



УДК 622.273.23

## Повышение эффективности технологии и организации монтажно-демонтажных работ при интенсивной разработке пологих угольных пластов на шахтах Кузбасса

А.А.МЕШКОВ<sup>1</sup>, О.И.КАЗАНИН<sup>2</sup>, А.А.СИДОРЕНКО<sup>2</sup>✉<sup>1</sup> АО «СУЭК-Кузбасс», Ленинск-Кузнецкий, Россия<sup>2</sup> Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия

**Как цитировать эту статью:** Мешков А.А. Повышение эффективности технологии и организации монтажно-демонтажных работ при интенсивной разработке пологих угольных пластов на шахтах Кузбасса / А.А.Мешков, О.И.Казанин, А.А.Сидоренко // Записки Горного института. 2021. Т. 249. С. 342-350. DOI: 10.31897/PMI.2021.3.3

**Аннотация.** Рассмотрены причины отставания показателей ведущих российских угольных шахт, осуществляющих разработку пологих угольных пластов длинными очистными забоями, от аналогичных зарубежных. Выполнен анализ эффективности монтажно-демонтажных работ на шахтах АО «СУЭК-Кузбасс». Выявлены существенное превышение плановых сроков выполнения монтажно-демонтажных работ при отработке мощных пологих пластов, причины низкой эффективности демонтажных работ и основные направления совершенствования технологии демонтажных работ. Рассмотрены направления обеспечения эксплуатационного состояния демонтажных камер, формируемых очистным забоем. Представлены рекомендуемая схема отработки сближенных угольных пластов и трехмерная модель массива горных пород для обоснования ее параметров. Выполнены численные исследования с использованием метода конечных элементов. Показаны результаты моделирования напряженно-деформированного состояния массива горных пород в окрестностях демонтажной камеры, сформированной в условиях повышенных напряжений от краевой части ранее отработанного вышележающего пласта. Установлены основные факторы, определяющие возможность обеспечения эксплуатационного состояния демонтажных камер. Показана необходимость учета влияния зоны повышенных напряжений при выборе паспортов крепления и организации демонтажных работ при мощности междупластья 60 м и менее. Определена достаточная величина смещения для обеспечения эксплуатационного состояния демонтажной камеры под выработанное пространство 50 м, для монтажной камеры – 30 м. Даны рекомендации по совершенствованию технологических схем и организации монтажно-демонтажных работ на шахтах, ведущих отработку свит пологих угольных пластов длинными очистными забоями с формированием демонтажной камеры очистным комплексом.

**Ключевые слова:** подземная разработка; свиты угольных пластов; лава; простои оборудования; демонтажная камера; напряженно-деформированное состояние

**Благодарность.** Исследование выполнено за счет субсидии на выполнение государственного задания в сфере научной деятельности на 2021 г. № FSRW-2020-0014.

**Введение.** Кузнецкий угольный бассейн является основным угледобывающим районом России. На его долю приходится 251 млн т из 445, добытых в России в 2019 г. (более 56 % всей добычи угля). Основная технология подземной угледобычи в России – разработка пластов длинными комплексно механизированными очистными забоями – лавами [1, 4, 29] – характеризуется высоким уровнем механизации и безопасности горных работ [28, 30, 31]. Применение в очистных забоях современного высокопроизводительного оборудования обеспечивает работу лав с рекордными показателями суточной и месячной производительности, превышающими показатели лучших очистных забоев в ведущих угледобывающих странах [5, 6, 28]. Так в 2017-2018 гг. добыча из одного очистного забоя на шахте «Им. В.Д.Ялевского» достигала 1,4-1,6 млн т в месяц. Однако, среднегодовые показатели работы даже самых лучших российских шахт продолжают существенно отставать от показателей зарубежных предприятий [10, 11, 22], что, по нашему мнению, объясняется длительными простоями высокопроизводительного очистного оборудования. Экономический ущерб от простоев оборудования может составлять от 5 до 40 млн руб. в сутки, а длительность простоев может достигать 150-200 дней в году. Одной из основных причин длительных простоев высокопроизводительного очистного оборудования является недостаточная эффективность монтажно-демонтажных работ на шахтах России [2, 27].

Цель данной работы – разработка и обоснование технолого-организационных решений, создающих условия для повышения эффективности монтажно-демонтажных работ при интенсивной разработке пологих угольных пластов на шахтах России за счет выявления причин нарушения их



технологической устойчивости и последующего адресного воздействия на данные причины путем комплексного обоснования параметров технологических схем и организации работ.

**Постановка проблемы.** АО «СУЭК-Кузбасс» осуществляет подземную угледобычу в семи шахтах при одновременной работе до девяти длинных очистных забоев. Большинство шахт компании работают по технологической схеме шахта – лава, только на шахтах «Им. С.М.Кирова» и «Им. В.Д.Ялевского» работают по два очистных забоя. Частота перемонтажей оборудования на угольных шахтах определяется производительностью лавы и объемами запасов в пределах отрабатываемого выемочного столба. Средняя частота перемонтажа оборудования на выемочных участках шахт АО «СУЭК-Кузбасс» составляет примерно один перемонтаж в год. Такая частота сохраняется на протяжении долгих лет, поскольку увеличение производительности лав сопровождается увеличением размеров выемочных участков. Плановая продолжительность работ при выполнении перемонтажей отличается для пластов средней мощности и мощных в связи с существенным различием веса оборудования, применяемого при их отработке. Масса одной секции у различных механизированных крепей, применяемых на шахтах при отработке пластов средней мощности, составляет менее 20 т (например, секция крепи Joy RS-2400/2\*650 весит 16,9 т), а для отработки мощных пластов – 27-40 т. На шахтах АО «СУЭК-Кузбасс» применяется наиболее прогрессивный способ перемонтажа оборудования, который предусматривает формирование демонтажной камеры очистным комплексом – использование анкерной крепи и полимерной сетки для надежного крепления демонтажной камеры. При отработке пластов средней мощности плановая продолжительность перемонтажа оборудования составляет 45-68 сут, из них 15-18 сут затрачивается на формирование демонтажной камеры. При отработке мощных пластов плановая продолжительность составляет 61 сут, из которых 15-20 сут – формирование демонтажной камеры.

