

УДК 622.271

**Демин Владимир Федорович**, д.т.н., профессор  
Карагандинский технический университет  
имени Абылкаса Сагинова, г. Караганда, Казахстан

**Алиев Самат Бикитаевич**, д.т.н., профессор  
Карагандинский технический университет  
имени Абылкаса Сагинова, г. Караганда, Казахстан

**Щенников Виталий Николаевич**, магистрант  
Карагандинский технический университет  
имени Абылкаса Сагинова, г. Караганда, Казахстан

**Долгоносов Виктор Николаевич**, д.т.н., профессор  
кафедра Маркшейдерского дела и геодезии  
Карагандинский технический университет  
имени Абылкаса Сагинова, г. Караганда, Казахстан

## **РАЗРАБОТКА СРЕДСТВ ДЛЯ АНКЕРНОГО КРЕПЛЕНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК В ЗОНЕ ОПОРНОГО ДАВЛЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НДС МАССИВА**

**Аннотация:** Крепление и поддержание подземных горных выработок на угольных шахтах в зонах действия опорного давления требует больших материальных и трудовых затрат. Это связано со сложными горно-геологическими, техническими и производственными условиями. Разработана технология и средства крепления горных выработок с применением составной анкерной крепи с учетом напряженно-деформированного состояния массива на основе численного моделирования. Проведены стендовые и шахтные испытания опытно-промышленных образцов составных анкеров. Произведена корректировка конструкторской документации по результатам стендовых и шахтных испытаний.

**Ключевые слова:** Горная выработка, зона опорного давления, напряженно-деформированное состояние массива, анкерная крепь, горный массив.

**Введение.** Значительная часть подземных горных выработок на шахтах Карагандинского угольного бассейна находятся в неустойчивом состоянии (деформации и смещения пород кровли, почвы и бортов). Их поддержание требует больших материальных и трудовых затрат. Это связано со сложными горно-геологическими, техническими и производственными условиями.

Многие выработки находятся в зонах повышенного горного давления (ПГД), пересекают тектонические нарушения и зоны дробления. Для принятия обоснованных технологических решений по определению параметров крепи для ее эффективной эксплуатации необходима геомеханическая прогнозная оценка напряженно-деформированного состояния пород вмещающего массива на контуре и в окрестности выработок. Разработка и внедрение методов и средств с учетом напряженно-деформированного состояния вмещающих пород позволит снизить материальные и трудовые затраты и более надежно обосновать параметры крепления горных выработок. Поэтому одним из актуальных направлений в угольной отрасли является разработка и опытно-промышленная апробация высокотехнологичных ресурсосберегающих способов и активных средств крепления выработок и стабилизации горного массива с достижением высокого технико-экономического эффекта и повышения безопасности горных работ. В связи с вышеизложенным разработана технология и средства крепления горных выработок с учетом напряженно-деформированного состояния массива на основе численного моделирования с



учетом взаимодействия анкерной крепи и приконтурного горного массива. Для крепления применяются стальные и канатно-тросовые анкера глубокого заложения, устанавливаемые в зоны повышенного горного давления (опорного давления впереди лавы) и ослабленных пород, где проявляются неупругие деформации [1].

**Моделирование НДС массива.** Моделирование напряженно-деформированного состояния (НДС) массива в окрестности горной выработки – конвейерного штрека на шахте имени Т. Кузембаева Карагандинского угольного бассейна выполнено с применением метода конечных элементов с использованием программы Ansys. Исследовано влияние угла наклона контурного анкера на изменение НДС массива горных пород [2].

Результаты моделирования представлены на рисунке 1, где показаны компоненты напряженного состояния приконтурного массива при углах установки анкеров  $75^\circ$  к горизонту.

