

УДК 622.281

**АНАЛИЗ ПРОЯВЛЕНИЙ ГОРНОГО ДАВЛЕНИЯ ПРИ
ПРОВЕДЕНИИ ПРОТЯЖЕННЫХ ВЫРАБОТОК В РАЙОНЕ
МЕЛКОАМПЛИТУДНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ
НАРУШЕНИЙ (НА ПРИМЕРЕ УКЛОНА БЛОКА № 10
ШУ «ПОКРОВСКОЕ»)**

Сдвижкова Е. А., Кравченко К. В., Халимендик А. В.
(Государственный ВУЗ «НГУ», г. Днепрпетровск, Украина)

Халимендигов Е. Н., Янжула А. С.
(Публичное акционерное общество
«ШУ «Покровское», г. Красноармейск, Украина)

Отримана комплексна оцінка стану капітальної гірничої виробки, побудова якої виконується в складних гірничо-геологічних умовах, наведено результати зіставлення візуальних спостережень з інформацією про наявність геологічних зрушень уздовж траси виробки, виконано чисельний аналіз методом скінчених елементів; сформульовані завдання подальших досліджень щодо вдосконалення засобів кріплення виробки.

The complex state estimation of gallery built in hard geological terms is done; the comparison of supervisions and information about the geological term changes along the gallery heading are resulted, numerical FEM analysis is performed; the tasks of subsequent research concerning support perfection are formulated.

Введение. Спецификой подземной добычи угля является необходимость постоянного выполнения горнопроходческих работ для создания новых производственных мощностей и отработки уже подготовленных. С увеличением глубины разработки, выполнение таких работ усложняется, что характеризуется постоянным ростом расходов на поддержание и ремонт выработки, необ-

ходимостью повышения металлоемкости крепи и проведения специальных мероприятий, что в конечном итоге приводит к увеличению себестоимости угля. Для обеспечения эксплуатационного состояния горных выработок приходится вести ремонтные работы, связанные с заменой деформированных элементов крепи, применением временной усиливающей крепи, увеличением плотности установки рам и заменой межрамных ограждений крепи, подрывкой вспученных пород почвы и др.

Традиционные технологии обеспечения устойчивости выработки, в частности, установка рамных и рамно-анкерных крепей, часто не обеспечивают требуемого уровня их состояния. Это приводит к тому, что эксплуатационные затраты, необходимые для поддержания выработок в работоспособном состоянии в соответствии с правилами безопасности, становятся соизмеримыми со стоимостью проведения выработки, а порой даже превосходят их. Такая тенденция особенно характерна для выработок с длительным сроком эксплуатации, находящихся в сложных горно-геологических условиях.

Проблема поддержания таких выработок связана, во-первых, с неполным соответствием конструкции и необходимой несущей способности типовых крепей фактическим горно-геологическим условиям эксплуатации, а во-вторых, с изменчивостью горно-геологических условий по трассе выработки, в частности с наличием мелкоамплитудных геологических нарушений. Таким образом, крепь, рассчитанная по некоторым усредненным показателям свойств породного массива и величине внешней нагрузки, будет обеспечивать устойчивость выработки только на определенных «благополучных» участках. И только в том случае, если крепь установлена качественно, без нарушений технологической дисциплины и паспорта крепления.

Вопросы проектирования крепи выработок для конкретных горно-геологических условий с возможностью изменения ее параметров во время проведения и поддержания, оптимизации затрат при сохранении требуемых эксплуатационных функций, рассматривались многими исследователями [1-3]. В ряде случаев вопросы безремонтного поддержания выработок решались путем применения эффективных комбинированных видов крепи (АНТ,

ШСНТ и др.), использующих эффект совместной работы крепи и окружающих выработку пород.

Основой проектирования любой крепи должны быть результаты шахтных обследований состояния выработки и крепи.

В данной статье приведены результаты анализа состояния капитальной протяженной выработки, пройденной в сложных горно-геологических условиях шахты «Красноармейская-Западная», выполненного с целью дальнейшего геомеханического обоснования рекомендаций по повышению ее устойчивости. Поддержание выработок глубоких горизонтов в данном регионе усложнено наличием многочисленных геологических нарушений, интенсивной трещиноватостью пород, снижением прочности этих пород при увлажнении, пучением пород почвы. В частности, в таких условиях проводится уклон блока № 10 горизонта 860 м.