Для оценки эффективности монтажно-демонтажных работ на шахтах АО «СУЭК-Кузбасс» был выполнен анализ 46 случаев перемонтажа оборудования лав (2014-2019 гг.) – 24 случая при отработке пластов средней мощности (табл. 1) и 22 случая при отработке мощных пластов (табл. 2).

Таблица 1

**Результаты анализа эффективности монтажно-демонтажных работ при отработке пластов средней мощности**

| Шахта          | Год  | Номер лавы – демонтаж/монтаж | Длина лав, м | Дальность транспортирования оборудования, м | Глубина ведения демонтажных работ, м | Вынимаемая мощность пласта, м | Превышение плановых сроков формирования демонтажной камеры, сут | Общее превышение плановых сроков перемонтажа, сут |
|----------------|------|------------------------------|--------------|---|--------------------------------------|-------------------------------|---|---|
| Им. С.М.Кирова | 2014 | 24-56/24-57                  | 230/300      | 1300  | 290                                  | 2,3                           | 20  | 10  |
| Комсомолец     | 2014 | 17-32/17-33                  | 300/300      | 1500  | 390                                  | 2,1                           | 14  | 11  |
| Им. С.М.Кирова | 2015 | 24-56/24-57                  | 300/300      | 2300  | 380                                  | 2,3                           | -2  | 15  |
| Им. С.М.Кирова | 2015 | 25-94/25-95                  | 270/300      | 500   | 350                                  | 2,3                           | 18  | 74  |
| Комсомолец     | 2015 | 17-33/17-34                  | 300/300      | 1500  | 380                                  | 2,1                           | 8   | 21  |
| Им. А.Д.Рубана | 2016 | 12-12/12-10                  | 220/220      | 2250  | 240                                  | 2,3                           | 11  | 19  |
| Им. С.М.Кирова | 2016 | 24-57/24-58                  | 300/303      | 2400  | 410                                  | 2,3                           | -1  | 18  |
| Комсомолец     | 2016 | 17-34/17-31                  | 300/200      | 1500  | 265                                  | 2,1                           | 1   | 16  |
| Польсаевская   | 2016 | 17-47/17-49                  | 300/300      | 300   | 330                                  | 1,6                           | 9   | 42  |
| Им. А.Д.Рубана | 2017 | 12-10/12-08                  | 220/220      | 2500  | 200                                  | 2                             | 6   | -10   |
| Им. С.М.Кирова | 2017 | 24-58/24-59                  | 300/304      | 2600  | 430                                  | 2,3                           | -3  | -14   |
| Комсомолец     | 2017 | 17-31/17-31 бис              | 300/300      | 1400  | 400                                  | 2,1                           | -1  | -10   |
| Комсомолец     | 2017 | 17-31 бис/17-35              | 300/220      | 1450  | 400                                  | 2,1                           | -1  | 6   |
| Польсаевская   | 2017 | 17-49/17-51                  | 300/300      | 3000  | 310                                  | 1,6                           | 2   | 20  |
| Им. А.Д.Рубана | 2018 | 12-08/12-06                  | 220/220      | 2650  | 140                                  | 2,1                           | 5   | 14  |
| Им. С.М.Кирова | 2018 | 24-59/24-60                  | 300/305      | 2900  | 430                                  | 2,3                           | -3  | 4   |
| Им. С.М.Кирова | 2018 | 25-96/25-101                 | 300/300      | 1400  | 310                                  | 2,3                           | -3  | 26  |
| Комсомолец     | 2018 | 17-35/18-46                  | 300/300      | 5500  | 370                                  | 2,1                           | 0   | 63  |
| Им. А.Д.Рубана | 2019 | 12-06/12-04                  | 220/220      | 2150  | 110                                  | 2,1                           | -1  | 44  |
| Им. С.М.Кирова | 2019 | 25-101/25-97-1               | 300/300      | 900   | 360                                  | 2,3                           | 0   | 48  |
| Им. С.М.Кирова | 2019 | 25-97-1/25-97                | 300/300      | 3300  | 360                                  | 2,3                           | -1  | 90  |
| Им. С.М.Кирова | 2019 | 24-60/24-62                  | 300/300      | 2900  | 470                                  | 2,3                           | 2   | 107   |
| Комсомолец     | 2019 | 18-46/18-47                  | 300/300      | 2600  | 430                                  | 2,1                           | -2  | 16  |
| Польсаевская   | 2019 | 17-51/17-53                  | 300/300      | 3000  | 370                                  | 1,6                           | 2   | 31  |

При отработке пластов средней мощности среднее превышение плановых сроков монтажно-демонтажных работ составляет 27 дней, в том числе превышение сроков формирования демонтажной камеры – 3 дня. При отработке мощных пластов среднее превышение плановых сроков



выполнения монтажно-демонтажных работ составляет 50 дней, включая 8 дней при формировании демонтажной камеры (табл.2). Наибольшая продолжительность работы по ремонту оборудования наблюдается на шахте «Им. В.Д.Ялевского» (бывшие шахты «№ 7» и «Котинская»), которая характеризуется наиболее высокой производительностью очистных работ. Именно существенное отставание скорости подвигания проходческих забоев при проведении участковых выработок нового выемочного столба от скорости подвигания очистного забоя [2, 27] в сложившейся ситуации является причиной несвоевременной подготовки новых выемочных участков и основной причиной увеличения длительности ремонта оборудования.

