепенность закрытия шахт, увязав его с возможностями инвестирования и финансирования, усовершенствовать нормативно-правовую базу, исследовать проблемы экологического характера. [2, с.34]

Исходя из приведенного анализа, процесс ликвидации нерентабельных горных предприятий можно охарактеризовать как не имеющий окончания в будущем. Это влечет за собой достаточно высокий уровень затрат на содержание шахты в период выполнения работ по расширению, реконструкции, строительству водоотлива на горном предприятии, преодоление социально-экономических последствий (затраты на бесплатное обеспечение углем, социальную защиту работников). [1, с.4]

Физическое закрытие предусматривает демонтаж оборудования, засыпку стволов, обеспечение водоотлива, выполнение мероприятий, связанных с ликвидацией непригодных строений и горных выработок. Наиболее трудоемкими являются погрузочные угольные бункеры, надшахтные сооружения, здания вентиляторов главного проветривания,

подъемных машин и котельных с монолитными железобетонными фундаментами. Последние должны быть разрушены до отметки минус 0,2-0,3 м от уровня земной поверхности. [3, с.28]

По назначению подземные сооружения условно подразделяются на несколько основных групп:

- Транспортные и гидротехнические тоннели; сооружения метрополитена; электростанции (главным образом ГЭС); базисные склады и холодильники;

- Лечебные учреждения, военные объекты;

- Промышленные предприятия;

- Емкости для захоронения вредных производственных отходов;

- Нефте- и газохранилища;

- Резервуары для питьевой воды;

- Объекты городского хозяйства (пешеходные переходы, гаражи, коллекторы и т.п.) [6].

Возникают определенные трудности повторного использования горных выработок угольных шахт, которые во многом объясняются тем, что применение систем разработки с обрушением кровли или закладкой их пустой породой не предусматривают сохранность отработанного пространства. Использование капитальных горных выработок (транспортных, вентиляционных, околоствольных дворов), как правило, затруднено вследствие их недостаточных поперечных сечений. В разветвленной сети выработок малого сечения весьма сложно разместить эффективные поточные технологические линии. В технологических процессах на газовых шахтах должны быть исключены операции, связанные с высокой температурой (сварка, пайка и др.). Большие затраты на содержание шахтного оборудования и создание безопасных условий труда (поддержание выработок, организация водоотлива, вентиляция, энергоснабжения, функционирование подъемных установок и др.).

Наиболее перспективные направления повторного использования подземного пространства закрывающихся угольных шахт, – это:

- подземные склады и хранилища;

- пиковые резервные подземные гидроаккумулирующие электростанции и гидроэлектростанции;

- подземная ветроэнергетика.

Для выбора оптимального варианта повторного использования разработана экономико-математическая модель ликвидации горного предприятия.

$$C_1 + C_2 + C_3 \rightarrow \min \quad (1)$$

$$k_1(k_2C_2 + C_3) \leq R$$

$$C_1 + k_1(k_2C_2 + C_3) \leq L$$

$$\frac{0.53(0.57C_1) + 0.53(0.57C_2) + 0.53(0.57C_3)}{n} \geq \frac{0.53(0.57\Sigma C_i^0)}{N}$$

$$\Sigma C_i^0 \geq 0$$

$$\Sigma C_i \leq \Sigma C_i^0$$

$$\Sigma C_i \leq R$$

где C_1, C_2, C_3 – затраты на проектирование, освоение и эксплуатацию нового производства;

R – доходы от эксплуатации нового освоенного производства;

L – затраты, связанные с преодолениями последствий «мокрой» ликвидации шахты;

S – затраты, связанные с преодолениями социальных последствий ликвидации шахты;

N, n – количество работников соответственно уволенных при закрытии шахты и принятых на новое производство;

α, β – доли в затратах на освоение и эксплуатацию нового производства приходящиеся на заработную плату работников;

$k1$ – коэффициент, учитывающий увеличение затрат в связи с горно-геологическими условиями и продлением срока службы подземного сооружения;

$k2$ – коэффициент, учитывающий увеличение эксплуатационных затрат в связи с увеличением глубины работ.

