

**МАШИНОСТРОЕНИЕ, МЕХАНИКА**

УДК 622.831.1; 622.285

*В. Я. ПРУШАК*

**ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ ГОРНОГО ДАВЛЕНИЯ В ЛАВАХ  
С ТРУДНООБРУШАЕМОЙ КРОВЛЕЙ ПРИ БЕСЦЕЛИКОВОЙ ВЫЕМКЕ  
ТРЕТЬЕГО КАЛИЙНОГО ПЛАСТА СТАРОБИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

*ЗАО «Солигорский Институт проблем ресурсосбережения с Опытным производством»,  
Солигорск, Беларусь,  
e-mail: ipr@sipr.by*

Представлены результаты исследования состояния и нагруженности призабойного пространства в селективных и валовых лавах с труднообрушаемой кровлей Третьего калийного пласта Старобинского месторождения. Выявлена зависимость основных показателей проявления горного давления от скорости подвигания очистных забоев. Установлен характер распределения горного давления по длине очистных забоев.

*Ключевые слова:* горное давление, труднообрушаемая кровля, лава, Старобинское месторождение калийных солей, пласт, выемка породы.

*V. Ya. PRUSHAK*

**PARTICULARITIES OF EXHIBITION OF ROCK PRESSURE IN LONGWALLS  
WITH POORLY CAVING ROOF WITHOUT PILLAR OF EXCAVATION AT THE THIRD LAYER  
OF POTASSIUM SALTS OF THE STAROBIN DEPOSIT**

*Closed Joint Stock Company «Soligorsk Institute for Problems of Resource's Saving  
with Experienced Production», Soligorsk, Belarus,  
e-mail: ipr@sipr.by*

Results of a study of state and load of near-the-longwall space in selective and gross longwalls with poorly caving roof without pillar of excavation at the third layer of potassium salts of the Starobin deposit are presented. The dependence of the main indicators of exhibition of rock pressure on mining speed is obtained. The nature of pressure distribution along the length of excavation is determined.

*Keywords:* mountain pressure, poorly caving roof, longwall, the Starobin potash deposit, layer, the excavation of the rock.

**Введение.** В настоящее время слоевая выемка является основной технологией отработки Третьего калийного пласта на всех рудниках Старобинского месторождения. В последние годы совершенствование технологии осуществляется путем сокращения потерь запасов в охранных целиках.

На неотработанных площадях Старобинского месторождения кровля Третьего пласта на 2–4-х интервалах сложена труднообрушаемыми породами, поэтому при использовании наиболее перспективных бесцеликовых технологических схем слоевой выемки возрастает вероятность проявления как интенсивных динамических обрушений кровли на призабойное пространство нижних лав, так и существенного повышения статического горного давления. В подобных горно-геологических условиях большое значение приобретает вопрос выбора оптимального рабочего сопротивления механизированной крепи для валовой и селективной выемки слоев II, II-III, III после надработки их верхней лавой по IV сильвинитовому слою, которое будет обеспечивать

безопасность работ без применения разупрочнения кровли и в то же время не потребует существенного удорожания крепи. Такой выбор должен осуществляться с учетом закономерностей проявления горного давления в лавах.

**Краткая характеристика условий и методов проведения исследований.** Шахтные исследования проявления горного давления проводились в селективных лавах № 29 низ и № 38 низ рудника 2 РУ длиной 251,5 м (крепь К.4 с рабочим сопротивлением 590–610 кН/м<sup>2</sup>) и валовых лавах № 102 рудника 1 РУ длиной 216 м (крепь МХП-16/25 с рабочим сопротивлением 694 кН/м<sup>2</sup>) и № 13-н-2 рудника 3 РУ длиной 247 м (крепь МХП-14/22 с рабочим сопротивлением 718 кН/м<sup>2</sup>).

