

ТЕХНОЛОГИЯ, СПОСОБЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОТРАБОТКИ УГОЛЬНЫХ ЦЕЛИКОВ

*Гаращенко Ж.М., Габов В.В., Прялухин А.Ф.
Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург*

Ключевые слова: уголь, пласт, шахта, целик, выемка, транспортирование, конвейер.

Аннотация. Практически все активно используемые технологии подземной добычи угля сопровождаются обустройством различного вида и назначения целиков: предохранительных, барьерных, охранных и пр. В них сосредоточено до 30% балансовых запасов. Извлечение угля из целиков в пределах шахтного поля, находящихся, как правило, в разных горно-геологических условиях, осложнено по множеству причин: нет апробированных технологий и соответствующих технических средств, нет специально подготовленных, оборудованных транспортными и другими техническими средствами, вспомогательных и вентиляционных выработок и др. Но основные причины заключаются в том, что нет отработанных технологий и соответствующих унифицированных, мобильных технических средств, которые можно было бы эффективно использовать для отработки целиков в разных горно-геологических и технологических условиях действующих шахт. В статье рассматриваются актуальность, требования к технологиям и техническим средствам отработки угольных целиков и других малых участков по восстанию.

TECHNOLOGY, METHODS AND TECHNICAL MEANS OF EXTRACTING COAL PILLARS

*Garashchenko Zh.M., Gabov V.V., Pryaluhin A.F.
Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg*

Keywords: coal, seam, mine, pillar, excavation, transportation, conveyor.

Abstract. Practically all actively used technologies of underground coal extraction are accompanied by the arrangement of various types and purposes of pillars: safety, barrier, protective, etc. Up to 30% of the balance reserves are concentrated in these pillars. Extraction of coal from pillars within the mine field, which, as a rule, is located in different mining and geological conditions, is complicated for many reasons: there are no tested technologies and appropriate technical means, there are no specially prepared, equipped with transport and other technical means, auxiliary and ventilation mine workings, etc. But the main reasons are the lack of tested technologies and appropriate unified, mobile technical means, which can be effectively used for pillar extraction in various mining, geological and technological conditions of operating mines. This article discusses the relevance, requirements to technologies and technical means of mining pillars and other small areas of uprising.

Введение. Устойчивая тенденция первоочередной отработки запасов в благоприятных горно-геологических условиях (ГГУ), определяемая совокупностью технико-экономических и технологических причин, приводит к некоторым отклонениям в системности отработки запасов: к выемке угля по временным схемам, к формированию целиков, к увеличению объёма не извлекаемых полезных ископаемых. В целиках, по данным д.т.н. Валиева Н.Г. [1], законсервировано более 30 % от общих балансовых запасов угля. Даже частичное их извлечение актуально для многих шахт и угольной отрасли в целом. Тем более, что неотработанные вовремя целики и другие малые участки при погашении выработок, как правило, пополняют общешахтные потери [2]. Рачительное отношение к невозобновляемым твердым полезным ископаемым является заботой об обеспеченности ресурсами будущих поколений и относится к важным государственным задачам [3, 4].

Основная часть

Практически все активно используемые на сегодняшний день технологии подземной добычи угля сопровождаются обустройством различного вида и назначения целиков: предохранительных, барьерных, охранных (см. рис. 1) и пр. [5-7]. По А.А. Борисову [8]

целики можно классифицировать по различным признакам (см. рис 2.): по горно-геологическим условиям, по назначению, по объему угля в целиках и геометрическим размерам, по структуре, по месту и расположению в пределах шахтного поля, технологической готовности к отработке, по условиям вентиляции и транспортирования угля, доставки материалов и безопасности горных работ.