Рассмотрим пример использования данной модели со следующими условными данными. Исходя из условия, что предприятием было выделено \$250.000 на внедрение нового производства. Плановым отделом были рассчитаны следующие значения, представленные в таблице 1.

Таблица 1

Условные данные для решения оптимизационной задачи

№ п/п	Обозначение	Наименование показателя	Значение, тыс. \$
1	2	3	4
1.	C1	Затраты на проектирование нового производства	30.00
2.	C2	Затраты на освоение нового производства	120.85
3.	C3	Затраты на эксплуатацию нового производства	128.47
4.	R	Доходы от эксплуатации нового освоенного производства	1,000.00
5.	L	Затраты, связанные с преодолениями последствий «мокрой» ликвидации шахты	1,000.00
6.	n	Количество работников принятых на новое производство	50.00
7.	N	Количество работников уволенных при закрытии шахты	50.00
8.	S	Затраты, связанные с преодолениями социальных последствий ликвидации шахты	84.38

Произведем поиск оптимального решения условной задачи при помощи функции Excel «Поиск решения». Мы видим, что сумма расходов равна 279.320 \$. Поэлементное представление расходов в свою очередь, представлено следующими показателями:

Оптимизируемые затраты по элементам	C1	C2	C3
Материальные расходы	\$ -	\$ 10,00	\$ 15,00
Прочие расходы	\$ 30,00	\$ -	\$ -
Общепроизводственные расходы	\$ -	\$ 50,00	\$ 50,00
Оплата труда	\$ -	\$ 35,00	\$ 37,00
Амортизационные отчисления	\$ -	\$ 15,00	\$ 15,00
Единый социальный взнос	\$ -	\$ 10,85	\$ 11,47
Итого Себестоимость	\$ 30,00	\$ 120,85	\$ 128,47

Рис. 1 – Поэлементное представление расходов до оптимизации

Рентабельность затрат будет равна \$280, рентабельность выручки – \$3580. Что в свою очередь нам говорит о том, что на \$1000 дохода приходится \$280 расходов и на \$1000 расходов - \$3580 доходов.

Необходимо оптимально перераспределить сумму расходов, которую готово понести предприятие с наименьшими потерями. С помощью функции «Поиск решения» мы получаем следующие значения:

Оптимизируемые затраты по элементам	C1	C2	C3
Материальные расходы	\$ -	\$ 7,70	\$ -
Прочие расходы	\$ 30,00	\$ 1,32	\$ 0,47
Общепроизводственные расходы	\$ -	\$ 47,56	\$ 47,42
Оплата труда	\$ -	\$ 31,66	\$ 33,64
Амортизационные отчисления	\$ -	\$ 15,00	\$ 15,00
Единый социальный взнос	\$ -	\$ 9,81	\$ 10,43
Итого Себестоимость	\$ 30,00	\$ 113,05	\$ 106,95

Рис. 2 – Поэлементное представление расходов после оптимизации

Решение оптимизационной задачи показало, что для сохранения оптимальности плана, но со снижением суммы расходов целесообразнее будет использовать способ внедрения нового производства не своими силами, а смешанный, с использованием сил подрядных организаций. Для экономии использование материальных ресурсов можно рассмотреть вариант повторного использования материалов. Для снижения значения параметра «заработная плата» необходимо повысить производительность труда рабочих, занятых освоением и эксплуатацией нового производства. А вместе со снижением заработной платы снизится и единый социальный взнос.

Так же мы видим, что в результате решения оптимизационной модели рентабельность расходов снизилась на \$30 с каждой тысячи доходов, а рентабельность выручки поднялась на \$420 с каждой тысячи расходов, что, безусловно, говорит о том, что оптимизация расходов по данной модели благосклонно влияет на перераспределение суммы запланированных расходов.

