УДК 622.268.6

Ю.Г.СИРЕНКО, *канд. техн. наук, доцент, SirenkoYG@mail.ru*
Н.В.ТАРАКАНОВ, *студент, nikita.tarakanoff@gmail.com*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

Y.G.SIRENKO, *PhD in eng. sc., associate professor, SirenkoYG@mail.ru*
N.V.TARAKANOV, *student, nikita.tarakanoff@gmail.com*
National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

ПРОБЛЕМЫ ПОДДЕРЖАНИЯ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК СТАРОБИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НА БОЛЬШИХ ГЛУБИНАХ

На основании результатов исследований, выполненных ранее и актуализированных новыми данными, отражающими современное состояние горных работ в рудниках Старобинского месторождения ОАО «Беларуськалий», показаны изменения деформационно-реологических свойств глинисто-соляных пород и форм проявления горного давления на больших глубинах. Представлены новые разработки и сформулированы первоочередные задачи по поддержанию горных выработок на глубинах разработки 800 м и более.

***Ключевые слова*:** ползучесть глинисто-соляных пород, расслоения, скорость деформирования, глубина разработки, горное давление, деформационно-реологические свойства, крепление горных выработок, анкерно-тросовая крепь.

PROBLEMS OF SUPPORTING PREPARATORY EXCAVATION ON STAROBIN DEPOSITS AT GREAT DEPTHS

Based on the research results carried out earlier and updated by the new data reflecting the modern condition of mining operations at the PC “Belaruskali” mines of the Starobin deposit , shown the changes of deformation and reological properties of clay and salt rocks and forms of underground pressure appearance at the mining depths of 800 m and more.

***Key words*:** clay and salt rocks creep, stratifications, deformation speed, mining depth, underground pressure, deformation and reological properties, roadways supporting, anchor and rope support.

Старобинское месторождение калийных солей в Республике Беларусь эксплуатируется с начала 60-х гг. прошлого века. Первоочередному освоению подлежали наиболее доступные по условиям разработки участки месторождения, залегающие на глубинах 450-700 м. К настоящему времени значительная часть запасов, вскрытых 35-40 лет назад, уже отработана, в связи с этим все острее становится вопрос восполнения рудной базы для производства калийных удобрений. Все разведанные к настоящему времени и вводимые в эксплуатацию запасы калийной руды залегают на достаточно больших глубинах (800 м и более), поэтому совершенно очевидно, что задача поддержания подготовительных выработок в устойчивом состоянии на таких глубинах в ближайшее время начнет приобретать все большую актуальность.

Как известно, основной формой проявления горного давления в горных выработках калийных рудников является ползучесть вмещающих их пород, а также происходя-

щие на ее фоне расслоение и отслоение по глинистым прослойкам [3]. Проявления свойств ползучести соляных пород вокруг выработок происходят в виде смещения этих пород внутрь выработки.

По данным натурных и лабораторных исследований [1, 2] установлено, что с ростом глубины в интервале 400-600 м рост скорости деформирования контура пропорционален ее увеличению, а при больших глубинах этот показатель растет быстрее. Согласно этой зависимости для одиночных выработок Второго калийного горизонта, увеличение глубин до значений $H_1 = 800$ м и $H_2 = 1000$ м при неизменной агрегатной прочности пород $\sigma_{сж} = 28$ МПа параметр ползучести соответственно в 1,2 и в 3 раза выше, что указывает на развитие нелинейных деформаций ползучести контура, т.е. на стадию прогрессирующей ползучести. При этом скорости деформирования стенок выработок на этих глубинах по сравнению с глубиной 600 м возрастут в 2 и 6 раза соответственно и во столько же раз сократится и срок службы выработок.

Основными способами поддержания выработок на Старобинском месторождении является рациональное расположение их в пласте относительно друг друга, а также регулирование горного давления с помощью компенсационных полостей (щелей, разгружающих выработок). В течение длительного периода времени крепление горных выработок анкерами носило вспомогательный характер: оно выполнялось с целью упрочнения нижней части кровли, при этом необходимая по условию устойчивости мощность скрепляемых анкерами пород не превышала 1-1,5 м. На рудниках месторождения применяется анкерная крепь трех типов: железобетонная, клинораспорная и металлическая винтовая.

В зависимости от горно-геологических условий и назначения крепи были разработаны анкеры различных типоразмеров по длине (максимальная длина не более 1,8 м). Эта анкерная крепь долгие годы в полном объеме отвечала требованиям горно-геологических и горно-технических условий отработки месторождения. Однако в процессе эксплуатации подготовительных выработок шириной 3-4,5 м на глубинах разработки 750 м и более были получены новые закономерности деформирования их кровли и выявлены недостатки использования этой крепи. В частности, в выработках шириной 4,5 м прогиб кровли достигал порой 0,5-0,7 м, а высота расслоений кровли фиксировалась на высоте до 5-6 м, т.е. намного выше, чем длина применяемых анкеров. Последнее означает, что существующая анкерная крепь перемещается внутрь выработки вместе с деформированными породами, не оказывая практически никакого влияния на напряженно-деформированное состояние породного контура из-за ее недостаточной длины и несущей способности, что подтверждалось разрывом тела анкера или срезом резьбового соединения гайки и тела анкера (для анкера клинораспорного типа). Кроме того, податливость применяемой анкерной крепи была абсолютно не соизмерима с достигаемым в процессе длительной эксплуатации выработок прогибом кровли (0,5-0,7 м).