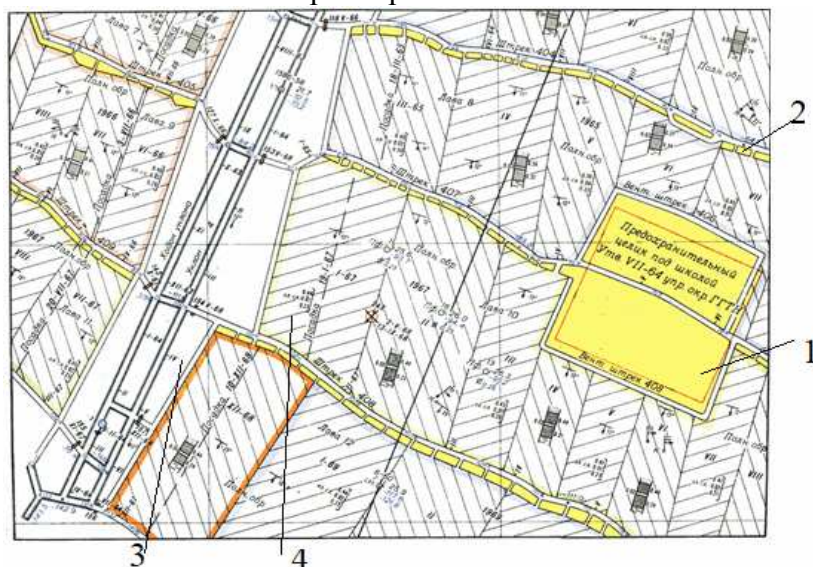


Рис. 1. Выкопировка из плана горных работ: 1 – предохранительный целик под наземным объектом; 2 – штрековые целики; 3 – предохранительные целики уклонов; 4 – отработанные участки



Рис. 2. Классификация целиков

По мере отработки выемочных участков ГГУ изменяются в широком диапазоне [9] по углу залегания (по падению, по простиранию пласта), месту нахождения целика в пределах шахтного поля, по прочностным свойствам пласта [10] и боковых пород, водо- и

газообильности горного массива и т.д. Появляется необходимость применения специальных способов отделения угля от массива [11], или их корректировки, управления кровлей, выемки и транспортирования угля. Однако, многообразие и диапазон изменений условий и системность их влияния на интенсивность процесса добычи часто не оцениваются в должной мере. Первоочередной задачей является определение диапазона изменений условий, разделение этих условий на группы и выделение групп, в которых могут быть использованы наиболее освоенные и эффективные технологии и технические средства.

В зависимости от технологических условий шахты каждый из целиков целесообразно отрабатывать в определенный период развития горных работ шахты [12]. Следовательно, наиболее крупные целики и целики по границам шахтного поля необходимо включать в общий план развития горных работ шахты [13], учитывая при этом состояния транспортных, вентиляционных выработок и наличие средств доставки.

Рассмотрим требования к технологиям и техническим средствам отработки целиков (см. рис. 3) при разработке наклонных угольных пластов средней мощности с дегазированными боковыми породами. Их можно разделить на три обособленные группы: требования к способам, к технологиям и к техническим средствам отработки целиков.