В валовых лавах № 13-н-2 и № 102 исследования проводились с использованием трех схем передвижки забойной крепи:

по первой схеме передвижка крепи велась от одного бортового штрека к другому после окончания выемки полосы комбайном по односторонней схеме его работы (последовательная схема передвижки);

по второй схеме передвижка крепи велась впереди комбайна на расстоянии 30–35 м при односторонней схеме его работы;

по третьей схеме передвижка крепи велась позади комбайна на расстоянии 20–25 м при челноковой схеме его работы.

При статистической обработке данных измерений в каждой лаве определялись средние и максимальные значения основных показателей проявления горного давления на каждом участке измерений, а также усредненные значения по всей длине лавы.

Исходя из накопленного опыта проведения исследовательских работ в нижних лавах по слоям II, II-III и III, надработанных верхними лавами по IV сильвинитовому слою [1–3], применяя методические подходы при проведении исследований в лавах, отрабатывающих пологие угольные пласты с трудноуправляемыми кровлями [4–10], при составлении методики шахтных исследований использован метод получения данных об интенсивности проявления горного давления в нижних лавах. Он заключался в измерении давления на забойную крепь с различным рабочим сопротивлением гидростоек крепи с помощью штатных манометров-индикаторов и автоматизированной системы «Кодак» с датчиками горного давления.

Основные показатели, по которым оценивалась интенсивность проявления горного давления в лавах:

доля циклов очистных работ с выходом гидростоек на рабочее сопротивление ( $D_{ц}$ );

сопротивление гидростоек при выходе крепи на рабочее или максимальное сопротивление ( $P_{рм}$ ), кН;

скорость нарастания сопротивления гидростоек забойной крепи в циклах очистных работ от начального распора до выхода на рабочее или максимальное сопротивление ( $V_{рм}$ ), кН/мин;

фактическая удельная нагрузка на крепь по длине лавы ( $Q_{ф}$ ), кН/м<sup>2</sup>.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Выполненные исследования интенсивности проявления горного давления в лавах позволили установить, что между основными показателями горного давления и скоростью подвигания очистных забоев существует линейная зависимость следующего вида:

$$P_{рм}, V_{рм} = aV + b,$$

где  $V$  – скорость подвигания лавы,  $a$  и  $b$  – эмпирические коэффициенты.

Например, для лавы № 29 низ указанная зависимость следующая:

$$P_{рм} = 67,176V + 1822,6; V_{рм} = 0,3721V + 0,8426.$$

Расчеты показывают, что с увеличением скорости подвигания лавы № 29 низ от 1,0 до 4,5 м/сут сопротивление гидростойки при выходе на рабочее или максимальное сопротивление и скорость нарастания сопротивления возрастают в 1,12 и 2,36 раза соответственно. Близкие результаты получены и для лав № 38 низ, № 13-н-2 и № 102.

Как показывают полученные данные, для безопасного ведения очистной выемки необходимо выполнение такого мероприятия, как снижение скорости подвигания лав при прохождении ими опасных участков выемочных столбов или увеличении скорости  $V_{рм}$  до критических значений.

При исследовании нижних селективных лав установлено, что распределение горного давления по длине очистных забоев характеризуется отсутствием влияния закладочных породных полос и расположения выемочных столбов, а значит, и краевых частей лав по отношению к выработанному пространству. По нашему мнению, это объясняется небольшой шириной породных полос по сравнению со всей длиной очистных забоев, а также наличием серии панельных выработок с обеих сторон выемочных столбов.

На рис. 1 показано распределение средних ( $Q_{ф. ср}$ ) и максимальных ( $Q_{ф. max}$ ) значений удельных нагрузок на крепь по длине лав № 29 низ и № 38 низ. Как видно из рисунка, для лавы 29 низ максимальные значения этих показателей ( $Q_{ф. ср} = 465,3 \text{ кН/м}^2$ ;  $Q_{ф. max} = 546,3 \text{ кН/м}^2$ ) получены