Рассмотрим отчеты по устойчивости и результаты.

Ячейки переменных

Ячейка	Имя	Окончательное Приведенн.	
		Значение	Градиент
\$K\$15	Материальные расходы C2	7,696131868	0
\$L\$15	Материальные расходы C3	0	0
\$K\$16	Прочие расходы C2	1,319243077	0
\$L\$16	Прочие расходы C3	0,46907931	0
\$K\$17	Общепроизводственные расходы C2	47,56181722	0
\$L\$17	Общепроизводственные расходы C3	47,42031796	0
\$K\$18	Оплата труда C2	31,656455	0
\$L\$18	Оплата труда C3	33,63622406	0

Рис. 3 – Отчет об устойчивости

Мы видим, что все заданные ограничения были выполнены, а отсутствие приведённого градиента говорит, что при включении в план параметра, который не предлагает оптимизационная модель в значительной степени значение целевой функции (в данном случае суммы расходов) изменено не будет.

Отчет о результатах, приведенный на рисунке 4, доказывает результаты исследований многих ученых, занимавшихся проблемами ликвидации угледобывающих предприятий, а именно то, что наиболее важной и значительной составляющей в общей сумме расходов будут параметры, отвечающие за устранение социально-экономического аспекта.

Ограничения

Ячейка	Имя	Значение ячейки	Формула	Состояние	Допуск
\$E\$10	Условия неотрицательности параметров Левая часть	30,00	$\$E\$10 \geq \$G\10	Без привязки	30,00
\$E\$11	Левая часть	113,05	$\$E\$11 \geq \$G\11	Без привязки	113,05
\$E\$12	Левая часть	106,95	$\$E\$12 \geq \$G\12	Без привязки	106,95
\$E\$13	Условие при котором оптимизируемые параметры будут меньше плановых Левая часть	30,00	$\$E\$13 \leq \$G\13	Привязка	0
\$E\$14	Левая часть	113,05	$\$E\$14 \leq \$G\14	Привязка	0
\$E\$15	Левая часть	106,95	$\$E\$15 \leq \$G\15	Привязка	0
\$E\$16	Безубыточность производства Левая часть	250,00	$\$E\$16 \leq \$G\16	Без привязки	750,000001
\$E\$7	Сравнительная рентабельность Левая часть	337,53	$\$E\$7 \leq \$G\7	Без привязки	662,4743495
\$E\$8	Сравнительная стоимость затрат, связанных с выбором способа ликвидации Левая часть	367,53	$\$E\$8 \leq \$G\8	Без привязки	632,4743495
\$E\$9	Социально-экономический аспект привлечения к новому производству уволенных при ликвидации работников Левая часть	1,51	$\$E\$9 \geq \$G\9	Привязка	0,00
\$F\$3	Целевая функция ЦФ	\$ 250,00	$\$F\$3 = 250$	Привязка	0
\$K\$18	Оплата труда С2	\$ 31,66	$\$K\$18 \geq \$C\30	Без привязки	\$ 1,66
\$L\$18	Оплата труда С3	\$ 33,64	$\$L\$18 \geq \$C\30	Без привязки	\$ 3,64

Рис.4 – Отчет об устойчивости

Таким образом, анализ состояния горных выработок закрывающихся угольных шахт, для оценки их повторного использования, будет проводиться в несколько этапов в следующей последовательности:

- выбор вариантов повторного использования горных выработок,
- рассмотрение шахтной сети выработок и выбор тех, которые технически пригодны по выбранному направлению использования,
- изучение влияния окружающей геологической среды на выбранные выработки, оценка их по устойчивости, глубине заложения, увеличению срока службы,
- изучение состояния горных выработок в части необходимости их ремонта и переоборудования под новое производство с учетом выбранного направления повторного использования,
- экономическая оценка выбранного направления и места (отобранные в процессе анализа горные выработки) повторного использования подземного пространства угольной шахты по принципу «минимизации издержек». То есть самоокупаемости проекта, с целью оправдать «сухую» или комбинированную консервацию шахты и сохранить часть фонда рабочих мест.

