

УДК 622.28.042.4: 622.281.5

д.т.н. Литвинский Г.Г.,  
студ. Богданов А.С.,  
студ. Бережняк А.А.  
(ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР, ligag@ua.ru)

## АНАЛИЗ ОПЫТА КРЕПЛЕНИЯ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК В СЛОЖНЫХ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

*Изучены условия проведения и крепления подготовительных горных выработок на ш. «Суходольская-Восточная». Дан анализ условий крепления и поддержания выработок на примере западного конвейерного штрека 25 западной лавы. Приведены примеры шахтных наблюдений деформаций рамной крепи и пучения пород почвы. Разработаны рекомендации по снижению стоимости крепления и поддержания штрека.*

**Ключевые слова:** производственный опыт, шахтные наблюдения, крепление, поддержание штрека, элементы охраны, рамная крепь, деформации, пучение почвы.

В настоящее время большинство подготовительных горных выработок (около 90%) крепят стальной рамной крепью из спецпрофиля СВП арочного или трапециевидного очертания [1]. При этом существующие стальные рамы в форме трапеции имеют недопустимо низкую несущую способность (не более 50-70 кН) и были почти полностью вытеснены арочной крепью. Однако и эти крепи далеки от совершенства: у них недостаточная работоспособность, большая масса, их монтаж основан на использовании ручного труда, а при отсутствии забутовки закрепного пространства они легко деформируются даже при нагрузках 50-80 кН. Поэтому задача повышения работоспособности крепи подготовительных горных выработок (ПГВ) является актуальной. Цель данной работы – проанализировать опыт применения рамной крепи в сложных горно-геологических условиях ш. Суходольская-Восточная и дать рекомендации по креплению горных выработок в сложных условиях.

На шахте принят прямой порядок отработки пластов, что с позиций прогностической (долговременной) эксплуатации горного предприятия чреват особо тяжелыми условиями поддержания подготовительных горных выработок, необходимо-

стью содержания все увеличивающейся сложной сети горных коммуникаций (транспорт людей, угля, породы, материалов, воды и вентиляции). Это ведет к резкому снижению эффективности добычи угля и технико-экономических показателей работы шахты. Себестоимость добычи угля увеличивается по сравнению с начальной в 1,5-2 и более раз (рис. 1),

Помимо прямого порядка отработки принята сплошная система разработки в самом худшем своем варианте. Не вдаваясь в исторические причины выбора на шахте столь неудачного инженерного решения, следует отметить, что участковые подготовительные выработки необходимо поддерживать и охранять в условиях высокого опорного давления позади лавы, что неминуемо приводит к необходимости их неоднократного ремонта, перекрепления и борьбы с пучением почвы. Затраты на такие непроизводительные работы могут многократно превысить стоимость проведения выработки. Горно-геологические условия усугубляются также тем, что очистные работы ведутся в уклонных полях, что крайне нежелательно и отрицательно сказывается на ТЭП работы шахты (транспорт, водоотлив и др.).

Горнотехнические условия охраны и крепления подготовительных горных выработок на шахте следует отнести к самым небла-



Рисунок 1 – Выкопировка из плана горных работ ш. Суходольская-Восточная

гоприятным из всех возможных. Рассмотрим эти условия (рис. 2) на примере западного конвейерного штрека лавы № 25 (25 ЗКШ). Особенности проведения, крепления и поддержания 25 западного конвейерного штрека (25 ЗКШ) состоят в следующем:

1. 25 западный конвейерный штрек проводится в соответствии с программой развития горных работ СП «Шахтоуправление «Суходольское-Восточное» по пласту  $i_3' + i_3^g$  с подрывкой пород почвы. На-

значение выработки – подача свежей струи воздуха, доставка материалов и оборудования при отработке западной лавы № 25 пл.  $i_3' + i_3^g$  гор. 915 м (рис. 1, 2). По правой стороне выработки проложены противопожарный став, став сжатого воздуха и токопроводящие кабели. По левой стороне смонтирован конвейер СП-202, а далее смонтирован ленточный конвейер для транспортировки горной массы из забоя 25