Результаты обследования состояния капитальной выработки – уклона № 10 ПАО «ШУ «Покровское». Значительная глубина заложения выработки обуславливает интенсивное проявление горного давления. Кроме того, горные работы проводятся в зоне ступенчатого сброса пласта с суммарной амплитудой смещения угольного пласта 2,3 м в районе пикетов ПК 40-43. При прохождении выработки обнаружены мелкоамплитудные тектонические нарушения, сопровождающиеся обрушениями пород кровли с повышенным выделением газа метана и воды.

Выработка спроектирована с учетом всех усложняющих факторов (табл. 1). Тем не менее, обеспечение ее устойчивого состояния требует постоянных дополнительных ремонтно-восстановительных мероприятий.

С целью выявления факторов, ухудшающих состояние выработки, выполнено попикетное ее обследование с одновременным анализом горно-геологических условий по трассе выработки. Данные о деформациях крепи, пучении пород почвы и других проявлениях горного давления обобщены и сопоставлены с данными геологической службы о структурной нарушенности угольного пласта и вмещающих пород (табл. 2).

Таблица 1

Общие сведения об уклоне блока № 10

| | |
|---------------------------------------|---|
| Показатели по проекту: м ² | |
| • в проходке $S_{пр}$ | 25,0 |
| • сечением в свету $S_{св}$ | 22,0 |
| Тип крепи | КШПУ-17,7; КШПУ-20,3; КШПУ-22,0 КМП-А4Р2-22,0 КМП-А5Р3-25,0 |
| Шаг установки крепи, м | 0,5; 0,67 |
| Тип затяжки | ж/б и металлическая сетчатая |
| Количество анкеров длиной 2,4 м | 8-14 |
| Способ проведения | комбайновый |
| Угол наклона, град | 3 |
| Глубина (устье...забой), м | 830...860 |

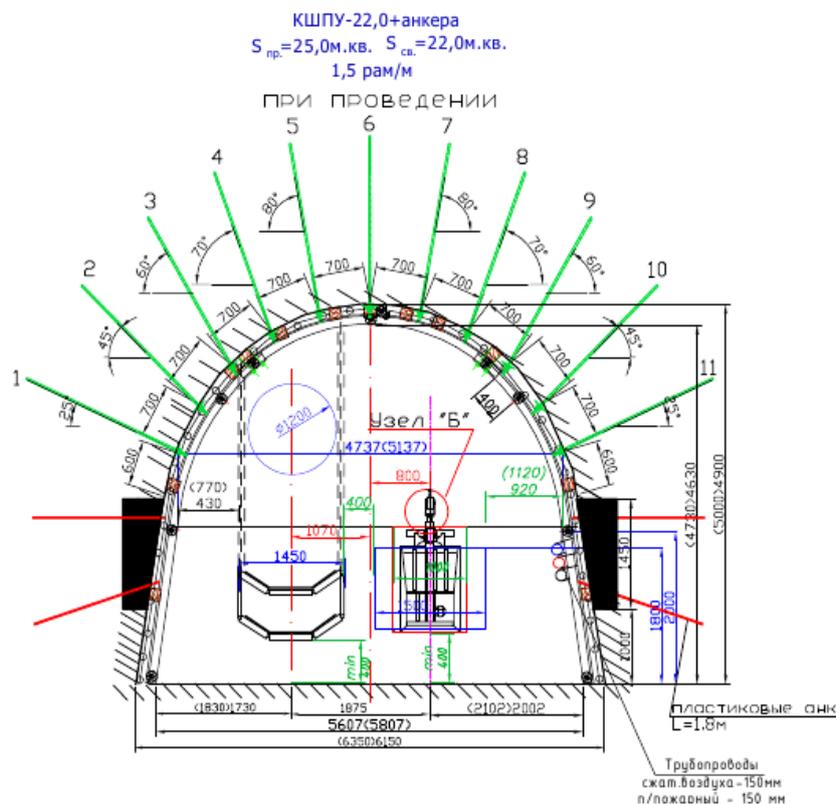
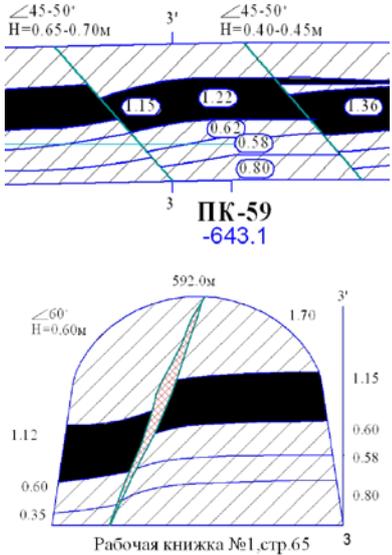
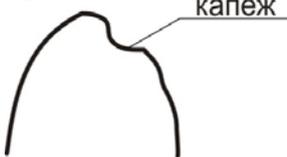
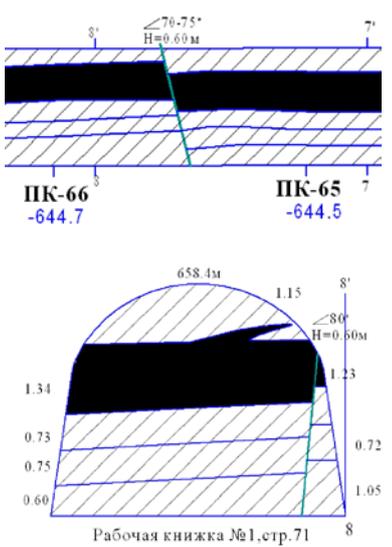


