

PACS: 62.20F, 91.10.Kg

А.О. Новиков¹, И.Н. Шестопапов¹, В.Г. Лепешкин²

О СОСТОЯНИИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК НА ШАХТАХ ГП «ДУЭК» И ПУТЯХ ЕГО УЛУЧШЕНИЯ

¹Институт физики горных процессов, Донецк

²ГП «Донецкая угольная энергетическая компания»

Статья поступила в редакцию 3 июля 2020 года

Приведены результаты обследования состояния горных выработок, поддерживаемых на шахтах ГП «Донецкая угольная энергетическая компания». Проанализировано состояние различных видов выработок с учетом применяемых конструкций крепи. Описаны характерные виды деформаций крепи в условиях шахт ГП «ДУЭК». Намечены возможные пути решения проблемы повышения длительной устойчивости выработок.

Ключевые слова: горная выработка, устойчивость, эксплуатационное состояние, неудовлетворительное состояние, методика обследования, характерные деформации крепи, мероприятия по повышению устойчивости

Введение

Угольная промышленность – ведущая отрасль народного хозяйства ДНР, основа его экономической безопасности. Устойчивое развитие угледобычи в сложных горно-геологических условиях неразрывно связано с необходимостью проведения, крепления и содержания в устойчивом состоянии больших объемов горных выработок, что уже многие десятилетия составляет сложнейшую научную и производственную проблему [1]. Несмотря на достигнутые учеными и производственниками значительные успехи в горной геомеханике по изучению закономерностей проблем горного давления, прогнозированию устойчивости горных выработок различного назначения, разработке способов и средств, направленных на обеспечение длительной устойчивости выработок, проблема далека от своего окончательного решения.

Особенно обострена эта проблема на шахтах Донбасса, где в связи с усложнением горно-геологических условий отработки шахтопластов протяженность выработок, находящихся в неудовлетворительном состоянии, ежегодно увеличивается. При этом ремонтируется не более 30–40% протяженности таких выработок [2,3].

Основным способом обеспечения нормального эксплуатационного состояния выработок на шахтах остается их периодический ремонт (перекреп-

ление и подрывка почвы). Его обычно выполняют при отсутствии требуемых Правилами безопасности [4] зазоров между транспортными средствами и крепью, а также при нарушениях эксплуатационного режима, оговоренных в Правилах технической эксплуатации [5]. Проведение ремонта усложняет работу добычных участков, снижает общую безопасность горных работ, требует для их выполнения значительного количества рабочих-крепильщиков, повышает себестоимость и трудоемкость добычи угля. Кроме того, практически все операции при перекреплении выработок (установка усиливающей крепи, разборка затяжки, выпуск и погрузка породы, установка временной крепи, демонтаж и монтаж крепежных рам и т.п.) не механизированы.

В этой связи являются актуальными исследования, направленные на разработку новых, малозатратных, ресурсосберегающих инновационных технологий обеспечения длительной устойчивости выработок без проведения работ по их расширению до проектных размеров и замене крепи. Цель работы – обосновать необходимость таких исследований.

Объектом исследования являются поддерживаемые на шахтах горизонтальные (штреки) и наклонные (бремсберги, уклоны, ходки) горные выработки, а предметом – характерные деформации крепи в этих выработках, позволяющие обосновать возможность обеспечения их длительной устойчивости без проведения работ по перекреплению.

1. Анализ состояния горных выработок на шахтах ГП «ДУЭК»

В 2018–2020 гг. авторами статьи было проведено обследование состояния горных выработок шахт ГП «ДУЭК», которые характеризуются следующими горно-геологическими условиями: глубина заложения выработок 600–1300 м, прочность вмещающих пород 30–70 МПа, угол падения пластов 12–18°. Эти шахты отличаются высокими (от 25000 руб./м в год – шахта им. Челюскинцев) затратами на поддержание выработок. По данным маркшейдерской службы ГП «ДУЭК», общая протяженность действующих выработок за последние пять лет существенно не изменилась и составила 135 км (в том числе по шахте им. Е.Т. Абакумова – 17.3 км, по шахте им. Челюскинцев – 28.2 км, по шахте им. А.А. Скочинского – 89.5 км). Данные о распределении выработок по их назначению и об объемах применения различных видов крепи в этих выработках представлены соответственно на рис. 1 и 2.