Мировой опыты использования подземного пространства, который не принимает участие в добыче угля, говорит о том, что внедрение подобных технологий возможно и в странах Восточной Европы и Азии. Горные выработки, у которых нет перспектив в возможной дальнейшей эксплуатации по прямому назначению, можно использовать для складирования бытовых и промышленных нетоксичных отходов.

Необходимым условием так же является анализ, прогноз и оценка частью системы маркшейдерского мониторинга угледобывающего предприятия, которое в дальнейшем может быть использовано для многоцелевого назначения [с.15-18,7].

В итоге можно сделать вывод о технической сложности и, зачастую, экономической нецелесообразности размещения производств по выпуску промышленной продукции в горных выработках, однако, хотя и существуют противоречия по повторному использованию

шахт, не решенные на данный момент, мы предлагаем следующую концепцию вторичного использования подземного пространства, которая предполагает несколько этапов, представленных на рисунке 5:

- на первом этапе производится инвентаризация и систематизация всех горных выработок;
- на втором – производится отбор выработок перспективных для размещения в них объектов народного хозяйства;
- на третьем – выработки классифицируются по основным направлениям использования и оцениваются по специфическим требованиям объектов размещаемых в такого рода выработках.

А представленная экономико-математическая модель позволяет выбрать оптимальный вариант повторного использования подземного пространства закрывающейся шахты согласно представленной стратегии определения оптимального плана.

Следует отметить, что использование данной модели не должно быть авторитетным при принятии решения о повторном использовании подземного пространства, а выполняет лишь опорную функцию для планового и технического отделов.

Вместе с использованием оптимизационной модели, построенной на представленной стратегии, можно получить достаточно хорошие результаты по рентабельности использования нового производства.