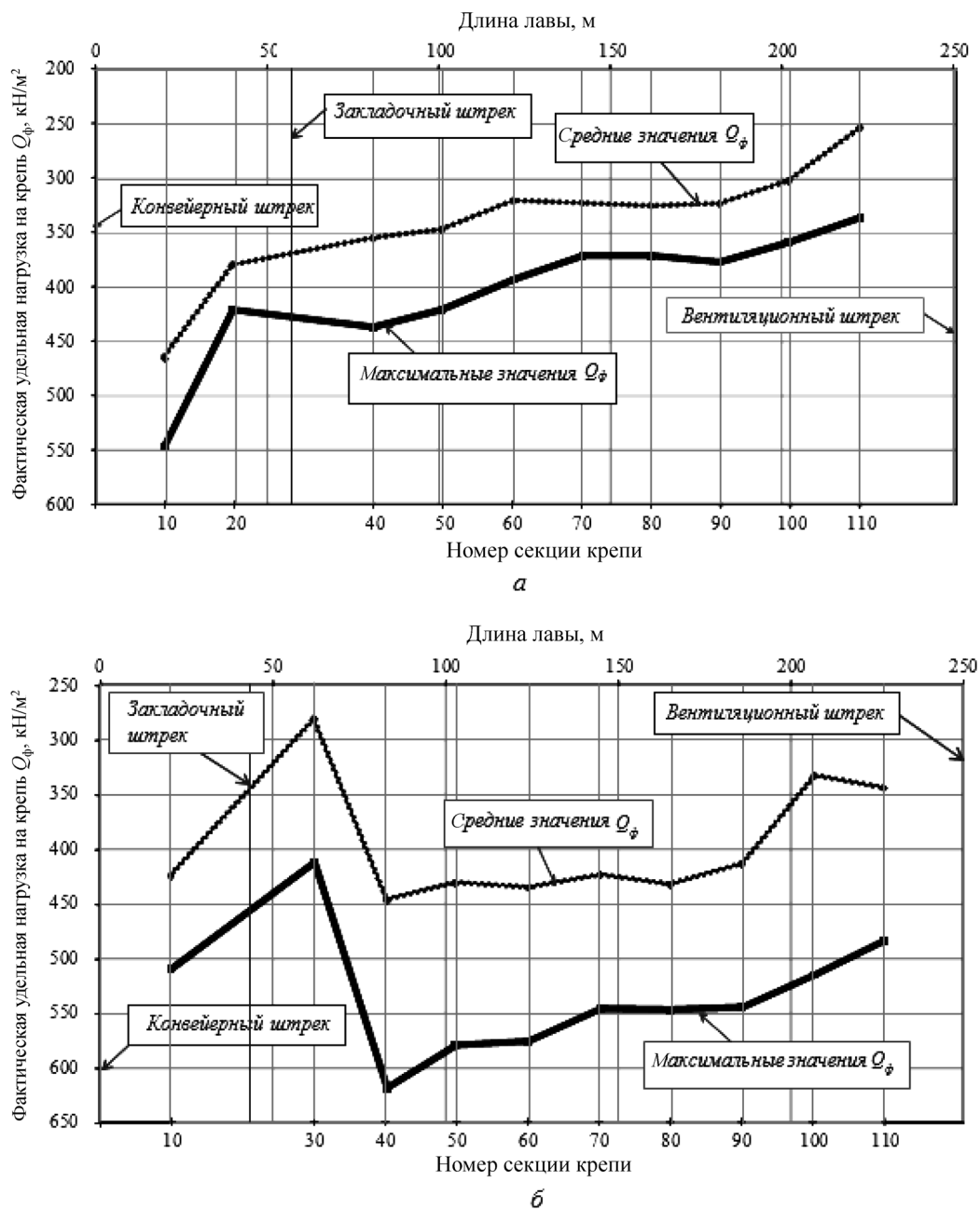


Рис. 1. Распределение средних ( $Q_{ф. ср}$ ) и максимальных ( $Q_{ф. max}$ ) значений удельных нагрузок на крепь по длине лав № 29 низ (а) и № 38 низ (б)