Обследование включало оценку как горно-технических (прочность вмещающих выработку пород, площадь поперечного сечения, вид крепи и ее состояние и др.), так и организационных факторов (вид контроля за состоянием выработок, организация ремонтной службы, технология ведения ремонта, качество работ по креплению и ремонту и др.). К деформированным были отнесены выработки и их участки, в которых ведутся работы по ремонту, а также выработки, состояние которых не соответствовало требованиям Правил безопасности [4] и Правил технической эксплуатации [5].

Как видно из данных, представленных в табл. 1, за последние 7 лет протяженность выработок, закрепленных металлической, сборной бетонной и

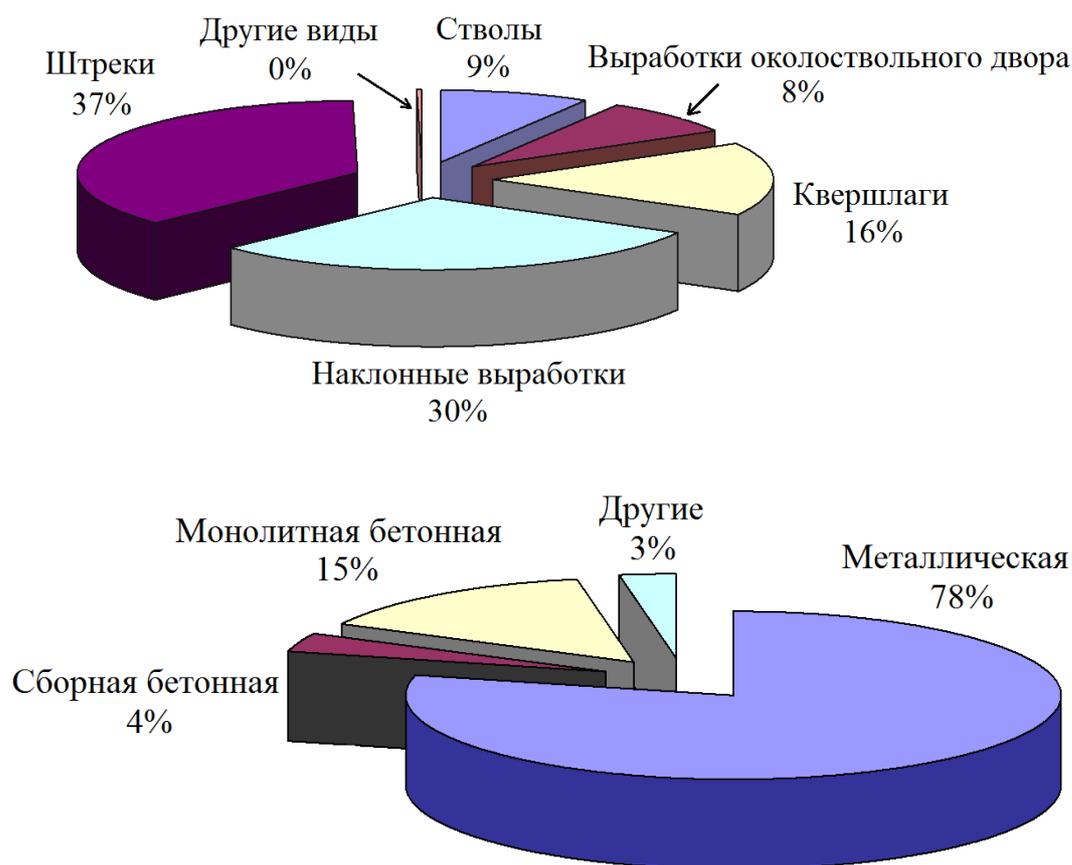


Рис. 1. Распределение выработок ГП «ДУЭК» по их назначению по состоянию на 2017 г., % от общей протяженности

Рис. 2. Объемы применения различных видов крепи в действующих выработках ГП «ДУЭК» по состоянию на начало 2020 г.