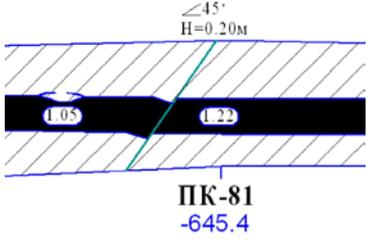
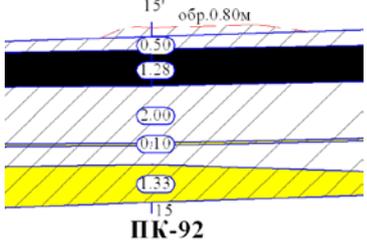
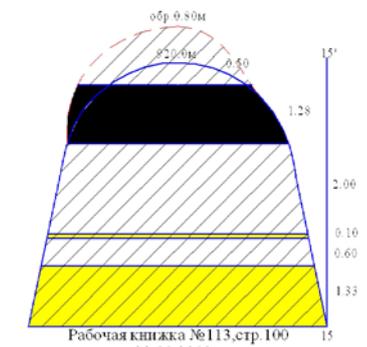
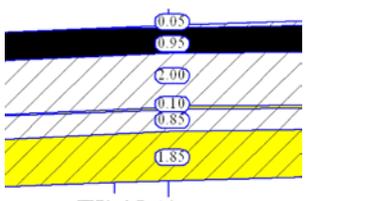
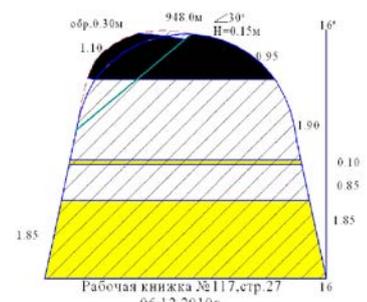
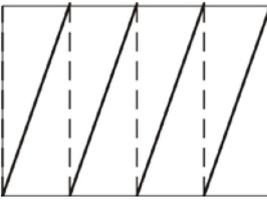
Рис. 1. Типовое сечение (паспорт проведения уклоне блока № 10)

Таблица 2

Данные о проявлениях горного давления по трассе уклона

| № ПК | Наличие геологических нарушений. Расположение выработки относительно угольного пласта | Виды деформаций крепи и пород |
|-------|---|--|
| 1 | 2 | 3 |
| 0-56 | Не выявлено | Разрушена ж/б затяжка до 50%. Визуально наблюдаемое пучение. Крезь равномерно обжата смещающимися породами |
| 57-64 |  | <p>Несимметричные деформации верхняка крепи.</p>  <p>Пучение пород почвы.</p> |
| 65-77 |  | <p>Деформации верхняка крепи. Смятие и смещение боковых вмещающих породы и отслаивание пород кровли.</p> |