у конвейерного штрека лавы (секция № 10), а минимальные ( $Q_{ф. ср} = 254 \text{ кН/м}^2$ ;  $Q_{ф. max} = 336,5 \text{ кН/м}^2$ ) – у вентиляционного штрека (секция № 110). В основной части лавы распределение фактической удельной нагрузки на крепь имело равномерный характер при средних и максимальных значениях, равных  $302,8\text{--}380,2$  и  $359,4\text{--}436,4 \text{ кН/м}^2$  соответственно. При этом величины распределения средних и максимальных значений ( $Q_{ф}$ ) по длине лавы практически не отличаются друг от друга. В случае лавы № 38 низ наблюдается та же картина. На коротком участке лавы (60–80 м от конвейерного штрека), расположенном вблизи породной полосы у закладочного штрека, зафиксировано вначале резкое уменьшение величины  $Q_{ф}$  (до  $281,1 \text{ кН/м}^2$  – среднее значение и до  $412,0 \text{ кН/м}^2$  – максимальное значение) – секция № 30, а затем скачкообразное возрастание до наибольших значений вдоль всей лавы ( $Q_{ф. ср} = 447,1 \text{ кН/м}^2$ ;  $Q_{ф. max} = 618,9 \text{ кН/м}^2$ ) – секция № 40. В основной части лавы (от секции № 50 до секции № 90) распределение фактической удельной нагрузки на крепь имело равномерный характер при средних и максимальных значениях, равных  $413,9\text{--}431,4$  и  $544,9\text{--}579,6 \text{ кН/м}^2$  соответственно. В краевой части лавы со стороны вентиляционного штрека имело место уменьшение значения  $Q_{ф}$  по сравнению с основной частью до  $332,9 \text{ кН/м}^2$  (средняя величина) и до  $484,0 \text{ кН/м}^2$  (максимальная величина).