монолитной бетонной крепью, находящихся в неудовлетворительном состоянии, увеличилась соответственно на 5.5, 1.1 и 1.8%. В наихудшем состоянии находится металлическая арочная крепь, объем применения которой в основных подготовительных выработках наиболее высок. Причем каждый год ремонтируется на 1–2% больше выработок, закрепленных этой крепью. Рост удельного объема деформированной металлической податливой крепи объясняется прежде всего изменением горно-геологических и технических условий поддержания выработок (с 2014 по 2020 гг. средняя глубина ведения горных работ увеличилась на 60 м, а площадь поперечного сечения выработок – на 0.4 м²).

Проведенное обследование шахт по такому показателю, как протяженность деформированных участков крепи в выработках различного типа (табл. 2), свидетельствует о том, что в наихудшем состоянии находятся штреки – 53.6%, а также бремсберги, уклоны и ходки – 26.7%.

Таблица 1

Протяженность выработок, закрепленных различными видами крепи на шахтах ГП «ДУЭК», находящихся в неудовлетворительном состоянии (% от объема применения каждой из конструкций)

Год	Тип крепи			
	металлическая	сборная бетонная	монолитная бетонная	другие
2014	36.4	17.2	10.9	35.5
2017	39.2	18.3	12.9	29.5
2018	40.5	18.3	13.5	27.7
2019	42.2	18.3	12.5	27.0
2020	41.9	18.3	12.7	27.1

Затраты на их ремонт составляют соответственно 42 и 25% от общих затрат на ремонт горных выработок по шахтам. Затраты на поддержание подготовительных выработок, закрепленных металлической арочной податливой крепью, в зависимости от площади поперечного сечения и степени его деформации к моменту ремонта изменяются от 70 до 130% от стоимости их крепления, в среднем составляют около 50 тыс. руб./м и увеличиваются на 1–2% ежегодно [2].

Таблица 2

Данные о протяженности деформированных участков крепи в выработках различного типа на шахтах ГП «ДУЭК» (% от их протяженности)

Год	Типы выработок			
	околоствольные двory	квершлагy	уклоны, бремсберги	штреки
2014	8.0	13.9	26.2	51.9
2017	9.5	11.8	26.5	52.2
2018	9.5	12.4	25.6	52.5
2019	7.9	10.9	25.3	55.9
2020	8.9	10.8	26.7	53.6

Таблица 3

Результаты анализа наиболее характерных деформаций крепи в выработках шахт ГП «ДУЭК» (% от общей протяженности)

Год	Характерные направления деформаций крепи со стороны:			
	кровли и боков	кровли	боков	почвы
2014	17.7	8.3	49.1	24.9
2017	18.0	1.3	55.4	25.4
2018	22.4	1.3	51.7	24.6
2019	23.7	2.7	51.0	22.7
2020	20.5	3.8	52.6	23.1

Анализ наиболее характерных направлений деформаций крепи в выработках, находящихся в неудовлетворительном состоянии (табл. 3) свидетельствует о том, что за последние 7 лет наблюдается устойчивый тренд на увеличение протяженности участков с деформациями кровли и боков, почвы, а также боков. В этой связи с целью улучшения состояния выработок необходимо применять конструкции крепи с повышенной боковой податливостью, осуществлять мероприятия, снижающие боковые смещения, использовать способы, направленные на борьбу с пучением пород почвы.

2. Анализ наиболее характерных деформаций крепи в выработках шахт ГП «ДУЭК»

В ГП «ДУЭК» наиболее тяжелое состояние поддерживаемого фонда подготовительных и подготавливающих выработок сложилось на шахтах им. Челюскинцев и им. А.А. Скочинского. Так, по данным маркшейдерской службы, к началу 2020 г. на шахте им. Челюскинцев деформированы 44.9% уклонов и 29.8% штреков, а на шахте им. А.А. Скочинского – 19.5% уклонов и 67.8% штреков.