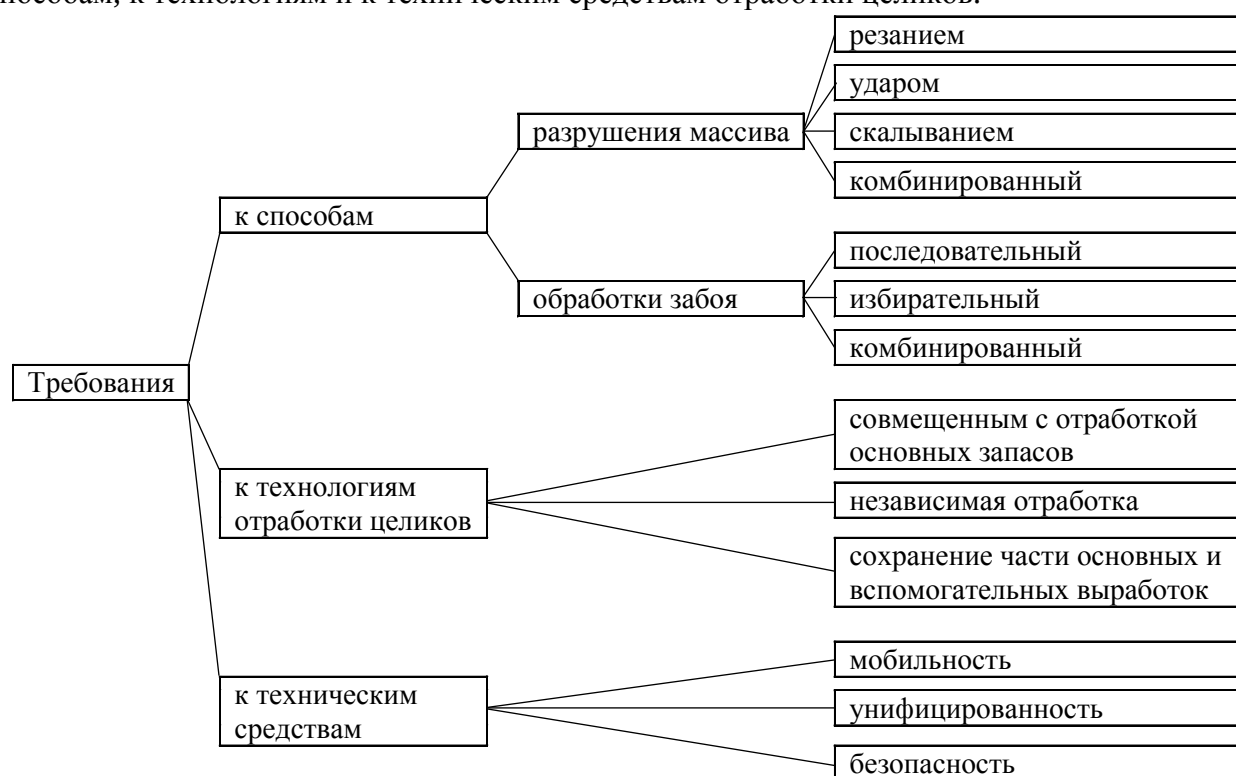


Рис. 3. Классификация требований к способам, технологиям и техническим средствам отработки целиков

Требования к способам разрушения массивов при отработке целиков можно разделить по их прочностным свойствам:

- по угля, слабым и средней крепости породам наиболее эффективно резание;
- для разрушения крепких пород целесообразно использовать комбинированный способ – статико-динамический;
- при разрушении весьма крепких пород эффективен ударно-скалывающий способ [14].

Способ обработки забоя исполнительным органом выемочной машины может быть последовательным, избирательным или комбинированным и зависит от структуры и прочностных свойств массива, от параметров структурных элементов и параметров исполнительных органов. Способ обработки забоя включает операции: определение способа воздействия на массив, места зарубки, направлений отбойки и последовательность обработки забоя.

Технология отработки целиков и других малых участков должна быть:

- согласованной с технологией отработки основных запасов;
- независимой и не осложняющей ведение других горных работ;
- использующей существующие основные и вспомогательные выработки;
- безопасной при ведении горных работ.

Технические средства должны быть выполнены:

- блочными и унифицированными по конструктивному исполнению;
- мобильными в использовании, то есть обеспечивать, удобство доставки, монтажа и демонтажа и возможность использования в разных условиях;
- безопасными в использовании при ведении горных работ.

Рассмотрим вариант отработки по восстанию ленточных охранных целиков уклона (рис.1) [15] с углом залегания до 35° , шириной $B_{\min} - B_{\max}$ с запасами V_u . Объем запасов может быть определен по формуле:

$$V_u = \sum B_i \cdot L_i \cdot m, \quad (1)$$

где B_i – ширина целика, м; L_i – длина целика, м; m – мощность пласта, м.