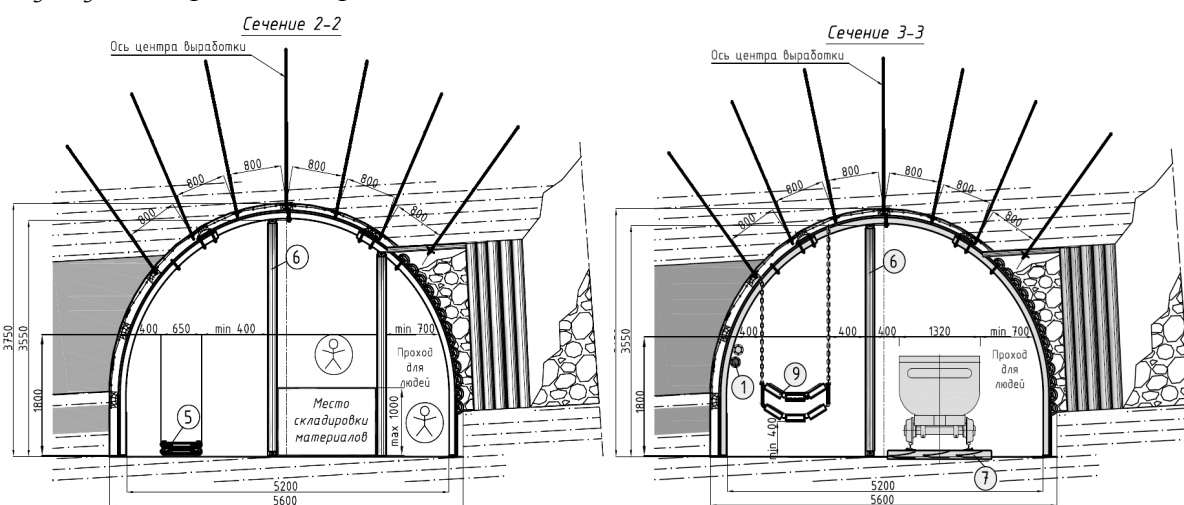


Рисунок 2 – Поперечное сечение конвейерного штрека в зоне сопряжения с лавой и после технологического отхода

западного конвейерного штрека пл.  $i_3' + i_3^6$  гор. 915 м. Для доставки материалов в забой проложен рельсовый путь. По конвейерной цепочке горная масса транспортируется к погрузочному пункту 1 западного вспомогательного уклона, где отгружается в вагоны ВДК-2.5.

2. Выработка проводится по угольному пласту  $i_3' + i_3^6$ . Угольный пласт  $i_3'$  сложного трех-, четырех- пачечного строения, залегает моноклинально с углом падения 7-12°. Уголь черный, блестящий, штриховатополосчатый, с микропрослойками аргиллита, излом ступенчатый, контакт с вмещающими породами четкий. Разделяющий прослой представлен аргиллитом, реже углистым аргиллитом. Аргиллит - темно-серый до черного, горизонтально-слоистый, плитчатой отдельности, с микропрослойками угля.

3. Основная и непосредственная кровля пласта представлена алевролитами: темно-серыми, горизонтально слоистыми, с послойным скоплением углистого материала, малоустойчивыми и не устойчивыми в нижней части слоя 0,10-0,60 м из-за наличия углефицированных отпечатков растительности, что в свою очередь спровоцирует обрушения на высоту до 1,0 м. На небольших площадях в непосредственной кровле залегают аргиллиты темно-серые, плитчатой отдельности, средней крепости, устойчивость ниже средней.

4. Почва представлена алевролитами темно-серыми, горизонтально-слоистыми, трещиноватыми, с отпечатками корней и стеблей растений, средней крепости, средней устойчивости, в верхней части слоя 0,10-0,15 м комковатой текстуры «кучерявичик», слабый. На небольших площадях в непосредственной почве залегают аргиллиты темно-серые, плитчатой отдельности, средней крепости, устойчивость ниже средней. Алевролиты и аргиллиты непосредственной почвы при намокании склонны к «пучению».

5. При проведении выработки встречается мелкоамплитудная тектоника, незначительные размывы пласта со стороны кровли. В зонах нарушений породы кровли крайне неустойчивые, могут обрушаться на высоту до 2-2,5 м. Так же при выделении воды из кровли устойчивость алевролитов непосредственной кровли значительно снижается.

6. Угольный пласт  $i_3'$  опасен по внезапным выбросам угля и газа, выдавливанию. Песчаники кровли и почвы выбросоопасны. На расстоянии 0,12...0,40 м от угольного пласта  $i_3'$  со стороны почвы находится угрожаемый по внезапным выбросам угля и газа пласт  $i_3^6$ .