Представленные на рис. 3 данные свидетельствуют о том, что деформации крепей происходили:

– на шахте им. Челюскинцев: *в уклонах* в 61.4% случаев – со стороны кровли и боков выработок, в 33.1% – со стороны кровли (рис. 3, I, а); *в штреках* в 57.6% случаев – со стороны боков, в 26.1% – со стороны кровли и боков выработок (рис. 3, II, а);

– на шахте им. А.А. Скочинского: *в уклонах* в 70.4% случаев – со стороны боков выработок, в 28.3% – со стороны кровли и боков (рис. 3, I, б), *в штреках* в 52.7% случаев – со стороны боков выработок, в 25.6% – со стороны кровли и боков (рис. 3, II, б).

Преобладание в уклонах деформаций крепи от смещений пород кровли и боков отчасти объясняется сложными горно-геологическими условиями поддержания (большая глубина и слабые вмещающие породы) и особенностями формирования вокруг выработок зон разрушенных пород, а также соизмеримыми величинами вертикальных и боковых смещений, характерными для такого расположения выработок, относительно вмещающих пород [2].

В штреках (в боках которых залегают породы более слабые, чем в кровле и почве), подверженных непосредственному влиянию очистных работ, преобладают боковые смещения пород над вертикальными, что проявляется в характерных деформациях боковых элементов крепи, разрывах хомутов в замках и выдавливании пород почвы.

Обобщив данные анализа причин, вызвавших деформации выработок, в качестве основных можно выделить следующие:

– несоответствие технической характеристики крепей условиям их применения (40% случаев) (рис. 4);