Продолжение таблицы 2

| 1 | 2 | 3 |
|--------|--|--|
| 78-84 |  <p>ПК-81 -645.4</p> |  <p>Породы перемяты по всему периметру выработки. Анкерная крепь выдавливается вместе с породой («обыгрывание» анкеров). Выворачивание ножек в выработку. Выдавливание породы между рамами.</p> |
| 91-93 |  <p>ПК-92</p>  <p>Рабочая книжка №113, стр.100 29.11.2010г.</p> |  <p>Ухудшение состояния крепи в виде деформации верхняка и потери симметрии. Визуально прослеживается осыпание отслоившихся, перемятых пород кровли.</p> |
| 94-101 |  <p>ПК-95</p>  <p>Рабочая книжка №117, стр.27 06.12.2010г.</p> |  <p>Происходит «заваливание» крепи на забой. Потеря устойчивости рам в плоскости забоя.</p> |

Там же приведены данные маркшейдерской службы о расположении сечения забоя по отношению к угольному пласту. Из таблицы видно, что наиболее интенсивные визуально наблюдаемые деформации крепи и пород приурочены к местам геологических нарушений.

В частности, интенсивное проявление горного давления в виде несимметричных значительных деформаций крепи, а также капез воды отмечены на пикетах 57-64, в районе которых имеет место геологическое нарушение (сброс с углом падения плоскости сместителя 45-550 и амплитудой 0,65-0,7 м). Смятие боковых пород, интенсивные смещения контура выработки, а также отслаивание пород кровли отмечены на пикетах 65-66, где также имеет место геологическое нарушение, а выработка пройдена так, что пласт угля находится в верхней части сечения. Визуально прослеживается перемятость пород в районе нарушения на ПК-81. Очевидно, изменение свойств пород в районе нарушения обусловило деформации крепи в виде выворачивания ножек в выработку, а также выдавливания породы между рамами.

Ухудшение состояния крепи в виде деформации верхняка и потери симметрии, осыпание отслоившихся перемятых пород отмечено на ПК 91-93, где также пласт угля находится в верхней части сечения выработки. На ПК 94-96, где пласт угля становится кровлей выработки, состояние выработки еще хуже: крепь вне контакта с кровлей «заваливается» на забой.

Интенсивные деформации крепи отмечены и на участках где явные геологические нарушения не обнаружены. Однако выработка при этом может попасть в зону повышенной трещиноватости, оперяющей не выявленные разрывные нарушения, что негативно сказывается на ее состоянии.

Анализ результатов. Обследование уклона блока 10 горизонта 835 м позволило установить следующее.

1. Выработка испытывает интенсивное горное давление, которое визуально проявляется в виде:

- значительной вертикальной и горизонтальной конвергенции;
- потери симметрии рамной крепи;

– деформации рам крепи как в вертикальном, так и горизонтальном направлении: изгиб верхняка, прогиб ножек, разрушение затяжки;

– нарушения работы анкерной крепи.

2. Основной вид деформации пород – пучение почвы, что является причиной уменьшения сечения выработки до неудовлетворительного состояния.

3. Участки выработки, находящиеся в неудовлетворительном состоянии по трассе уклона блока №10 в основном приурочены к геологическим нарушениям, соответствующим фактическому геологическому разрезу. Интенсивность деформаций крепи и пород, оцениваемая визуально, тесно коррелирует с данными о наличии геологических нарушений по трассе выработки.

Таким образом, значительная глубина расположения выработки, наличие геологических нарушений, трещиноватость и обводненность пород усложняют проведение и поддержание обследованной выработки. При условии длительной ее эксплуатации следует ожидать значительных трудовых и материальных затрат на ремонтно-восстановительные работы, связанные с подрывкой почвы и перекреплением отдельных участков.