Наиболее важные параметры паспорта проведения и крепления конвейерного штрека 25 ЗКШ представлены на рисунке 3.

Обращает на себя внимание необычайно мощная система крепления выработки, которая представляет собой комбинированную систему анкерной и стальной арочной крепи с усилением деревянными стойками (рис. 2, 3).

1. Анкерное крепление выработки осуществляется сталеполимерной анкерной крепью повышенной несущей способности со следующими параметрами: шаг установки анкерной крепи – 800 мм; расстояние между анкерами по ширине выработки – 800 мм; анкер металлический Ø25 мм  $L=2400$  мм; ампулы с полиэфирным составом Ø28 мм  $L=300÷600$  мм, подхват  $L=2500$  мм (2 шт.).

2. Параметры стальной арочной крепи приняты в соответствии с расчетом, по которому для крепления 25 западного конвейерного штрека выбрана арочная крепь КЦЛО-14,6 из профиля СВП-33 с узлом податливости ЗПК. Плотность крепи составляет 2 рамы/м. Стойки крепи устанавливаются поочередно в лунки и скрепляют межрамными стяжками с ранее установленной рамой; боковые межрамные стяжки

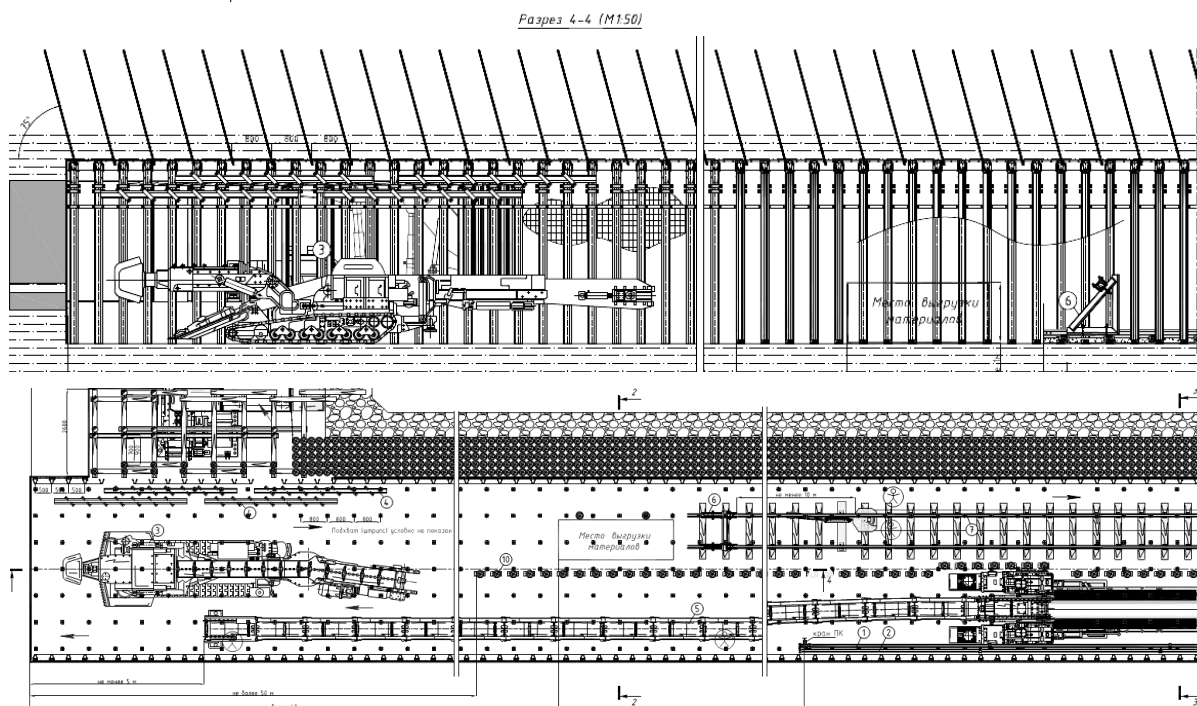


Рисунок 3 – Паспорт проведения и крепления конвейерного штрека 25 ЗКШ: продольный разрез и вид сверху

располагают с учётом ожидаемой податливости крепи, но не менее чем на 0,4 ниже соединительных узлов. При наличии слабых пород в почве, стойки устанавливают на лежни или на деревянные подкладки. Между соединительными замками смежных рам забивают межрамные деревянные распорки и арку заклинивают не менее чем в пяти точках деревянными клиньями в положении, соответствующем паспорту крепления.