– низкое качество производства работ по креплению и ремонту выработок

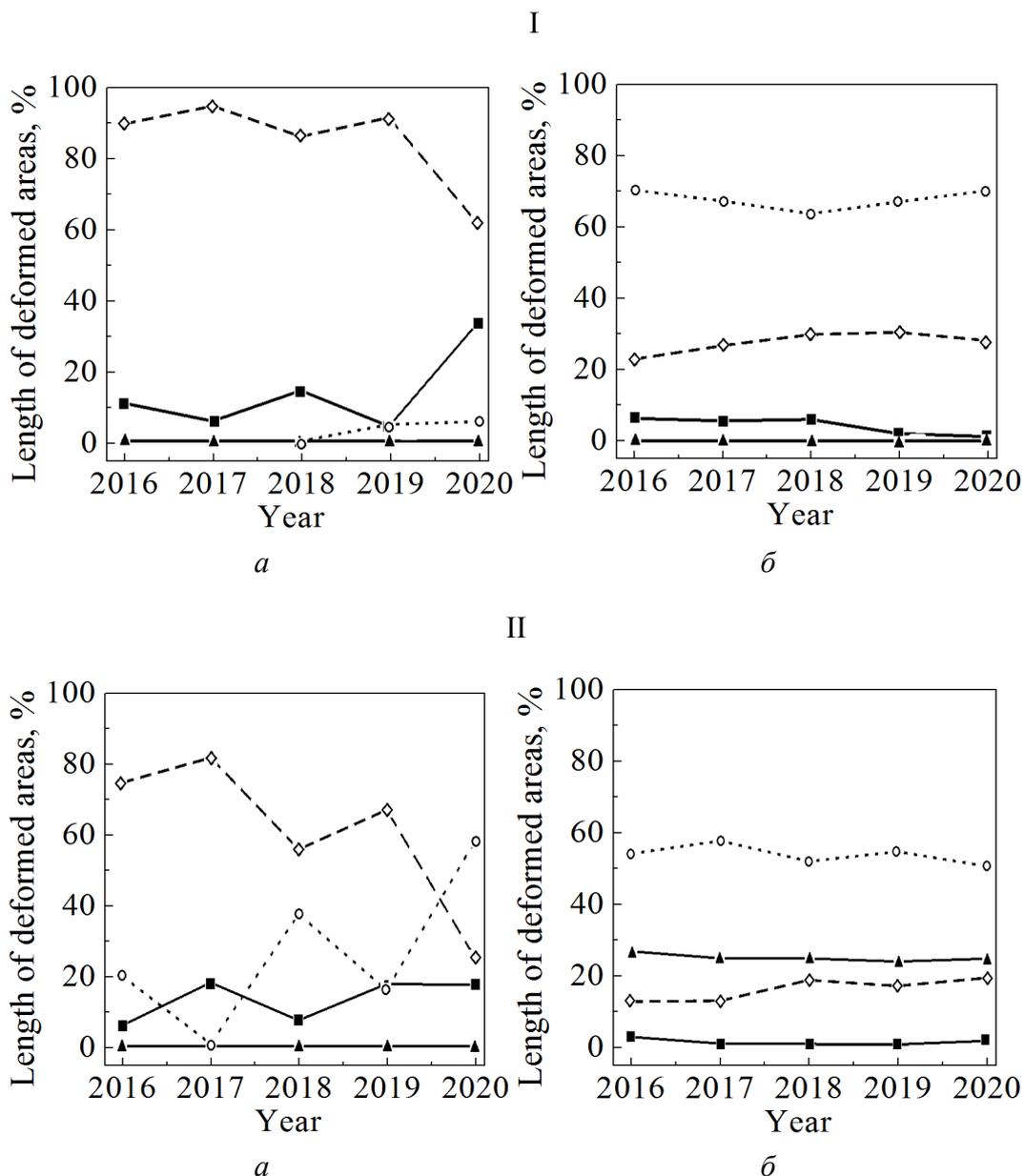


Рис. 3. Протяженности участков уклонов (I) и штреков (II) на шахте им. Челюскинцев (а) и шахты им. А.А. Скочинского (б) с деформациями кровли и боков (—◆—), кровли (—■—), боков (—○—) и почвы (—▲—), % от общей протяженности

(в том числе зафиксированное авторами в ходе замеров с помощью щупа по периметру крепи наличие пустот: в боках, на высоте от почвы выработки от 1 м до верхней части стойки (2–2,5 м) размеры пустот составляли 0.4–0.7 м, а по верхняку – 0.25–0.4 м). Это приводит к отсутствию контакта породного обнажения с крепью, что предопределяет характер развития нагрузки по периметру крепи. Кроме того, установленная таким образом в выработках крепь имеет несущую способность в 2–5 раз ниже от расчетной (рис. 5), в результате чего быстро деформируется (до 30% случаев);

– повторные нарушения установившегося равновесного состояния породного массива (рис. 6), вызванные ведением горных работ (15% случаев);

– непрекращающееся развитие смещений в пределах участков породного массива (рис. 7), вмещающего выработки (их участки), находящиеся под вышерасположенными целиками (15% случаев).



Рис. 4. Состояние квершлага № 10 на шахте им. Челюскинцев

Рис. 5. Деформации крепи 2-го восточного откаточного штрека шахты им. Челюскинцев

Ведение ремонта в выработках затрудняет работу добычных участков и шахты в целом (так, при ремонте в уклонах шахты им. Челюскинцев прекращается транспортировка полезного ископаемого со всех участков к скиповому стволу), усложняет работу шахтного транспорта, требует выдачи дополнительного объема породы из шахты, вынуждает привлекать к этим работам значительное количество рабочих-ремонтников (до 15% подземных рабочих), повышает себестоимость добываемого угля на 40–50%.