Технические средства выемки, транспортировки угля и способы соответствующие требованиям (рис. 3), представлены на схеме (рис. 4). Для отделения угля из целиков с переменной шириной приняты унифицированные выемочные модули (УВМ), так как изменением количества модулей в забое можно обеспечивать выемку целика с переменной шириной. УВМ обеспечивают:

- использование способов разрушения, соответствующие крепости пород;
- унифицированность конструкций;
- управление горным давлением и поддержание кровли одновременно с выемкой;
- и допускают одновременную выемку, транспортировку, погрузку угля и зачистку почвы забоя;

- безопасный проход для людей.

Производительность выемочного модуля равна:

$$Q_m = 3600 \cdot h \cdot \bar{t} \cdot \gamma \cdot n_{u.o} \cdot V_{ск.p} \cdot K_{тех.м}, \quad (2)$$

где $\bar{t}$ – средняя ширина среза или скола, м;

h – максимальная толщина среза или скола, м;

γ – плотность угля, т/м³;

$n_{u.o}$ – количество исполнительных органов УВМ;

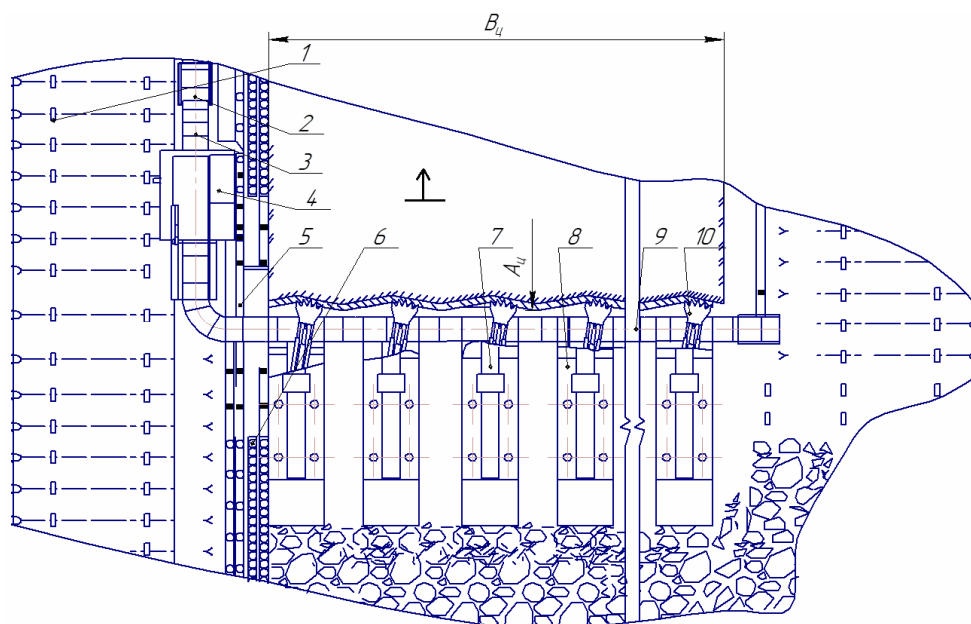
$V_{ск.p}$ – скорость резания, м/с;

$K_{тех.м}$ – коэффициент технического использования унифицированных выемочных модулей, учитывает время вспомогательных операций.

Производительность выемочного комплекса равна сумме производительностей модулей с учетом степени совместимости их работы по добыче.

Для осуществления транспортировки угля из забоя принимается изгибающийся забойный скребковый конвейер. Фронтальная передвижка конвейера обеспечивается гидроцилиндрами УВМ со средней скоростью, равной средней скорости подвигания очистного забоя. В зависимости от интенсивности отработки целика возможно использование в качестве средств транспорта: скребкового конвейера, ленточного конвейера или вагон-перегрузателя. Для эффективного управления горным давлением, поддержания кровли, перемещения комплекса, обеспечения безопасности и технологичных условий отработки в выработке принимается щитовая механизированная крепь, состоящая из унифицированной секции гидрофицированной крепи [16]. Для обеспечения безопасности работ в призабойной зоне в процессе отработки целика предусматривается установка дополнительной крепи: анкерной [17], органной, контурной (рис. 4) и пр.