3. Затяжка кровли и боков по всему сечению выработки предусмотрена сеткой-затяжкой 800 x 1000 мм с величиной ячейки 100 x 100 мм. Крепление сетки-затяжки между собой осуществляют крючками. Для недопущения просыпания горной массы с боков выработки ведут установку 2 боковых анкеров  $L = 2400$  мм с применением сетки – затяжки.

Ввиду невозможности выполнения паспорта крепления из крепи КЦЛО-14,6 (ОАО «Геомеханика») по техническим и организационным причинам, была принята стальная рамная арочная крепь КМП из спецпро-

филя СВП-33 с верхняком уменьшенной длины и узлом податливости ЗПК (рис. 4).

Как следует из анализа горно-геологических условий, выработка находится в очень сложных ГГУ, а принятые технические решения для крепления выработки нельзя признать безошибочным. Поскольку выработка поддерживается вслед за лавой (рис. 1-3), а пласт угля имеет сложное строение с общей средней мощностью до 2,4 м, то выработка попадает в зону интенсивного стационарного опорного давления в краевой части выработанного пространства по схеме «массив угля – обрезающая крепь – выработанное пространство» [2].

Прогнозируемые смещения пород кровли выработки за лавой для такой схемы поддержания составят (что подтверждается реальным поведением пород – (см. рис. 4): со стороны массива угля, согласно выполненным исследованиям, 0,5...0,7 м; со стороны выработанного пространства – 1,2...1,7 м. Поскольку вертикальная конструктивная податливость принятой крепи не превышает 0,3...0,5 м, а узлы подат-

ливости при уменьшенном верхняке крепи расположены почти перпендикулярно направлению преобладающих вертикальных смещений пород, крепь апостериори неминуемо оказалась полностью деформирована не только на податливом участке ее деформационно-силовой характеристики, но и при работе в квази-жестком режиме взаимодействия с массивом.

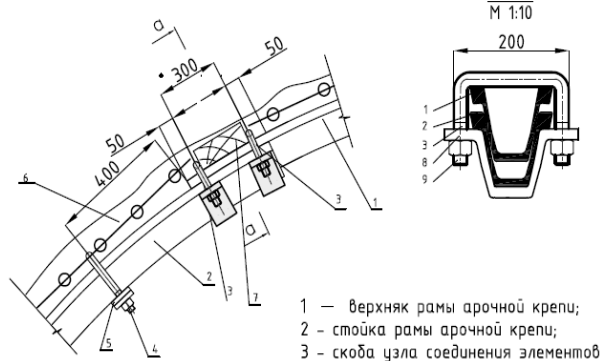


Рисунок 4 – Узел податливости крепи КМП

Попытка увеличить устойчивость выработки за счет увеличения плотности крепи и применения тяжёлого спецпрофиля в конструкции (СВП-33) является неэффективной, поскольку любое увеличение несущей способности крепи не способно повлиять на смещения основной кровли после прохода лавы, не спасает положение и установка в штреке дополнительных деревянных стоек по центру выработки;

Нельзя признать охрану выработки после лавы со стороны выработанного пространства органной крепью из пяти рядов деревянных стоек удовлетворительным техническим решением, так как:

а) стойки установлены непосредственно на берму, что приводит к ее разрушению и потере несущей способности стоек;

б) стойки не обладают необходимой податливостью, что ведет к излишней концентрации нагрузок на них и вызывает их поломку;

с) стремление удержать массив над выработкой за счет его опоры на массив угля и обрезную крепь со стороны выработанного пространства далеко не всегда может быть успешна при применении жестких элементов крепления и охраны (анкера, арочная крепь после истощения податливости, стойки обрезной крепи и дополнительные стойки в выработке).