Рис. 6. Состояние ходка механической доставки 3-й ступени пласта k_8 шахты им. Челюскинцев

Рис. 7. Состояние ходка 1-й ступени шахты им. Челюскинцев

Выводы

1. Анализ результатов обследования показал, что неудовлетворительное состояние выработок при их эксплуатации объясняется тем, что контроль за состоянием выработок осуществляется недостаточно полно и своевременно, представляя собой констатацию фактического положения, выполняемую часто формально и с большими промежутками во времени. Как следствие, своевременно не выполняются локальные мероприятия по повышению устойчивости крепи (усиление, способы охраны, текущий ремонт и т.д.), которые позволили бы при незначительных материальных и трудовых затратах продлить межремонтный период в выработках, не доводя до дорогостоящего и трудоемкого капитального ремонта, связанного с необходимостью расширять выработки до проектных размеров. Кроме того, организация на шахтах службы непрерывного контроля за состоянием поддерживаемых выработок

позволила бы не только принимать соответствующие оперативные решения по обеспечению их длительной устойчивости, но и с высокой достоверностью прогнозировать ожидаемое состояние.

2. Для улучшения состояния действующих горных выработок при существующих технологиях их поддержания необходимо существенно (в 2–3 раза) увеличить численность подземных рабочих-крепильщиков либо количество специализированных участков по ремонту выработок, что нереально в настоящих условиях финансирования горнодобывающей отрасли.

3. С целью решения задачи обеспечения длительной устойчивости действующих на шахтах выработок авторами статьи предлагаются следующие перспективные направления деятельности:

– совершенствование существующей технологии ремонта выработок, возрастание уровня их механизации, что повысит безопасность выполнения технологических процессов и обеспечит послеремонтную устойчивость выработок;

– разработка малозатратных, ресурсосберегающих, инновационных технологий обеспечения длительной устойчивости действующих выработок, нуждающихся в капитальном ремонте, которые позволят достигать ожидаемого технического эффекта без проведения работ по расширению выработок до проектных размеров и по замене крепи.

1. *Г.В. Бабюк*, Управление надежностью горных выработок: монография, Світ книги, Донецк (2012).
2. *К.В. Кошелев, Ю.А. Петренко, А.О. Новиков*, Охрана и ремонт горных выработок: монография, Недра, Москва (1990).
3. *Ю.А. Петренко, А.О. Новиков, А.В. Захаренко*, Известия Донецкого горного института № 1, 12 (1998).
4. *Правила безопасности в угольных шахтах*, утвержденные совместным Приказом Государственного Комитета Гортехнадзора ДНР и Министерства угля и энергетики ДНР от «18» апреля 2016 г. №36/208.
5. *Правила технічної експлуатації вугільних шахт*, Мінвуглепром України, Київ (2006).

A.O. Novikov, I.N. Shestopalov, V.G. Lepeshkin

ON THE STATE OF MINE WORKINGS AT THE MINES OF SE «DUEK» AND WAYS OF ITS IMPROVEMENT

The results of a survey of the state of the mine workings supported at the mines of SE «DUEK» are presented. The state of various types of workings is analyzed with taking into account the applied support structures. The characteristic types of deformations of the lining in the mines of SE «DUEK» are described. Possible ways of solving the problem of increasing the long-term stability of mine workings are outlined.

Keywords: mine working, stability, operational condition, unsatisfactory condition, survey methodology, characteristic deformations of the lining, measures to increase stability

Fig. 1. Application distribution of workings of SE «DUEK» as on 2017, % of total dimension

Fig. 2. Amount of application of different types of lining at workings of SE «DUEK» as on beginning of 2020

Fig. 3. Dimensions of the zones of internal inclined shafts (I) and coal headings (II) at Cheluskintsev mine (*a*) and A.A. Skochinskii mine (*b*) with deformations of the roof and the walls (—◇—), roof (—■—), walls (--○--) and ground (—▲—), % of total dimension

Fig. 4. State of cross-drift № 10 at Cheluskintsev mine

Fig. 5. Deformation of the lining of the 2nd east haulage gate of Cheluskintsev mine

Fig. 6. State of the passage way of mechanical delivery of the 3rd bench of k₈ bed of Cheluskintsev mine

Fig. 7. State of the passage way of the 1st bench of Cheluskintsev mine