Необходимо, чтобы паспорт горных работ по отработке целика включал мероприятия по безопасности ведения горных работ.



1 – анкерное крепление; 2 – самоходный вагон; 3 – перегружатель скребковый; 4 – приводная станция конвейера; 5 – органная крепь; 6 – контурная крепь; 7 – направляющая стопорная балка; 8 – основание крепи; 9 – скребковый конвейер; 10 – исполнительный орган унифицированного выемочного модуля

Рис. 4. Вариант схемы размещения оборудования в забое при отработке целика по восстанию

Выводы

1. До настоящего времени нет отработанных технологий и технических средств для выемки целиков и других малых участков.
2. Большие запасы угля в целиках обуславливают необходимость разработки технологий и техники для их отработки.
3. Технические средства должны быть унифицированы по исполнению и мобильны по использованию.
4. Необходимо провести классификацию целиков по группам их возможной отработки совместно с основной выработкой запасов.

Список литературы

1. Валиев Н.Г., Беркович В.Х., Пропп В.Д., Кокарев К.В. Проблемы отработки предохранительных целиков при эксплуатации рудных месторождений // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2018. – № 2. – С. 4-9. – DOI: 10.21440/0536-1028-2018-2-4-9.
2. Аленичев В.М., Борисков Ф.Ф., Аленичев М.В. К вопросу о классификации потерь полезных ископаемых в современных условиях недропользования // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2009. – №12. – С. 9-17.
3. Макаров И. Уголь – есть ли перспективы? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.acra-ratings.ru/research/2324>.
4. The future of coal, an interdisciplinary mit study [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://web.mit.edu/coal/>
5. Бакуменко С.В., Кузьмин С.В., Демехин Д.Н., Власенко Д.С. К вопросу о размерах охранных целиков у горных выработок на подработанных пластах (состояние вопроса) // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2015. – №7. – С. 11-16.
6. Оглоблин Д.Н. Маркшейдерское дело: Учебник для вузов. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Недра, 1981. – 704 с.
7. Проскурин В.В. Влияние предохранительных целиков на устойчивость подъемных стволов и на выбор места заложения их при вскрытии месторождений с мощными крутопадающими пластами на больших глубинах // Известия Томского политехнического университета. – 1956. – №84. – С. 55-63.
8. Борисов А.А. Механика горных пород и массивов. – М.: Недра, 1980. – 360 с.
9. Кацубин А.В., Федотов А.А. Систематизация горно-геологических условий угленасыщенных и безугольных зон разрезов Кузбасса // Техника и технология горного дела. – 2019. – №3. – С. 60-75. – DOI: 10.26730/2618-7434-2019-3-60-75.
10. Гребёнкин А. Система разработки угольных пластов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pandia.ru/text/82/070/56760.php>.
11. Жаров А.И. Закономерности геомеханических процессов при бесцеликовых технологических схемах. – М.: Изд-во Моск. гос. горного ун-та, 2007. – 41 с.

12. Тихонов А.В. Обоснование проектных решений по отработке запасов угольных целиков различного функционального назначения: автореф. дисс. ... канд. техн. наук. – М., 2011. – 26 с.
13. Миронов К.В. Справочник геолога-угольщика. – М.: Недра, 1991. – 365 с.
14. Нескормных В.В. Разрушение горных пород при проведении геологоразведочных работ: учеб. пособие. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2015. – 396 с.
15. Отработка целиков у штреков и уклонов, расположенных среди отработанных пространств [Электронный ресурс]. – Режим доступа: fccland.ru/gornye-udary/3125-otrabotka-celikov-u-shtrekov-i-uklonov-raspolozhennyh-sredi-otrabotannyh-prostranstv.html
16. Чернышов А.В. Проходка выемочного штрека с опережающей короткой лавой // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2014. – № 7. – С. 33-37.
17. 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 ТулГУ. Естественные науки. – 2012. – №1-2. – С. 168-175.