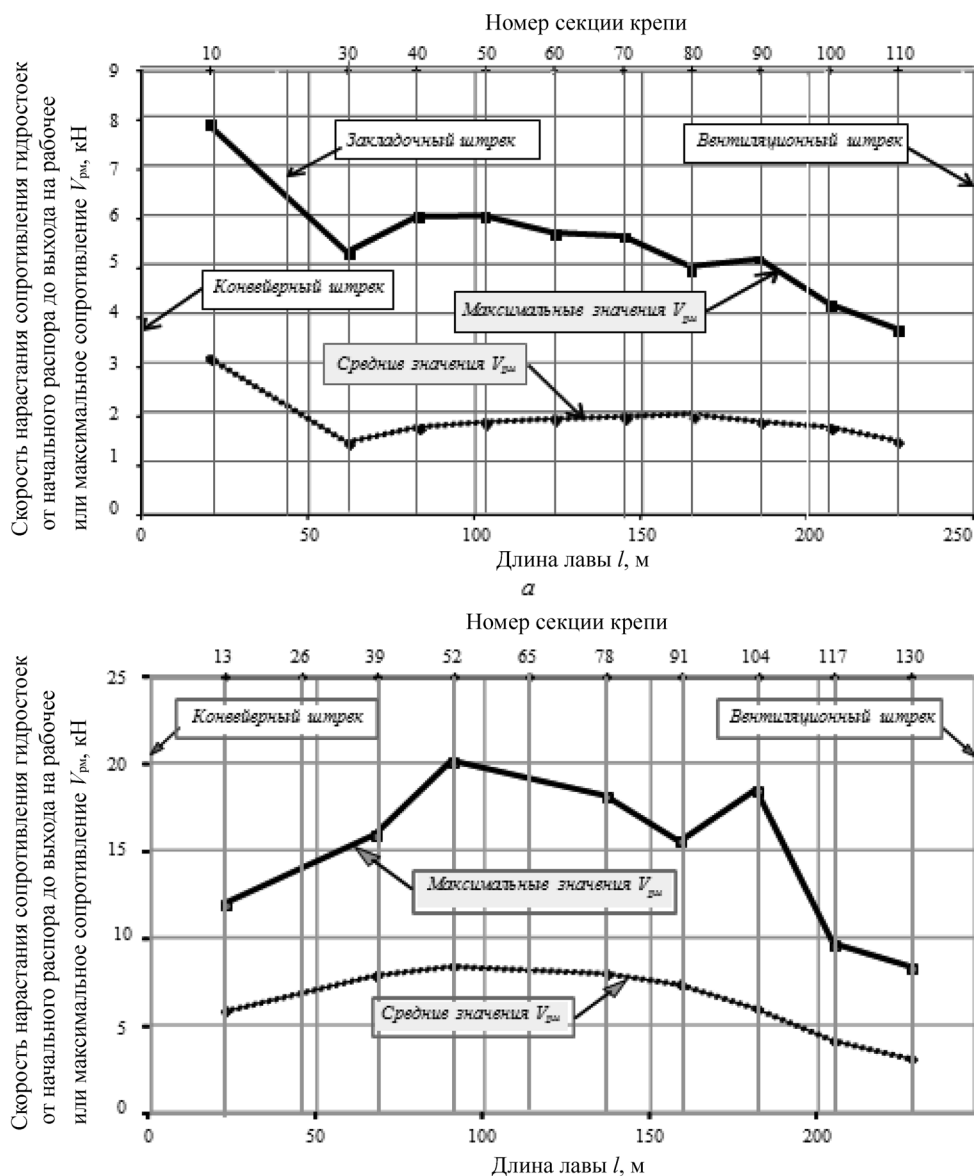


Рис. 2. Изменение скорости нарастания сопротивления гидростоек от начального распора до выхода на рабочее или максимальное сопротивление по длине лавы № 38 низ (а) и № 13-н-2 (б)

Установлено существенное отличие характера распределения горного давления по длине очистных забоев в валовых и селективных лавах. Обработка выемочных столбов валовыми лавами № 13-н-2 и № 102 характеризуется более высокой степенью нагруженности очистных забоев по сравнению с селективными лавами № 29 низ и № 38 низ. Например, скорость нарастания сопротивления гидростоек в циклах очистных работ в валовых лавах превысила аналогичный показатель в селективных лавах в 2,17 раза по средним значениям и в 1,95 раза по максимальным величинам, а фактическая удельная нагрузка на крепь возросла по средним значениям в 1,78 раза, а по максимальным величинам – в 1,61 раза. О высокой степени интенсивности горного давления свидетельствует и тот факт, что в циклах очистных работ с обрушениями основной кровли уровень максимальных значений скорости нарастания сопротивления крепи был близок к критическому уровню, так как достигал 20,18 кН/мин в лаве № 13-н-2 и 17,44 кН/мин в лаве № 102. На рис. 2 показано изменение скорости нарастания сопротивления гидростоек от начального распора до выхода на рабочее или максимальное сопротивление по длине лавы № 38 низ и № 13-н-2.

В валовых лавах № 13-н-2 и № 102 изучались закономерности влияния схем передвижки крепи на степень нагруженности очистных забоев. Установлен похожий характер распределения горного давления по длине очистных забоев при всех схемах передвижки крепи. Разница в значениях основных показателей проявления горного давления в лавах с учетом всех схем передвижки крепи составила 7–22 %. В обеих лавах по всем основным показателям ( $P_{pm}$ ,  $D_{ц}$ ,  $V_{pm}$ ,  $Q_{ф}$ ) центральная часть наиболее нагруженная. В крайних частях значения показателей были ниже на 10–15 % со стороны конвейерного штрека и на 20–25 % со стороны вентиляционного штрека. На рис. 3 приведены графики доли циклов очистных работ со срабатыванием предохранительных клапанов по длине лавы № 102, построенные для двух схем передвижки крепи. Из рисунка видно, что в обеих схемах передвижки крепи доля циклов, в которых гидростойки крепи выходили на рабочее сопротивление, существенно изменяется на различных участках по длине лавы. В то же время характер этого изменения и числовые значения  $D_{ц}$  в обеих схемах передвижки отличаются незначительно. По величине наибольшие средние значения (2290–2674 кН) достигаются в центральной части лавы. Далее уменьшаются показатели до 2224–2262 кН в сторону конвейер-