Таблица 2

## Результаты анализа эффективности монтажно-демонтажных работ при отработке мощных пластов

| Шахта                 | Год  | Номер лавы – демонтаж/монтаж | Длина лав, м | Дальность транспортирования оборудования при ремонте, м | Глубина ведения демонтажных работ, м | Вынимаемая мощность пласта, м | Превышение плановых сроков формирования демонтажной камеры, сут | Общее превышение плановых сроков ремонта, сут |
|-----------------------|------|------------------------------|--------------|---|--------------------------------------|-------------------------------|---|---|
| № 7                   | 2014 | 52-07/52-09                  | 250/250      | 250   | 220                                  | 4,3                           | 7   | 2   |
| Им. 7 Ноября          | 2014 | 13-58/13-80                  | 290/290      | 2200  | 230                                  | 4,2                           | 4   | 9   |
| Им. А.Д.Рубана        | 2014 | 804/802                      | 200/220      | 3100  | 125                                  | 4,4                           | 9   | 14  |
| Талдинская-Западная-2 | 2014 | 70-08/70-09                  | 300/300      | 2850  | 200                                  | 4,5                           | 22  | -7  |
| № 7                   | 2015 | 52-09/52-11                  | 250-290      | 1800  | 380                                  | 4,3                           | 10  | 96  |
| Им. 7 Ноября          | 2015 | 13-78/13-58-2                | 280/180      | 1750  | 210                                  | 4,4                           | 7   | 3   |
| Им. 7 Ноября          | 2015 | 13-80/13-78                  | 290/280      | 2340  | 200                                  | 4,5                           | 6   | -9  |
| Им. А.Д.Рубана        | 2015 | 802/801                      | 200/220      | 3100  | 90                                   | 4,4                           | 9   | 46  |
| Котинская             | 2015 | 52-09/52-10                  | 280/200      | 4200  | 330                                  | 4,3                           | 24  | 100   |
| Им. 7 Ноября          | 2016 | 13-58-2/13-85                | 180/240      | 4100  | 120                                  | 4,5                           | -5  | -10   |
| Им. 7 Ноября          | 2016 | 13-85/13-86                  | 240/290      | 600   | 100                                  | 4,6                           | -3  | -12   |
| Котинская             | 2016 | 52-10/50-02                  | 300/400      | 7000  | 330                                  | 4,3/3,7                       | 6   | 15  |
| Талдинская-Западная 1 | 2016 | 66-06/66-05                  | 300/300      | 1600  | 120                                  | 4,5                           | 18  | 131   |
| Им. В.Д.Ялевского     | 2017 | 50-02/50-03                  | 400/400      | 2600  | 105                                  | 3,7                           | -8  | 72  |
| Им. В.Д.Ялевского     | 2017 | 52-10/52-13                  | 300/180      | 3300  | 280                                  | 4,3                           | 0   | 30  |
| Талдинская-Западная 1 | 2017 | 66-05/66-08                  | 300/300      | 2800  | 130                                  | 4,5                           | -1  | 57  |
| Талдинская-Западная-2 | 2017 | 70-09/70-10                  | 300/300      | 2900  | 180                                  | 4,5                           | 5   | 26  |
| Им. В.Д.Ялевского     | 2018 | 50-03/50-04                  | 400/400      | 2800  | 200                                  | 3,7                           | -4  | 127   |
| Талдинская-Западная 1 | 2018 | 66-08/66-09                  | 300/280      | 1800  | 130                                  | 4,5                           | 6   | 115   |
| Им. А.Д.Рубана        | 2019 | 812/814                      | 300/300      | 3800  | 110                                  | 4,4                           | 47  | 18  |
| Им. В.Д.Ялевского     | 2019 | 50-04/50-05                  | 400/400      | 3000  | 270                                  | 3,7                           | 5   | 61  |
| Им. В.Д.Ялевского     | 2019 | 52-13/52-14-1                | 300/400      | 5500  | 270                                  | 4,3                           | 6   | 218   |

Детальный анализ случаев значительного превышения сроков ремонта показал, что основная их причина связана с неустойчивостью кровли и борта демонтажной камеры. Повышенное вывалообразование в таких случаях затрудняет формирование, поддержание и эксплуатацию демонтажной камеры. С 2014 по 2019 гг. происходило постоянное совершенствование крепления демонтажных камер – переход от использования брус-пластин к сплошному креплению полимерной сеткой, что позволило существенно снизить трудоемкость и повысить безопасность работ по формированию демонтажной камеры. В сложных горно-геологических условиях возникают проблемы поддержания монтажной камеры. Так, например, сечение монтажной камеры 70-09 на шахте «Талдинская-Западная-2» уменьшилось из-за пучения почвы, что потребовало проведения трудоемких работ по подтиру почвы и увеличило сроки ремонта на 22 дня.

Тенденция к увеличению длины лавы до 400 м и длины выемочного столба до 4 км и более на шахтах, ведущих отработку мощных угольных пластов (в настоящее время два очистных забоя на шахте «Им. В.Д.Ялевского», в перспективе – шахта «Талдинская-Западная-2» и др.), предопределила резкое увеличение общей массы и дальности транспортирования оборудования при выполнении ремонтов. Низкая пропускная способность подвесных монорельсовых дорог приводит к увеличению длительности ремонтов и обуславливает необходимость поиска других технологических решений. В качестве основного направления совершенствования системы транспорта в настоящее время рассматривается применение пневмоколесных машин и переход на подготовку новых выемочных участков с использованием трех выработок, одна из которых (дополнительная) будет использоваться для транспорта грузов, материалов и оборудования.



Вопросам обеспечения эксплуатационного состояния монтажных и демонтажных камер посвящено большое число научных работ. Наибольшее внимание обращено на поддержание демонтажных камер, испытывающих влияние опорного давления лавы [3, 7, 13], поскольку монтажная камера такого влияния не испытывает и, как следствие, эксплуатируется в более благоприятных условиях. Можно выделить два основных направления обеспечения эксплуатационного состояния демонтажных камер, основанных на выборе рационального места их формирования очистным комплексом: 1) расположение демонтажной камеры непосредственно за трещиной разлома основной кровли для минимизации опорного давления в ее окрестностях [15, 17]; 2) расположение демонтажной камеры за пределами зон повышенного горного давления от краевых частей и целиков, сформированных на сближенных угольных пластах. Отработка сближенных угольных пластов характеризуется существенным влиянием не только на состояние демонтажных камер, но и любых подготовительных выработок выемочных участков [19, 23, 33], особенно находящихся также и в зоне влияния очистных работ, проводимых по разрабатываемому пласту [12, 14, 20].