Общее представление о состоянии 25 ЗКШ по мере удаления от сопряжения с уклоном можно проследить по фотографиям (рис. 5-9). Если в начале состояние штрека можно считать удовлетворительным, что объясняется наличием опоры в виде массива пород со стороны уклона, то далее с возрастанием номеров пикетов (ПК) его состояние ухудшается. На рисунке 5 видно нарастание деформаций крепи в штреке 25 ЗКШ по мере удаления от уклона (рис. 1): а) начальное состояние крепи, б) разрывы концов стоек на узлах податливости, малая величина скольжения элементов рамы в узлах податливости, в) потеря арочной формы в виде выполаживания верхняка вплоть до обратного изгиба. Это безуспешно пытались предотвратить установкой дополнительных стоек под узлы податливости, которые из-за изгиба верхняка выключились из работы.

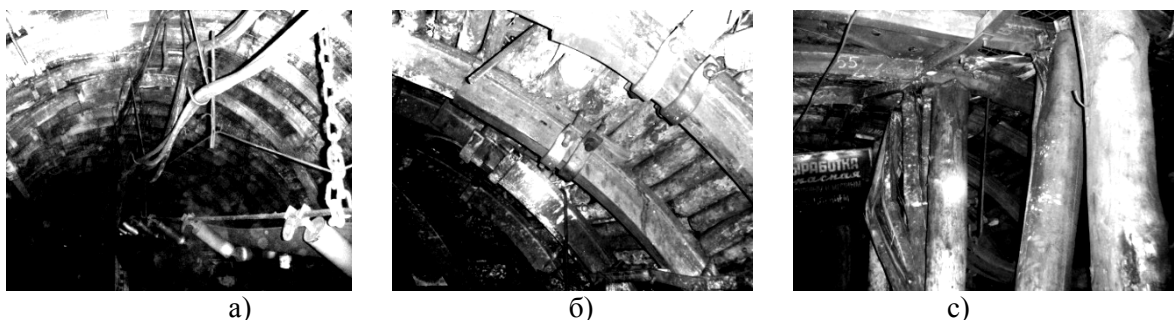


Рисунок 5 – Общий вид крепи 25 ЗКШ по мере удаления от уклона



Рисунок 6 – Деформации стоек рамной крепи КМП в виде потери продольной устойчивости и скручивания профиля

Состояние стоек крепи 25 ЗКШ по мере удаления от сопряжения с уклоном (ПК 6-8) ухудшается: явственно прослеживается полная потеря общей устойчивости стоек крепи (по Эйлеру) и местная потеря устойчивости стенок профиля, которая оказалась явно недостаточной несмотря на применение спецпрофиля СВП 33. Стойки полностью потеряли несущую способность (сопротивление), что чревато завалом выработки.

На рисунке 7 можно наблюдать ухудшение состояния верхняков арочной крепи КМП в штреке 25 ЗКШ. На первом фото представлена типичная картина наклона рамы вдоль выработки после ее предварительной деформации в виде разрывов днища спецпрофиля и потери его общей и местной устойчивости. Такие рамы обладают ничтожной несущей способностью и представляют угрозу для горнорабочих



Рисунок 7 – Деформации верхняков рамной крепи КМП: разрывы сплошности, потери продольной устойчивости и скручивания профиля



Рисунок 8 – Состояние сетчатой затяжки и межрамных стяжек рамной крепи КМП



Рисунок 9 – Пучение почвы

из-за возможного внезапного обрушения.

Важную информацию дает изучение характерных деформаций сетчатой затяжки и межрамных стяжек (рис. 8). Обращает на себя внимание факт ее удовлетворительной, по сравнению с арочной крепью, сохранности в боках выработки, несмотря на то, что затяжки между собой соединены явно ущербной конструкцией – всего лишь крюками в виде отогнутых концов, что снижает их несущую способность в 3-4 раза.

В штреке в зоне стационарного опорного давления после прохода лавы наблюдается довольно интенсивное пучение почвы (рис. 9). Пучение проявляется уже на небольшом расстоянии от забоя (около 10-20 м) и происходит путем выдавливания слоев пород в виде продольно-поперечного изгиба и потери устойчивости [3]. Пучение, которое приводит к подъему пород до 1-1,5 м, существенно усложняет нормальную эксплуатацию штрека и требует проведение постоянной подделки пород. Установленные промежуточные деревянные стойки после начала проявления пучения не способны сдержать выдавливания пород и часто оказываются сломанными.