Геомеханические процессы в породном массиве в районе геологических нарушений в настоящее время до конца не изучены, а, следовательно, и не разработаны общие рекомендации по снижению негативного влияния разрывов сплошности пород на устойчивость подземных сооружений. Каждый конкретный случай требует отдельного изучения и принятия рациональных решений на основе достоверного геологического прогноза, а также теоретического моделирования наиболее вероятных геомеханических состояний.

В данной работе определение напряженно-деформированного состояния (НДС) породного массива в окрестности исследуемой выработки выполнено эффективным численным методом конечных элементов (МКЭ), который дает возможность учесть структурные особенности породного массива, такие как неоднородность, трещиноватость, слоистость и другие. Использовалась упругопластическая модель среды, реализованная в лицензионном программном обеспечении PHASE – 2 [4].

Результаты численного моделирования НДС породного массива в окрестности уклона блока 10. Расчеты осуществлялись для нескольких расчетных схем, разработанных с учетом особенностей горно-геологических условий залегания угольного пласта по трассе уклона. В частности схема, приведенная на рис.2 отражает ситуацию, когда имеет место геологическое нарушение типа «сброс». Смоделированы условия, близкие тем, что имеют место на ПК-59. Предусмотрено моделирование факта, отмеченного при проходке выработки: одностороннюю перемятость и слабость пород при наличии монолитных твердых пород с противоположной стороны. В соответствии с прогнозным паспортом в почве выработки смоделирован слабый размокший алевролит (табл. 3). На расчетной схеме черным цветом выделен слой угля, светлым цветом выделен песчаник и темным – алевролит. Начальное поле напряжений, соответствующее напряженному состоянию нетронутого массива на глубине 850 м полагается гидростатическим и принято равным 20 МПа.

Таблица 3

Физико-механические характеристики угля и пород в зоне геологического нарушения

| № | Название характеристики | Уголь | Алевролит | Алевролит кровля (нарушение) | Алевролит почва | Песчаник |
|---|------------------------------|-------|-----------|------------------------------|-----------------|----------|
| 1 | Модуль упругости (Юнга), МПа | 4100 | 5300 | 4000 | 4000 | 11000 |
| 2 | Коэффициент Пуассона | 0,26 | 0,28 | 0,28 | 0,28 | 0,25 |
| 3 | Прочность на сжатие, МПа | 13,5 | 44 | 15 | 20 | 62 |

Наличие слабых пород в кровле и почве, несимметричность распределения жёсткостных свойств породных слоев обуславливает интенсивные и неравномерные перемещения контура выработки (рис. 3). В кровле и боках они достигают 20-28 см, в почве максимальное значение перемещений составило 45 см. Установка крепи (задание эквивалентного отпора) практически не уменьша-

ет величины смещений. Наличие анкеров (моделируются средствами программного обеспечения PHASE –2) уменьшает перемещения почти вдвое в той части арки, где они установлены. При этом в почве выработки смещения практически не меняются.

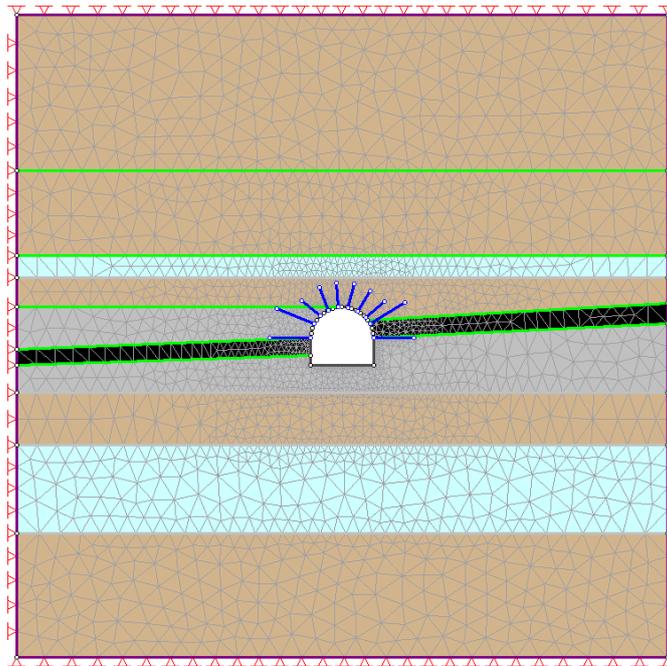


Рис. 2. Расчетная схема задачи при наличии геологического нарушения

Результаты моделирования показывают, что в условиях трещиноватых пород и наличия мелкоамплитудных нарушений следует детально исследовать функциональность анкерной крепи, соответствие ее параметров (длина, схема установки) реальному уровню нарушенности приконтурного породного массива, роль анкерной крепи в борьбе с пучением пород почвы, целесообразность применения канатных анкеров.