Заслуживает внимания технология формирования демонтажной камеры за трещиной разлома, которая подробно описана в работе [16]. Предлагаемый подход позволяет прогнозировать шаг обрушения основной кровли и обеспечивает формирование демонтажной камеры непосредственно за трещиной обрушения основной кровли, минимизируя нагрузку на борт и кровлю демонтажной камеры и позволяя, как показывает опыт, существенно сократить трудозатраты и сроки перемотажей при отработке пластов средней мощности [15-17].

При отработке сближенных угольных пластов с оставлением между выемочными участками неразрушаемых угольных целиков формируются зоны повышенных проявлений горного давления (ППГД), в которых уровень смещений кровли выработок может возрасти в 2-3 раза. Также примерно в два раза может возрасти уровень смещения в кровле выработок в зонах ППГД от краевых частей массива. При отработке сближенных угольных пластов монтажные и демонтажные камеры наиболее часто располагаются в непосредственной близости от краевых частей массива, сформированного по сближенному угольному пласту. Анализ зарубежного опыта показывает необходимость смещения монтажных и демонтажных камер под выработанное пространство на 30 м и более. Сложившаяся тенденция по увеличению длины лавы и длины выемочных столбов [8, 9, 26] осложняет такую увязку работ по сближенным пластам [25, 32]. Для обеспечения эксплуатационного состояния участков выработок сближенных пластов рекомендуется их расположение со смещением под выработанное пространство [18, 21, 24]. Однако, расположение всех участков выработок под выработанными пространствами возможно только при схеме взаимоувязки работ по пластам (рис.1). Учитывая, что нисходящий порядок отработки пластов является наиболее рациональным для сближенных пластов с оставлением неразрушаемых целиков (особенно при отработке мощных пластов), такая схема может рекомендоваться для широкого применения на шахтах Кузбасса. Особенностями предлагаемой схемы является подготовка выемочных участков с использованием трех выработок, что обеспечивает повышение эффективности управления метановыделением и транспортом на выемочном участке. Основными параметрами схемы являются: длина лавы, длина выемочного столба, ширина целиков, величина смещения  $Z$  штреков нижнего пласта относительно краевой части массива верхнего пласта, величина смещения  $X$  монтажной камеры относительно монтажной камеры верхнего пласта, величина смещения  $Y$  демонтажной камеры относительно демонтажной камеры верхнего пласта. В качестве недостатка представленной схемы следует отметить, что применение схемы ограничивает длину выемочных столбов по нижележащему пласту. Для исключения указанного недостатка возможно расположение монтажных и (или) демонтажных камер ранее надработанного (подработанного пласта) под краевыми частями массива нарабатываемого пласта на расстоянии, превышающем ширину зоны опорного давления. Такой подход обеспечивает расположение демонтажной камеры вне зоны влияния повышенных напряжений от краевой части массива.

**Методика проведения численных исследований.** Для обоснования параметров представленной схемы были выполнены численные исследования с использованием метода конечных элементов. Разработанная трехмерная модель массива горных пород (рис.2) включала два угольных пласта, вмещающие породы, выработанные пространства двух отработанных выемочных участков