Рис. 3. Изменение доли циклов очистных работ ( $D_{ц}$ ) со срабатыванием предохранительных клапанов по длине лавы № 102 при различных схемах передвижки крепи

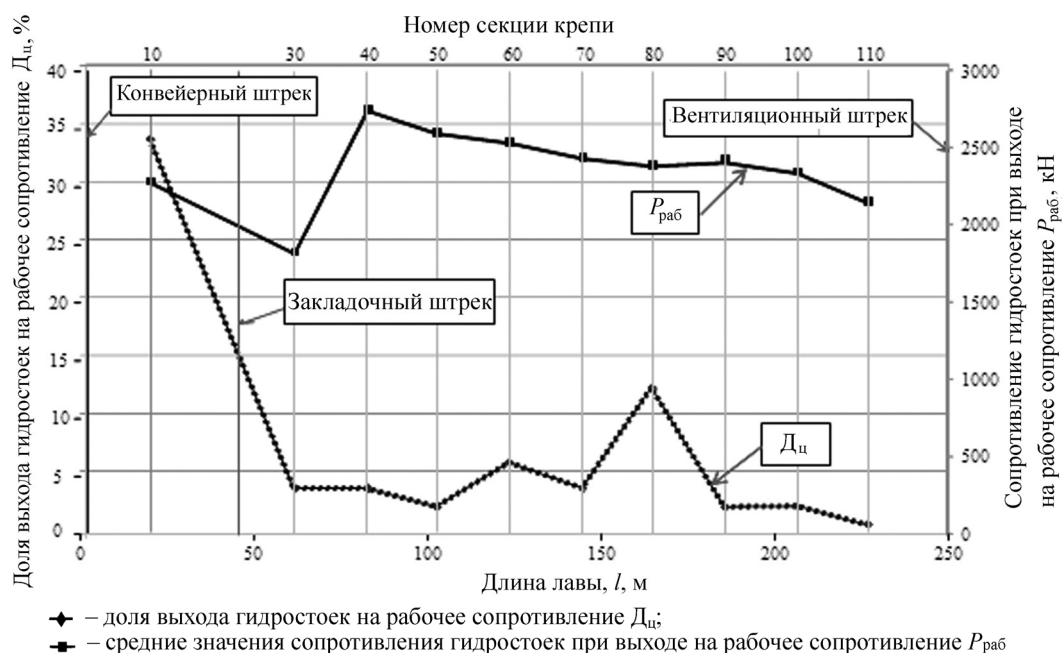


Рис. 4. Изменение рабочего сопротивления ( $P_{раб}$ ) и доли циклов ( $D_{ц}$ ) с выходом гидростоек на  $P_{раб}$  по длине селективной лавы № 38 низ

ного штрека и еще больше снижаются (до 1977–2019 кН) в сторону вентиляционного штрека лавы. В тупиковой части лавы значения сопротивления увеличиваются до 2135–2153 кН.

Результаты наблюдений позволяют сделать вывод, что схема передвижки крепи (последовательная, впереди и позади комбайна) не оказывает существенного влияния на степень нагруженности очистных забоев. Вместе с тем более благоприятные условия взаимодействия крепей с кровлей создаются при схеме передвижки крепи впереди комбайна, так как сразу после передвижки секций они оказываются в зоне влияния очистной выемки комбайна и в ускоренном режиме наращивают сопротивление гидростоек, препятствуя интенсивному опусканию кровли и ее расслоению в призабойном пространстве.