**Выводы.** В результате изучения опыта крепления горных выработок в условиях шахты можно дать следующие рекомендации по креплению выработки, которые позволят снизить стоимость крепления в 2-3 раза и снизить затраты на поддержание выработки в 1,5-2 раза:

1. Поскольку рамная крепь в силу особенностей размещения относительно пласта угля оказывается под сосредоточенным давлением со стороны кровли без бокового подпора и учитывая высокие смещения пород кровли, которые после установки анкеров смещаются вниз как единое целое, а также то обстоятельство, что узлы податливости оказались установленными не по направлению смещений, следует заменить крепление горной выработки на крепь КПС –Т из спецпрофиля СВП 22 с шагом установки рам 0,8 м и конструктивной вертикальной податливостью 1,2 м в замках типа ЗПК. При этом состояние выработки по крайней мере не ухудшится, а трудовые и материальные затраты на крепление снизятся в 1,5-2 раза.

2. Наиболее эффективной для подобных ГТУ следует считать крепь рамную распорную КРР-Т4 конструкции ДонГТУ. Ее основная особенность состоит в использовании для несущих элементов сортамента общестроительного назначения и предварительного распора крепи в кровлю с использованием мощной центральной стойки, которая устанавливается в центре верхняка. При этом сам верхняк благодаря своим консолям по концам предварительно напрягается. Это приводит к суммарному увеличению работоспособности верхняка и крепи в целом в 8-10 раз.

3. Вместо решетчатой сварной затяжки с неэффективными крюковыми соединениями следует применить решетчатую равнопрочную затяжку конструкции ДонГТУ, которая обладает при той же массе удвоенной несущей способностью и высокой надежностью.

**Библиографический список**

1. Литвинский Г. Г. Стальные рамные крепи горных выработок / Г. Г. Литвинский, Г. И. Гайко, Н. И. Кулдыркаев. — К.: Техника, 1999. — 216 с.
2. Литвинский Г. Г. Опорное давление и устойчивость подготовительных выработок / Г. Г. Литвинский. — Уголь Украины, 1981. — № 4. — С. 19-22.
3. Литвинский Г. Г. Механизм пучения пород почвы в подготовительных выработках / Г. Г. Литвинский. — Уголь, 1987. — № 2. — С. 15-17.
4. Литвинский Г. Г. Рамная полигональная крепь из коробчатого профиля / Г. Г. Литвинский, Э. В. Фесенко. — Уголь, 2014. — № 6. — С. 19-24.

*Рекомендована к печати д.т.н., проф. ДонГТУ Клишиным Н.К.,  
д.т.н., проф. ДонНТУ Борщевским С.В.*

**д.т.н. Литвинський Г.Г., студ. Богданов О.С., студ. Бережнюк О.О.**  
(ДонДТУ, м. Алчевськ, ЛНР)

**АНАЛІЗ ДОСВІДУ КРІПЛЕННЯ ПІДГОТОВЧИХ ВИРОБОК В СКЛАДНИХ ГІРНИЧО-ГЕОЛОГІЧНИХ УМОВАХ**

*Вивчені умови проведення та кріплення підготовчих гірничих виробок на ш. «Суходольська-Східна». Дан аналіз умов кріплення і підтримання виробок на прикладі західного конвеєрного штреку 25 західної лави. Наведені приклади шахтних спостережень деформацій рамного кріплення і здимання порід ґрунту. Розроблені рекомендації по зниженню вартості кріплення і підтримки штреку.*

**Ключові слова:** виробничий досвід, шахтні спостереження, кріплення, підтримання виробки, елементи охорони, рамне кріплення, деформації, здимання ґрунту.

**Doctor Engineering Litvinskyi G.G., Bachelor degree seeker Bogdanov A.S., Bachelor degree seeker Berezhnyak A.A. (DonSTU, Alchevsk, LPR)**

**ANALYSIS OF SUPPORT EXPERIENCE OF DEVELOPMENT HEADINGS UNDER DIFFICULT MINING AND GEOLOGICAL CONDITIONS**

*Conditions for carrying and supporting of development headings in «Sukhodolskaya-Vostochnaya» mine were studied. Condition analysis for excavation supporting and maintenance on the base of west belt entry of the 25-th west longwall was given. Observations results of frame support deformations and rock heaving were presented. Recommendations on cost reduction for support and gallery maintenance were developed.*

**Key words:** production experience, mine observations, supporting, maintenance, elements of protection, frame support, deformations, rock heaving.