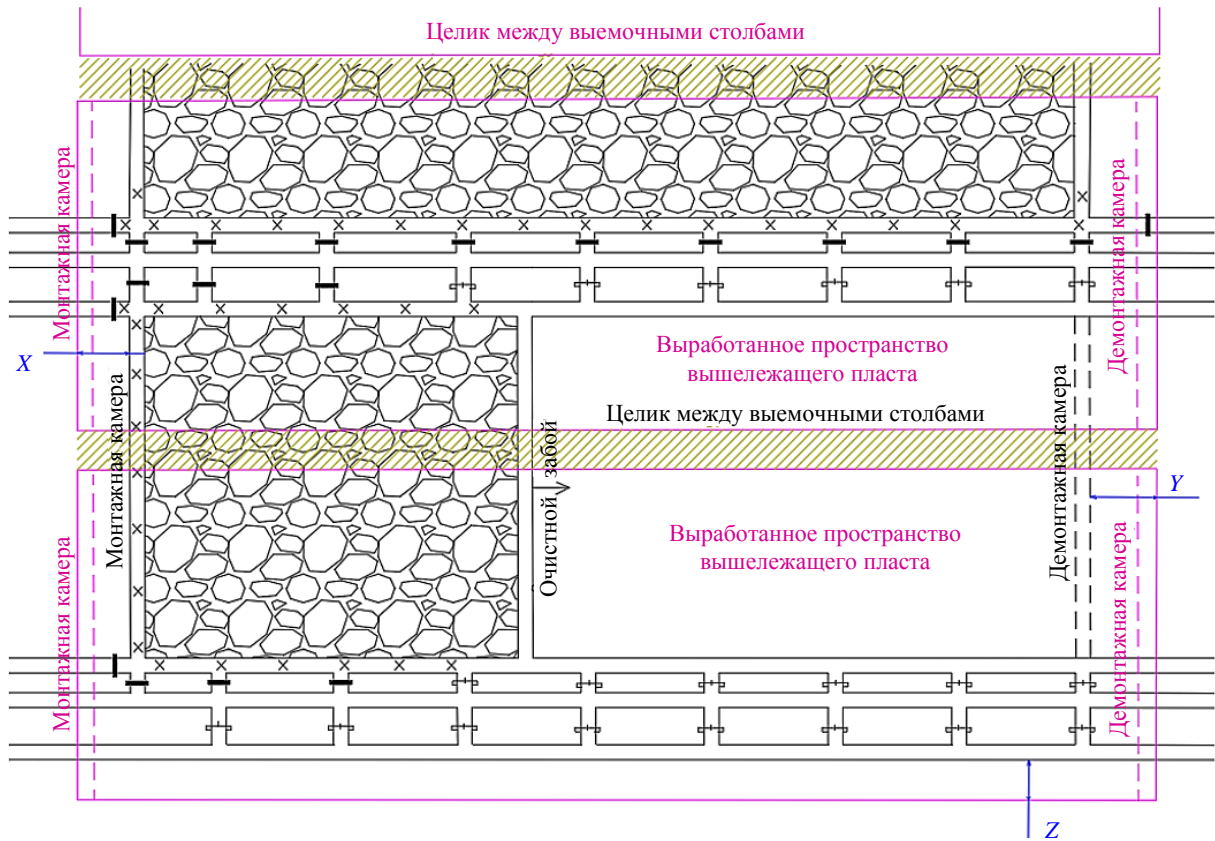


Рис.1. Рекомендуемая схема расположения выработок разрабатываемого пласта с учетом выработанных пространств и целиков по вышележащему пласту

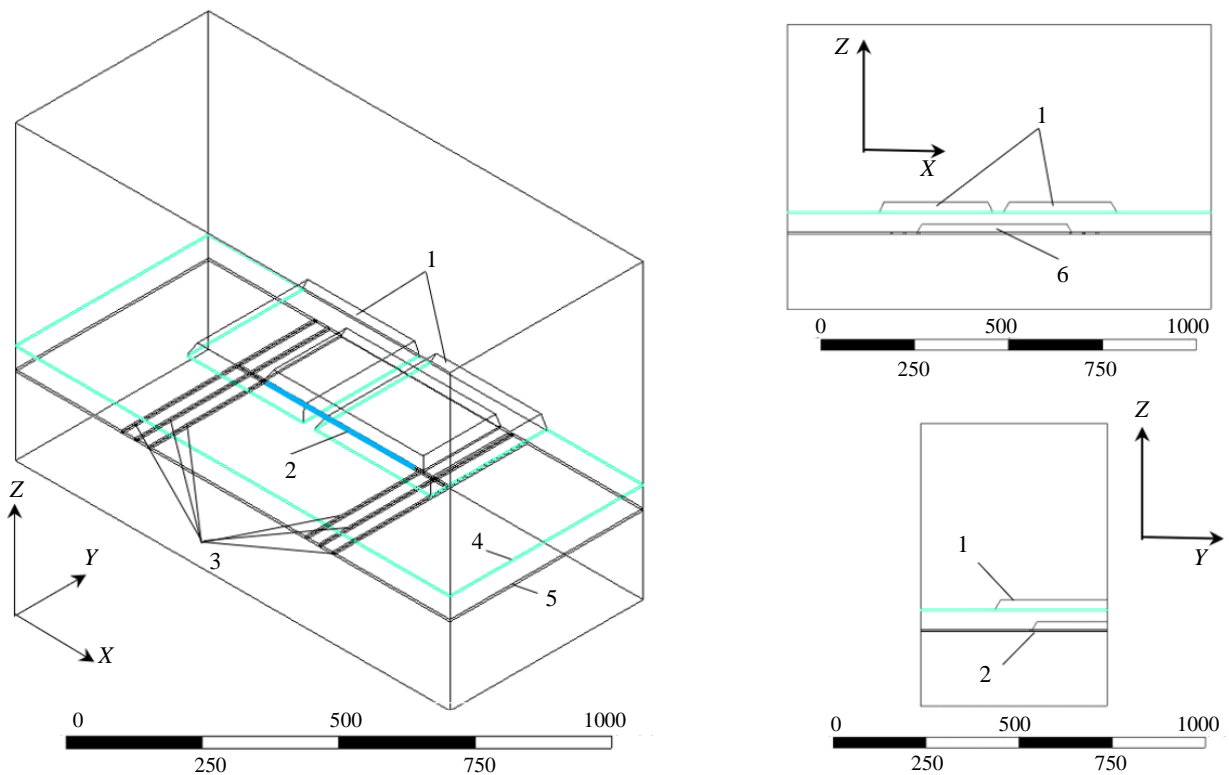


Рис.2. Трехмерная модель массива горных пород

1 – выработанные пространства верхнего пласта; 2 – демонтажная камера; 3 – выработки выемочного участка;  
4 – верхний пласт; 5 – нижний пласт; 6 – выработанное пространство нижнего пласта



по верхнему пласту, выработанное пространство и демонтажную камеру, а также участковые подготовительные выработки по нижнему пласту. Моделирование осуществлялось для части выемочного столба, непосредственно примыкающей к демонтажной камере. В ходе моделирования изменялись глубина ведения горных работ, мощность и деформационные характеристики междупластья, параметры  $X, Y, Z$  (см. рис.1), определяющие расположение выработок надработанного пласта относительно краевых частей и целиков, сформированных на надрабатываемом пласте.

**Обсуждение результатов.** В качестве примера полученных результатов на рис.3 представлено распределение вертикальных напряжений: в плоскости нижнего пласта (рис.3, а) и вертикальной плоскости, проходящей вдоль центральной части целика, сформированного между отработанными участками по верхнему пласту (рис.3, б). Результаты представлены для следующего набора данных: глубина 600 м, мощность междупластья 50 м, длина лав по надрабатываемому пласту 300 м, ширина целиков 30 м, длина лавы по надработанному пласту 400 м, ширина целиков 40 м, смещение демонтажной камеры под выработанное пространство 100 м.

Как видно из рис.3, расположение демонтажной камеры со значительным (100 м) смещением под выработанное пространство при использовании рекомендуемой схемы расположения выработок не исключает формирования зон с повышенными напряжениями, связанных с влиянием неразрушаемого межлавного целика. Рассматривая абсолютные значения напряжений в данной зоне, можно прийти к выводу, что они не превышают напряжений, которые могли бы возникнуть в зоне опорного давления лавы при отсутствии влияния надработки. Таким образом, для рассматриваемой ситуации уровень напряжений не является повышенным, но неравномерный характер его распределения и определяющее влияние целика, формирующего зону ППГД, должны учитываться при определении параметров паспорта крепления и выборе последовательности демонтажа оборудования. Кроме того, при опережающем проведении тупиковых сбоек следует полностью исключить или минимизировать их расположение в зонах повышенных напряжений под целиками.