Как показывают результаты шахтных испытаний [4], податливость крепи находится в пределах 20-30 мм для винтовых анкеров и 70-75 мм для клинораспорных. Вполне понятно, что преждевременное разрушение подготовительных горных выработок в подобных горно-технических условиях является следствием проявления реологических свойств массива соляных пород, описанных выше. Соответственно следует также ожидать, что по мере увеличения глубины разработки проблемы, связанные с поддержанием горных выработок, будут закономерно усугубляться.

В сложившейся ситуации как никогда остро стоит вопрос о совершенствовании действующих, разработке, опробовании и последующем применении новых способов поддержания и крепления горных выработок, проводимых в соляном массиве на больших глубинах разработки. Первые шаги в данном направлении уже были предприняты. Разработана и испытана в лабораторных и в шахтных условиях новая конструкция комбинированных анкеров и стяжной анкерно-тросовой крепи, изобретенной совместно работниками ПО «Беларуськалий» и Института горного дела.

Опытно-промышленные испытания анкерно-тросовой крепи выполнялись на конвейерном штреке лавы, где в кровле выработки с шагом 1,4-1,5 м было установлено 10 комплектов крепи. Схема установки одного комплекта крепи представлена на рисунке. Кровля штрека до установки экспериментальной крепи была закреплена винтовыми анкерами в соответствии с паспортом крепления, а также в зоне временного опорного давления, с целью преждевременного разрушения кровли выработки на расстоянии 30-50 м от забоя лавы, устанавливалась по центру штрека деревянная стоечная крепь (рудстойки) с шагом 0,8-1,5 м. На экспериментальном участке рудстойки не устанавливались. Как видно из рисунка, несущими элементами крепи являются трос и анкер. Трос в скважине закреплялся на расстоянии 1,0-1,3 м от ее устья с помощью комбинированного анкера, распорной втулки, а также расклиненных конусами деревянных пробок. Комбинированный анкер в шпуре удерживался за счет внедрения в породы его винтовой части длиной 0,75 м, трос устанавливался с предварительным натяжением 1,5-2,0 кН. Работы по установке анкерно-тросовой крепи выполнялись вне зоны временного опорного давления лавы.

На замерных станциях, выполненных на базе контурных реперов, выполнялись измерения конвергенции почва – кровля штрека. Из-за наличия в штреке оборудования станции устанавливались не по центру штрека, а со смещением на 1 м в сторону выемочного столба. Оценка эффективности работы анкерно-тросовой крепи выполнялась по характеру деформирования штрека на контрольном и экспериментальном участках.

Прогиб кровли на всем экспериментальном участке начинал активно проявляться впереди забоя лавы на расстоянии 3-5 м, где достигал 0,25-0,35 м. Основной же прогиб кровли величиной от 0,4-0,5 до 0,6-0,7 м отмечался на уровне забоя лавы и в отработанном пространстве на расстоянии до 2,5-3,0 м позади секции механизированной крепи сопряжения. При этом на всем экспериментальном участке не было отмечено вывалов пород кровли и поломок затяжки между тросами. Прогнувшаяся кровля равномерно располагалась по всей длине троса, создавая тем самым равномерно распределенную нагрузку. Во время испытаний не было выявлено случаев обрыва троса или отдельных его прядей, среза и смятия резьбы на анкерах и гайках. Вытягивание троса из скважины (до 3 см) отмечалось на некоторых комплектах крепи только в отработанном пространстве. Несмотря на положительные результаты испытаний, конструкция данной крепи обладает рядом недостатков, среди которых основными являются трудоемкость ее изготовления и установки [5].

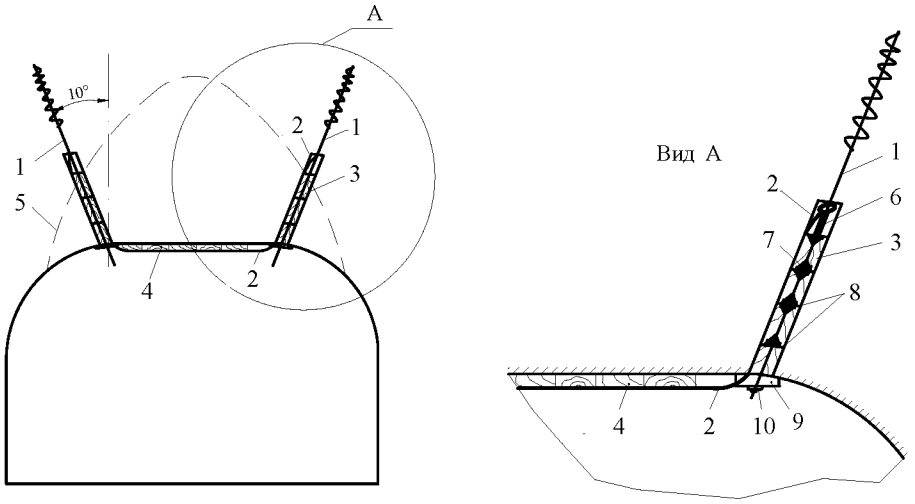


Схема установки анкерно-тросовой крепи в конвейерном штреке лавы при ее опытно-промышленных испытаниях