References

1. Valiev N.G. G., Berkovich V.Kh., Propp V.D., Kokarev K.V. Problems of mining safety pillars during exploitation of ore deposits // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal. 2018, no. 2, pp. 4-9. DOI: 10.21440/0536-1028-2018-2-4-9.
2. Alenichev V.M., Boriskov F.F., Alenichev M.V. On the classification of mineral losses in modern conditions of subsoil use // Mining information and analytical bulletin. 2009, no. 12, pp. 9-17.
3. Makarov I. Coal – is there a prospect? [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.acra-ratings.ru/research/2324>.
4. The future of coal, an interdisciplinary mit study [Electronic resource]. – Access mode: <https://web.mit.edu/coal/>
5. Bakumenko S.V., Kuzmin S.V., Demekhin D.N., Vlasenko D.S. On the size of protective pillars at mine workings on undermined strata (state of the art) // Mining information and analytical bulletin. 2015, no. 7, pp. 11-16.
6. Ogloblin D.N. Mine surveying: Textbook for universities. – 3rd edition, revised and supplemente. – М.: Nedra, 1981. – 704 p.
7. Proskurin V.B. Effect of safety pillars on the stability of lifting shafts and the choice of location them when opening deposits with powerful steeply falling layers at great depths // News of Tomsk Polytechnic University. 1956, no. 84, pp. 55-63.
8. Borisov A.A. Mechanics of rocks and massifs. – М.: Nedra, 1980. – 360 p.
9. Katsubin A.V., Fedotov A.A. Systematization of mining and geological conditions of coal-saturated and coal-free zones of Kuzbass sections // Technics and Technology of Mining. 2019, no. 3, pp. 60-75. DOI: 10.26730/2618-7434-2019-3-60-75.
10. Grebenkin A. Coal seam development system [Electronic resource]. – Access mode: <http://pandia.ru/text/82/070/56760.php>.
11. Zharov A.I. Regularities of geomechanical processes in targetless technological schemes. – М.: Publ. house of Moscow State Mining University, 2007. – 41 c.
12. Tikhonov A.V. Justification of design solutions for mining of coal pillars reserves of various functional purposes: Abstract diss. ... cand. of tech. sc., 2011. – 26 p.
13. Mironov K.V. Handbook of geologist-coal miner. – М.: Nedra, 1991. – 365 p.
14. Nesokromnykh V.V. Destruction of rocks during geological exploration: textbook. – Krasnoyarsk: Siberian Federal University, 2015. – 396 p.
15. Excavation of pillars at drifts and slopes located among worked-out spaces [Electronic resource]. – Access mode: fccland.ru/gornye-udary/3125-otrabotka-celikov-u-shtrekov-i-uklonov-raspolozhennyh-sredi-otrabotannyh-prostranstv.html.
16. Chernyshov A.V. Mine drifting with advancing short face // Mining Information and Analytical Bulletin (scientific and technical journal). 2014, no. 7, pp. 33-37.
17. Sarychev V.I., Shestakov S.I., Zhukov S.S., Kharlamov A.E. Systems of development of limited reserves on the basis of short faces and anchoring of mined-out spaces // Proceedings of Tula State University. Natural Sciences. 2012, no. 1-2, pp. 168-175.

Сведения об авторах:

Information about authors:

Гарашенко Жанна Макимовна – аспирант	Garashchenko Zhanna Maksimovna – graduate student
Габов Виктор Васильевич – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры машиностроения	Gabov Victor Vasilievich – candidate of technical sciences, professor, professor of Department of mechanical engineering
Прялухин Алексей Федорович – кандидат технических наук, доцент кафедры машиностроения	Pryalukhin Alexei Fedorovich – candidate of technical sciences, associate professor of Department of mechanical engineering
zhanna.chertik@gmail.com	

Получена 02.06.2022