Исследования показали, что мощность междупластья играет главную роль и, при прочих равных условиях, определяет условия поддержания монтажных и демонтажных камер. Для моделируемой горнотехнической ситуации уменьшение мощности междупластья при сохранении

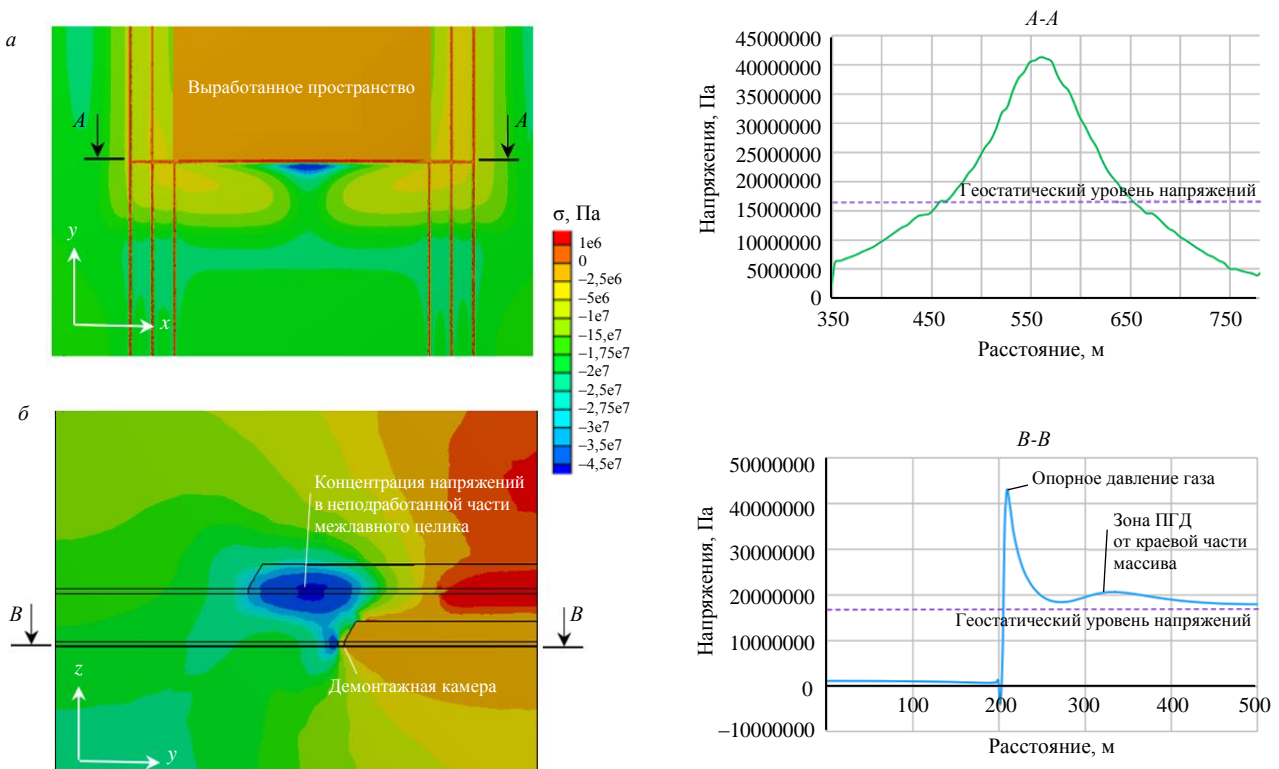


Рис. 3. Поля и эпюры вертикальных напряжений в характерных сечениях модели



неизменными других параметров приводит к значительному росту уровня напряжений под целиком и ухудшению условий формирования и дальнейшей эксплуатации демонтажной камеры.

Для определения рационального места заложения демонтажных камер может быть использован действующий нормативный документ\*, учитывающий влияние краевых частей и целиком на уровень смещений кровли в выработках, закрепленных анкерной крепью. Расчет ожидаемых смещений показал, что для обеспечения эксплуатационного состояния монтажной камеры достаточно ее смещения под выработанное пространство надрабатываемого пласта на 30 м.

**Заключение.** Непрерывное повышение надежности и энерговооруженности очистного оборудования создало условия для увеличения параметров выемочных столбов (длины столбов и лав), что позволило сократить количества выемочных столбов в пределах шахтных полей и, как следствие, число перемонтажей оборудования, обеспечивая снижение затрат на добычу угля. Однако, увеличение длины лавы привело к росту общей массы очистного оборудования, а длины столба – к увеличению дальности его транспортирования, что, в конечном итоге, повысило трудоемкость монтажно-демонтажных работ и обусловило необходимость совершенствования применяемых технологических схем и организации труда при выполнении монтажно-демонтажных работ.

Выполненные исследования показали, что в настоящее время наибольшей сложностью характеризуется выполнение монтажно-демонтажных работ при отработке мощных пластов. Превышение плановых сроков при отработке мощных пластов на шахтах АО «СУЭК-Кузбасс» в среднем составляет 50 сут, достигая в отдельных случаях 100-200 сут. К числу основных причин более низкой эффективности монтажно-демонтажных работ при отработке мощных пластов следует отнести: более высокую массу оборудования, сложные геомеханические условия формирования и поддержания демонтажных камер, затрудняющие их последующую эксплуатацию, низкую пропускную способность подвесных монорельсовых дорог, недостаточную эффективность применяемых технологических схем перемонтажа оборудования.