Принимая во внимание большой срок службы выработки, также целесообразно рассмотреть возможность перехода к замкнутой форме крепи: кольцевой, с обратным сводом (лежнем); использования крепей с повышенной несущей способностью, за счет применения профилей больших типоразмеров типа СВП-39, СПА-33 (36).

Выводы.

1. Участки выработки, находящиеся в неудовлетворительном состоянии по трассе уклона блока № 10 в основном приурочены к геологическим нарушениям, соответствующим фактическому геологическому разрезу. Интенсивность деформаций крепи и пород, оцениваемая визуально, тесно коррелирует с данными о наличии геологических нарушений по трассе выработки. Основной вид деформаций пород – пучение почвы.

2. Численное моделирование НДС породного массива вокруг выработки в районе нарушений показало, что применяемая рамно-анкерная крепь в достаточной мере сдерживает деформации кровли и боков выработки, но не предотвращает интенсивного пучения почвы.

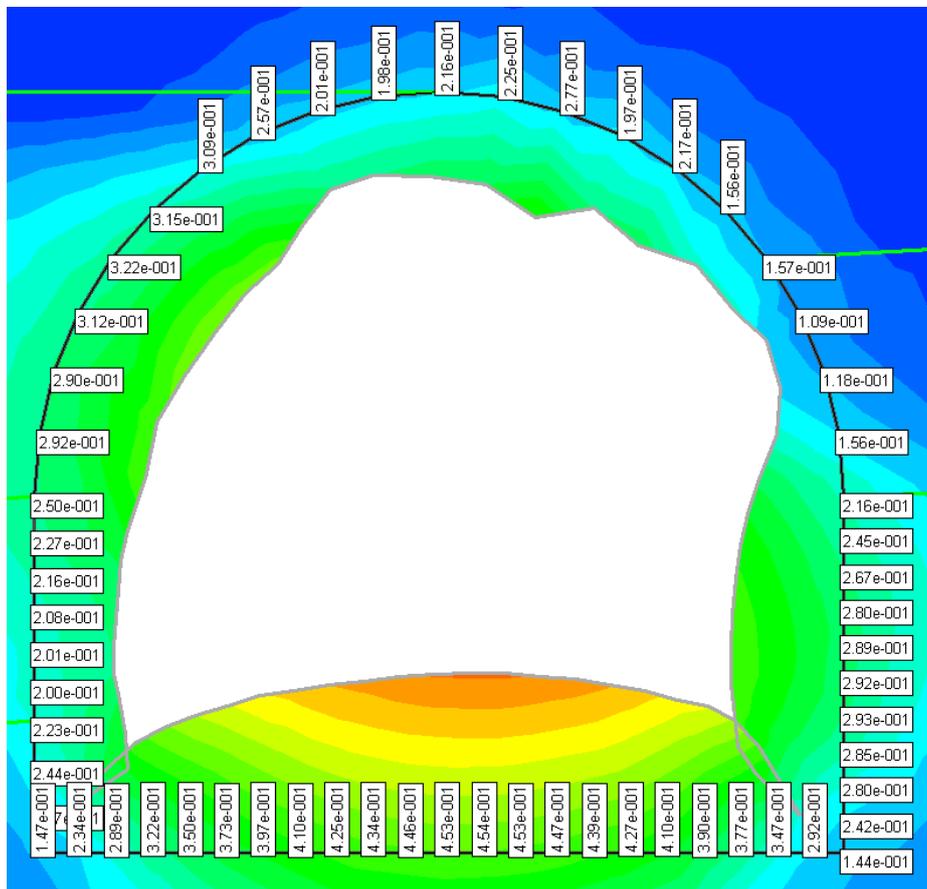


Рис. 3. Смещения контура незакрепленной выработки, расположенной в зоне геологического нарушения

3. Разработка рекомендаций в отношении совершенствования средств крепления в рассмотренных условиях требует глубо-

кого изучения кинетики процессов, развивающихся в окрестности обследуемой выработки на основе полномасштабного натурального и численного эксперимента. С учетом большого срока службы выработки, целесообразно рассмотреть возможность перехода к замкнутой форме крепи: кольцевой, с обратным сводом (лежнем).