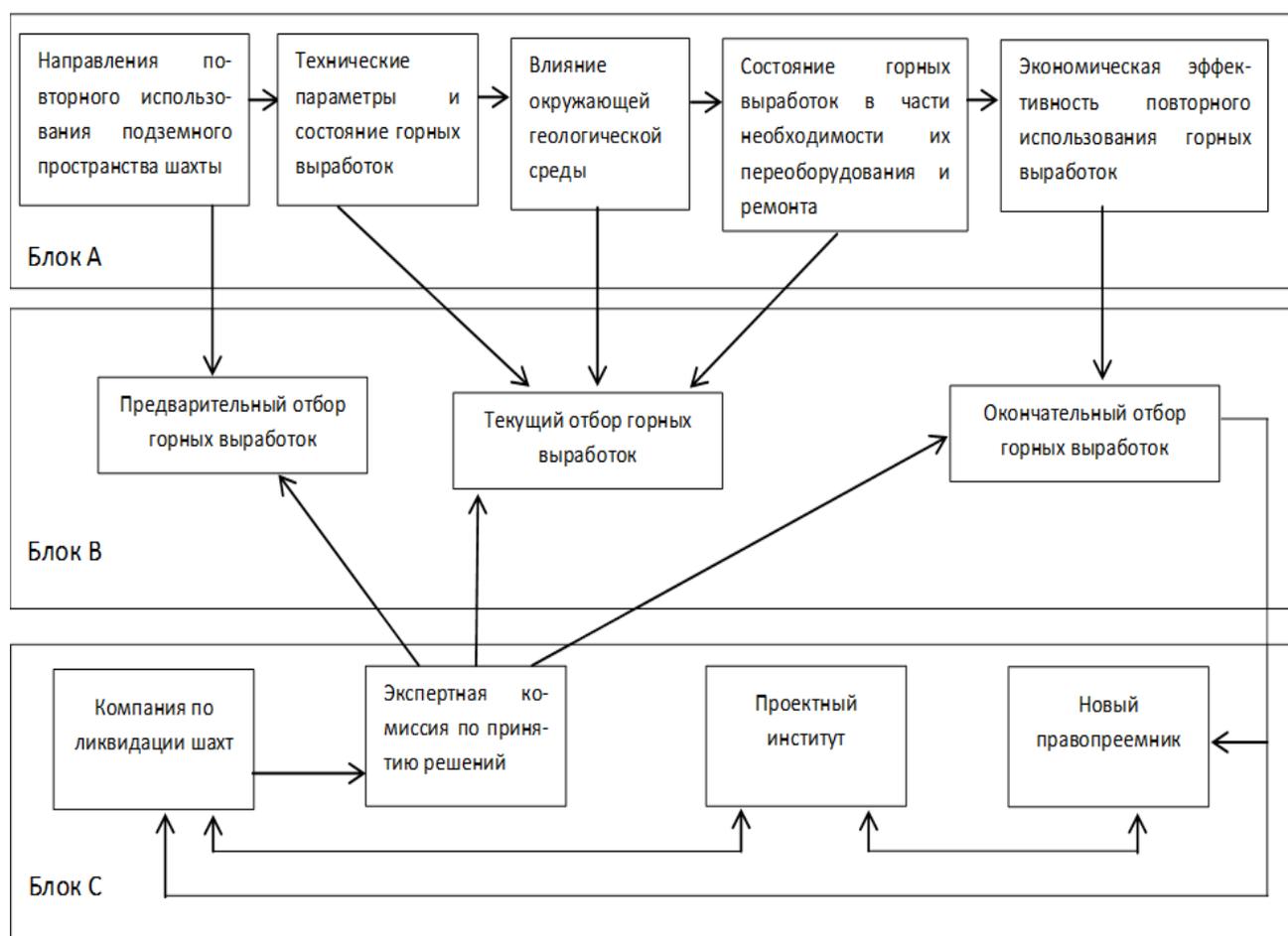


Рис. 5 – Блок-схема стратегии вторичного использования подземного пространства

Вывод. Исходя из вышеперечисленного, можно сделать вывод, что закрытие шахты является дорогостоящим, длительным и трудным процессом со многими сопутствующими

факторами. Однако, даже от закрываемой шахты можно получать экономические выгоды, позволяющие минимизировать затраты на ликвидацию предприятия. Например, для производства электроэнергии или для создания специальных хранилищ. Используя разработанную экономико-математическую модель, при помощи функции Excel «Поиск решения», можно рассчитать экономическую целесообразность и подобрать оптимальный вариант повторного использования подземного пространства ликвидируемой шахты. Отчеты по решению оптимизационной модели помогут проанализировать полученную модель и усовершенствовать ее.

Библиографический список

1. Панишко А.И., Проблемы ликвидации предприятий угольной промышленности и пути их решения// Уголь Украины.– 2009. – №12, с.3-5
2. Соренков В.М., Недолужко В.Н., Бегичева Т.В. К вопросу ликвидации шахт Центрального района Донбасса// Уголь Украины. – 2012. – №2, с.31-35
3. Макаров А.А., Шевцов Н.Р., Новые технологии ликвидации объектов закрываемых угольных шахт// Уголь Украины. – 2002. – №12, с.28-31
4. Безпфлюг В.А., Дурнин М.К., Сравнительная экономическая оценка различных технологий утилизации шахтного метана// Уголь.– 2007. – №12, с.59-60
5. Кузнецов А.С., Почему не применяется водоугольное топливо в Украине?// Уголь Украины. – 2012. – №3, с.40-43
6. Головнева Е.Е., Усовершенствование организационных и нормативных документов в условиях реструктуризации угольной промышленности Украины [Электрон.ресурс]: офиц.сайт – Электрон.дан. – Режим доступа: <http://masters.donntu.org/2002/ggeo/golovneva/diss/refer.htm> – Загл. с экрана
7. Левкин Ю. М. Факторы определяющие целесообразность многоцелевого использования подземного пространства угольных шахт // ГИАБ. 2004. №2.