Численные исследования показали необходимость учета неравномерного распределения напряжений в пределах демонтажной камеры при использовании рекомендуемой схемы отработки ранее надрабатанных пластов. Исследованиями установлено, что основными факторами, определяющими возможность обеспечения эксплуатационного состояния демонтажных камер, являются: мощность междупластья, свойства пород междупластья, величина смещения демонтажной камеры. Величина смещения демонтажной камеры 50 м является достаточной для минимизации влияния надработки и обеспечения ее эксплуатационного состояния, однако при выборе параметров крепления и последовательности извлечения секций крепи учет неравномерного распределения напряжений (вследствие влияния целиком) является необходимым условием эффективного формирования и эксплуатации демонтажных камер в условиях надработки. Смещение монтажной камеры при применении рекомендуемой схемы (см. рис.1) должно составлять не менее 30 м.

Рекомендуются меры по совершенствованию технологии и организации монтажно-демонтажных работ при интенсивной разработке пологих угольных пластов на шахтах Кузбасса:

- обеспечение своевременной подготовки фронта очистных работ за счет опережающего проведения участковых и общешахтных выработок;
- обеспечение рационального расположения монтажных и демонтажных камер относительно краевых частей и целиком, сформированных на сближенных пластах;
- формирование демонтажной камеры с учетом шага обрушения основной кровли;
- применение лавных анкероустановщиков типа Hydromatik для увеличения скорости крепления демонтажной камеры;
- применение подготовки выемочных участков с использованием трех выработок для повышения эффективности транспорта и управления газовойделением на выемочных участках;
- обеспечение опережающего проведения тупиковых сбоек к месту формирования демонтажной камеры, создающих возможность независимой работы по извлечению оборудования одновременно на нескольких участках демонтажной камеры;

\* Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности: Инструкция по расчету и применению анкерной крепи на угольных шахтах. Серия 05. 2015. Вып. 42. 186 с.



- внедрение и широкое применение пневмоколесных машин с обеспечением условий для их эксплуатации;
- расположение монтажной камеры в створе с демонтажной камерой (в благоприятных горно-геологических и горнотехнических условиях) для сокращения протяженности транспортирования оборудования;
- проведение опережающего монтажа лавного конвейера и очистного комбайна.

Предлагаемые рекомендации обеспечат значительное сокращение сроков выполнения монтажно-демонтажных работ за счет создания благоприятных условий для формирования и поддержания демонтажных камер, своевременной подготовки выработок нового выемочного участка, применения современных средств транспорта и организации демонтажных и монтажных работ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гендлер С.Г. Обоснование рациональных способов обеспечения воздухом выемочных участков действующих угольных шахт Вьетнама при углублении горных работ / С.Г.Гендлер, Т.Х.Нгуен // Записки Горного института. 2018. Т. 234. С. 652-657. DOI:10.31897/PMI.2018.6.652
2. Казанин О.И. Организационно-технологические принципы реализации потенциала современного высокопроизводительного оборудования / О.И.Казанин, А.А.Сидоренко, А.А.Мешков // Уголь. 2019. № 12. С. 4-13. DOI: 10.18796/0041-5790-2019-12-4-13
3. Козлов А.В. Принципы оценки и методика управления инновационным потенциалом предприятий угольной промышленности / А.В.Козлов, А.Б.Тесля, С.Чжан // Записки Горного института. 2017. Т. 223. С. 131-138. DOI:10.18454/PMI.2017.1.131
4. Копылов К.Н. Актуальность повышения уровня энергоэффективности и безопасности выемочного участка угольной шахты / К.Н.Копылов, С.С.Кубрин, С.Н.Решетняк // Уголь. 2018. № 10. С. 66-70. DOI: 10.18796/0041-5790-2018-10-66-70
5. О рекордной длине и производительности очистного забоя шахты им. В.Д.Ялевского / А.А.Мешков, М.А.Волков, А.А.Ордин и др. // Уголь. 2018. № 7. С. 4-7. DOI:10.18796/0041-5790-2018-7-4-7
6. Прогноз опасных явлений в пределах рабочих угольных пластов для шахтного поля им. В.Д. Ялевского / А.А.Мешков, А.Л.Попов, Ю.В.Попова и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2020. № 2. С. 22-33. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-2-0-22-33
7. Сластунов С.В. Обоснованный выбор технологии пластовой дегазации для обеспечения безопасности подземных горных работ при интенсивной добыче угля / С.В.Сластунов, Е.П.Ютяев // Записки Горного института. 2017. Т. 223. С. 125-130. DOI: 10.18454/PMI.2017.1.130
8. Чемезов Е.Н. Принципы обеспечения безопасности горных работ при добыче угля // Записки Горного института. 2019. Т. 240. С. 649-653. DOI: 10.31897/PMI.2019.6.649
9. Ютяев Е.П. Современные вызовы и перспективы развития технологий подземной угледобычи // Уголь. 2017. № 5. С. 30-36. DOI: 10.18796/0041-5790-2017-5-30-36
10. Analysis of operation of powered longwall systems in mines of SUEK-Kuzbass / A.V.Stebnev, S.G.Muchortikov, D.A.Zadkov, V.V.Gabov // Eurasian mining. 2017. № 2. P. 28-32.
11. A Case study of a low overburden longwall recovery with pre-developed recovery entries / B.Hanson, R.Ochsner, J.C.Stankus et al. // 33rd International Conference on Ground Control in Mining, 29-31 July, 2014, Morgantown, USA. ICGCM, 2014. Vol. 33. P. 1-8.
12. Du X. Field measurements of overburden strata deformation response to longwall mining // Proceedings of the 37th International Conference on Ground Control in Mining, ICGCM 2018, 28- 30 June 2018, Sarawak, Malaysia. ICGCM. 2018. P. 71-82.
13. Gearhart D.F. Ground response as a longwall advances into a backfilled recovery room under low cover / D.F.Gearhart, T.H.Jones, C.S.Compton // 33rd International Conference on Ground Control in Mining, 29-31 July, 2014, Morgantown, USA. ICGCM. 2014. Vol. 33. P. 25-35.
14. In-site monitoring and analysis on overburden movements for multiple seam mining using longwall caving method / R.Yuan, F.Du, C.Song, G.Song, Q.Qiao // Journal of Mining and Safety Engineering. 2018. Vol. 35. Iss. 4. P. 717-724. DOI: 10.13545/j.cnki.jmse.2018.04.008
15. Karpov G.N. Qualitative assessment of strain stress distribution of rock massif in the vicinity of pre-driven recovery room // G.N.Karpov, A.V.Leisle / Journal of Industrial Pollution Control. 2017. Vol. 33. Iss. 1. P. 840-846.
16. Klimov V.V. Geomechanical feasibility of underground coal mining technology using control systems of electro-hydraulic shield supports for longwall mining // International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems, 12-14 December 2018, Novosibirsk, Russian Federation. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. Vol. 560. № 012067. DOI: 10.1088/1757-899X/560/1/012067
17. Kovalsk E.R. Investigation of underground entries deformation mechanisms within zones of high stresses / E.R.Kovalsk, G.N.Karpov, A.V.Leisle // International Journal of Civil Engineering and Technology. 2018. Vol. 9. Iss. 6. P. 534-543.
18. Longwall production remains steady. Coal Age. January/February 2020. P. 16-24. URL: <https://www.coalage.com/flip-books/january-february-2020> (дата обращения 15.01.2021).
19. Mark C. An updated empirical model for ground control in U.S. Multiseam coal mines // International Journal of Mining Science and Technology. 2021. Vol. 31. Iss. 2. P. 163-174. DOI: 10.1016/j.ijmst.2020.12.024
20. Mark C. Analysis of coal pillar stability (ACPS): A new generation of pillar design software / C.Mark, Z.Agioutantis // International Journal of Mining Science and Technology. 2019. Vol. 29. Iss. 1. P. 87-91. DOI: 10.1016/j.ijmst.2018.11.007
21. Mark C. Multiple-seam mining in the United States: design based on case histories / C.Mark, F.E.Chase, D.M.Pappas // Proceedings on the New Technology for Groung Control in multiple seam mining. 2007. P. 15-27.