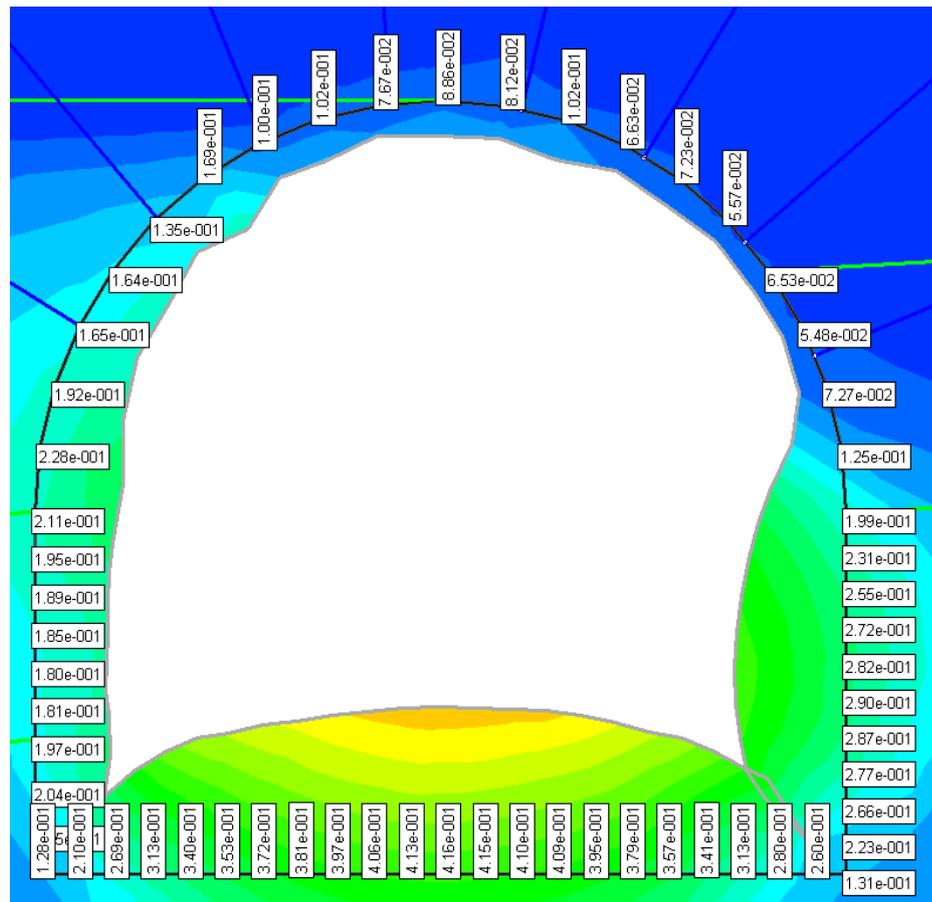


Рис. 4. Смещения контура выработки, закрепленной 8-ю анкерами

СПИСОК ССЫЛОК

1. Ардашев К.А. Анализ применения нормативных документов по проектированию крепей капитальных выработок // Шахтное и строительство. – 1982. – № 4. – С. 14 – 17.
2. Друцко В.П., Шаповал Ю.С., Гнездилов В.Г. Технология проведения горных выработок с поэтапным возведением крепи //

Технология и проектирование подземного строительства:
Вестник. – Харьков: РИП «Оригинал», 2000. – С. 25 – 30.

3. Кошелев К.В., Петренко Ю.А., Новиков А.О. Охрана и ремонт горных выработок. – М.: Недра. 1990. – 218 с.