1 – комбинированный анкер; 2 – трос с двумя стропами; 3 – деревянная пробка; 4 – затяжка; 5 – свод обрушения пород; 6 – распорная втулка; 7 – конус; 8 – промежуточная шайба; 9 – опорная шайба; 10 – гайка М20

На Старобинском месторождении калийных солей увеличение глубины отработки свыше 800 м вызывает увеличение в 2-6 раз скорости деформирования контура капитальных и подготовительных выработок и соответственно сокращение срока их службы. Это связано как с достижением предела длительной прочности приконтурных пород и переходом их деформирования в стадию прогрессирующей ползучести, так и с ростом интенсивности процессов их отслоения и расслоения по слабым глинистым прослойкам. Из-за недостаточной податливости и несущей способности эффективность крепления анкерной крепью стала снижаться. Кроме того, расслоения кровли в выработках начали проявляться на высоте 3-5 м при максимальной длине анкеров 1,8 м.

Рациональное расположение в пласте относительно друг друга, а также регулирование горного давления с помощью компенсационных полостей (щелей, разгружающих выработок) в этих условиях остаются основными способами поддержания выработок, но не решают всех проблем. Кроме того, применение компенсационных щелей в некоторых случаях требует использования анкеров увеличенной длины с повышенной несущей способностью и большей податливостью.

В сложившейся ситуации остро стоит вопрос о совершенствовании действующих и разработке, опробовании и последующем применении новых способов поддержания и крепления горных выработок, проводимых в соляном массиве на больших глубинах. Первые шаги в этом направлении (разработка, лабораторные и шахтные испытания новых конструкций комбинированных анкеров, стяжной анкерно-тросовой крепи) показали актуальность проблемы и сложность обеспечения устойчивости выработок калийных рудников, удовлетворения требований, предъявляемых к крепи со стороны производства.

Выводы

Обеспечение устойчивости и безопасной эксплуатации горных выработок на Старобинском месторождении калийных солей с увеличением глубины отработки в первую очередь требует решения следующих задач:

- улучшение деформационных и силовых характеристик анкерной крепи, т.е. увеличение несущей способности до 200 кН; податливости до 250 мм и длины до 3-6 м.
- разработка новых либо совершенствование существующих специальных видов крепи (например, стяжной либо анкерно-тросовой) для последующего применения их на сопряжениях горных выработок либо в выработках, имеющих ширину 4,0-4,5 м и более.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Константинова С.А.* Методика определения натурных параметров ползучести горных пород / С.А.Константинова, В.А.Москвин // Изв. вузов. Горный журнал. 1978. № 5.

2. *Константинова С.А.* Деформируемость соляных пород в окрестности выработок глубоких горизонтов Солигорских калийных рудников / С.А.Константинова, В.А.Мисников, Э.Ф.Житков // Изв. вузов. Горный журнал. 1987. № 6.

3. *Мисников В.А.* О формах и особенностях проявления горного давления в окрестности незакрепленных одиночных выработок Солигорских калийных рудников // Совершенствование разработки калийных месторождений: Межвуз. сб. науч. трудов. Пермь, 1987.

4. *Николаев Ю.Н.* Испытание анкерной крепи на Солигорских рудниках / Ю.Н.Николаев, П.П.Ногин, В.А.Губанов // Подземное и шахтное строительство. 1991. № 9.

5. Опытно-промышленные испытания анкерно-тросовой крепи / Д.Т.Карабань, А.Л.Поляков, В.А.Губанов, В.Я.Прушак // Маркшейдерия и недропользование. 2009. № 3.

REFERENCES

1. *Konstantinova S.A., Moskvin V.A.* Method of determining the natural parameters of rock creep // Proceedings of the universities. Mining Journal. 1978. N 5.

2. *Konstantinova S.A., Misnikov V.A., Zhitkov E.F.* Deformability of rock salt mines in the vicinity of the deep levels Soligorsk potash mines // Proceedings of the universities. Mining Journal. 1987. N 6.

3. *Misnikov V.A.* On the forms and characteristics of rock pressure in the vicinity of single loose workings Soligorsk potash mines // Improvement of potash deposits: Scientitic works. Perm, 1987.

4. *Nikolaev Y.N., Nogin P.P., Gubanov V.A.* Test anchors to Soligorsk mines // Underground mining and construction. 1991. N 9.

5. Pilot tests-tension rope lining / D.T.Karaban, A.L.Polyakov, V.A.Gubanov, V.J.Prushak // Mine surveying and subsoil. 2009. N 3.