22. *Nguyen K.L.* Improving efficiency of cleanup and coal flow formation on conveyor by shearer loader with accessorial blade / K.L.Nguyen, V.V.Gabov, D.A.Zadkov // Eurasian Mining. 2019. № 1. P. 37-39. DOI: 10.17580/em.2019.01.09
23. *Nikiforov A.V.* Analysis of multiple seam stability / A.V.Nikiforov, E.A.Vinogradov, A.A.Kochneva // International Journal of Civil Engineering and Technology. 2019. Vol. 10. Iss. 2. P. 1132-1139.
24. Optimization of roadway layout in ultra-close coal seams: A case study / G.Wu, X.Fang, H.Bai et al. // PLoS ONE. 2018. Vol. 13. Iss. 11. DOI: 10.1371/journal.pone.0207447
25. *Palyanova N.V.* Legal framework for the sustainable economic and ecological development in the coal industry in Russia / N.V.Palyanova, D.A.Zadkov, S.G.Chubukova // Eurasian Mining. 2017. № 1. P. 3-5. DOI:10.17580/em.2017.01.01
26. *Peng S.S.* Longwall mining. CRC Press, 2019. 562 p. DOI: 10.1201/9780429260049
27. Reproduction of the longwall panels: Modern requirements for the technology and organization of the development operations at coal mines / O.I.Kazanin, A.A.Sidorenko, A.A.Meshkov, S.A.Sidorenko // Eurasian Mining. 2020. № 2. P. 19-23. DOI: 10.17580/em.2020.02.05
28. Physical modeling the formation of roof collapse zones in Vorkuta coal mines / B.Yu.Zuev, R.S. Istomin, S.V.Kovshov, V.M.Kitsis // Bulletin of the Mineral Research and Exploration. 2020. Vol. 162. P. 225-234. DOI: 10.19111/bulletinofmre.620478
29. *Reshetnyak S.* Analysis of Technological Performance of the Extraction Area of the Coal Mine / S.Reshetnyak, A.Bondarenko // 3rd International Innovative Mining Symposium, 3-5 October 2018, Kemerovo, Russian Federation. E3S Web of Conferences, 2018. Vol. 41. № 01014. DOI: 10.1051/e3sconf/20184101014
30. *Rudakov M.* Risk-based thinking as a basis for efficient occupational safety management in the mining industry / M.Rudakov, E.Gridina, J.Kretschmann // Sustainability. 2021. Vol. 13. Iss. 2. № 470. P. 1-14. DOI: 10.3390/su13020470
31. *Rudakov M.L.* Assessment of environmental and occupational safety in mining industry during underground coal mining / M.L.Rudakov, K.A.Kolvakh, I.V.Derkach // Journal of Environmental Management and Tourism. 2020. Vol. 11. Iss. 3 (43). P. 579-588. DOI:10.14505/jemt.v11.3(43).10
32. *Suchowerska A.M.* Geomechanics of single seam and multi-seam longwall coal mining: PhD thesis / University of Newcastle, Australia, 2014. 268 p.
33. *Zhu W.* Mechanism and control of roof fall and support failure incidents occurring near longwall recovery roadways / W.Zhu, J.Xu, G.Xu // Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy. 2017. Vol. 117. Iss. 11. P. 1063-1072. DOI: /10.17159/2411-9717/2017/v117n11a11

**Авторы:** **А.А.Мешков**, канд. техн. наук, генеральный директор, MeshkovAA@suek.ru (АО СУЭК-Кузбасс, Ленинск-Кузнецкий, Россия), **О.И.Казанин**, д-р техн. наук, декан, Kazanin\_OI@pers.spmi.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9663-6713> (Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия), **А.А.Сидоренко**, канд. техн. наук, доцент, Sidorenko\_AA@pers.spmi.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4224-193x> (Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия).

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 18.01.2021.

Статья принята к публикации 21.05.2021.