Выявлено также значительное отличие в характере распределения горного давления по длине очистных забоев валовых и селективных лав. Если для валовых лав характерна максимальная нагруженность центральной части забоя (рис. 3), то для селективных лав преимущественно равномерное распределение нагруженности. На рис. 4 показаны графики изменения рабочего сопротивления ( $P_{раб}$ ) и доли циклов с выходом гидростоек на  $P_{раб}$  по длине селективной лавы № 38 низ. Как видно из рисунка, распределение обоих показателей имеет преимущественно равномерный характер. Средние значения рабочего сопротивления в основном находятся в небольшом диапазоне (2154–2600 кН). Лишь на секции № 30 уровень  $P_{раб}$  снижается до 1831 кН, а на секции № 40 возрастает до 2749 кН. Средние значения  $D_{ц}$  у гидростоек всех секций, за исключением секции № 10 рядом с конвейерным штреком, составляют 0,8–12,6 %. Только срабатывание предохранительного клапана у гидростойки секции № 10 происходило при большем количестве циклов очистных работ, чем на других секциях крепи ( $D_{ц} = 34,1$  %).

**Заключение.** В результате выполненных шахтных исследований получены данные о состоянии и нагруженности призабойного пространства в селективных и валовых лавах с труднообрушаемой кровлей Третьего калийного пласта Старобинского месторождения, позволяющие положительно оценить использование в них крепей с повышенной несущей способностью. Отмечено отсутствие существенного влияния схемы передвижки крепи в валовых лавах на величину горного давления. Выявлена зависимость основных показателей проявления горного давления от скорости подвигания очистных забоев в интервале 0,8–5,0 м/сут. Установлен характер распределения горного давления по длине очистных забоев, имеющий отличие в валовых лавах от селективных лав.

## Список использованной литературы

1. Анализ случаев динамических проявлений основной кровли на призабойное пространство нижних лав при слоевой выемке Третьего калийного пласта / В. А. Губанов [и др.] // Горная механика. – 1999. – № 2. – С. 12–16.
2. Петровский, Б. И. Выбор силовых и конструктивных параметров механизированных крепей для разработки Старобинского калийного месторождения / Б. И. Петровский // *Материалы, технология, инструменты*. – 2003. – Т. 8, № 2. – С. 72–75.
3. Петровский, Б. И. Взаимодействие механизированных крепей с кровлей при разработке Старобинского месторождения калийных солей / Б. И. Петровский, В. А. Губанов. – М.: Изд-во МГГУ, 2003. – 152 с.
4. Докукин, А. В. Механизированные крепи и их развитие / А. В. Докукин, Ю. А. Коровкин, Н. И. Яковлев. – М.: Недра, 1994. – 288 с.
5. Орлов, А. А. Крепление и управление кровлей в комплексно-механизированных очистных забоях / А. А. Орлов, С. Г. Баранов, Б. К. Мышляев. – М.: Недра, 1993. – 284 с.
6. Клишин, В. И. Разработка способов и средств адаптации механизированных крепей к динамическим условиям нагружения: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.05.06. / В. И. Клишин; Ин-т горного дела СО РАН. – Новосибирск, 1998. – 34 с.
7. Глушихин, Ф. П. Условия нагружения крепей при первых осадках труднообрушающихся кровель / Ф. П. Глушихин, М. Ф. Шклярский, В. Н. Павлов // *Управление горным давлением и борьба с горными ударами: сб. науч. тр.* – Л.: ВНИМИ, 1980. – 151 с.
8. Шик, В. М. Динамическое воздействие пород основной кровли на выработки / В. М. Шик, Я. А. Бич // *Уголь*. – 1987. – № 4. – С. 18–20.
9. Садыков, Н. М. О возможных скоростях резких осадок кровли // *Горное давление и горные удары* / Н. М. Садыков. – Л.: ВНИМИ, 1975. – Вып. 95. – С. 19–23.
10. Пак, Г. А. Разработка методики расчета шагов обрушения основной кровли и исследование взаимосвязи с интенсивностью метановыделения / Г. А. Пак, П. С. Шпаков, В. Н. Долгоносков // *Машиностроение и безопасность жизнедеятельности*. – 2009. – № 6. – С. 31–36.

*Поступила в редакцию 05.06.2015*