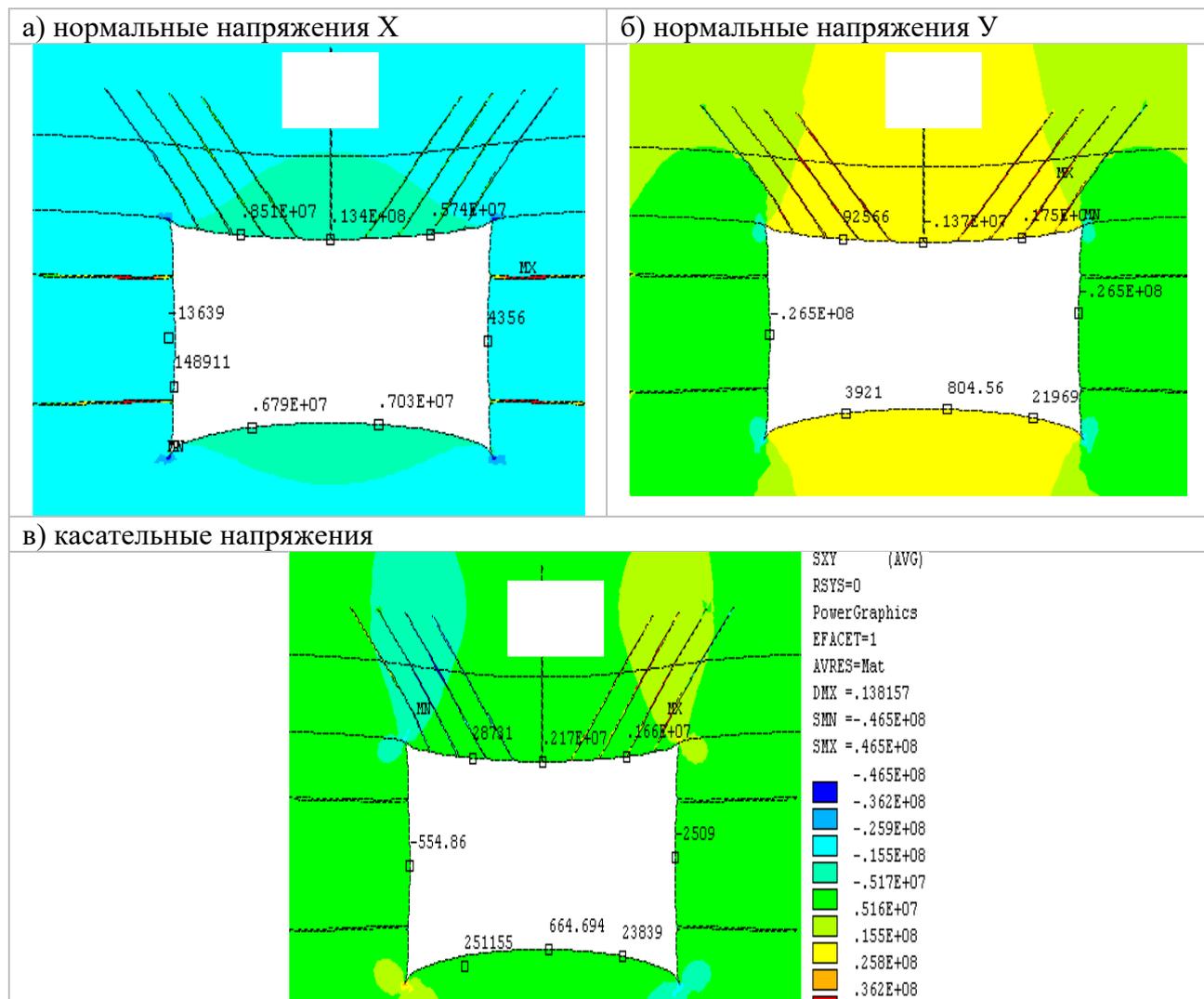


Рис. 1 – Результаты моделирования НДС

При угле наклона анкеров  $75^\circ$  к горизонту получены минимальные нормальные напряжения, следовательно, данный параметр рекомендуется при установке канатных анкеров в зоне влияния очистных работ [3].

**Экспериментальные работы.** Для крепления выработок произведена разработка конструкторской документации, скорректированной по результатам стендовых и шахтных испытаний и изготовлена опытная партия образцов составного металлического сталеполимерного анкера (рисунок 2).

Стержень анкера изготовлен из арматурной стали периодического профиля А 300 марки Сталь 3пс длиной 4,8 м с витым профилем при внешнем диаметре 21,8 мм с пределом прочности на разрыв 350 – 380 МПа [4].



**Рис. 2 – Опытная партия анкеров**

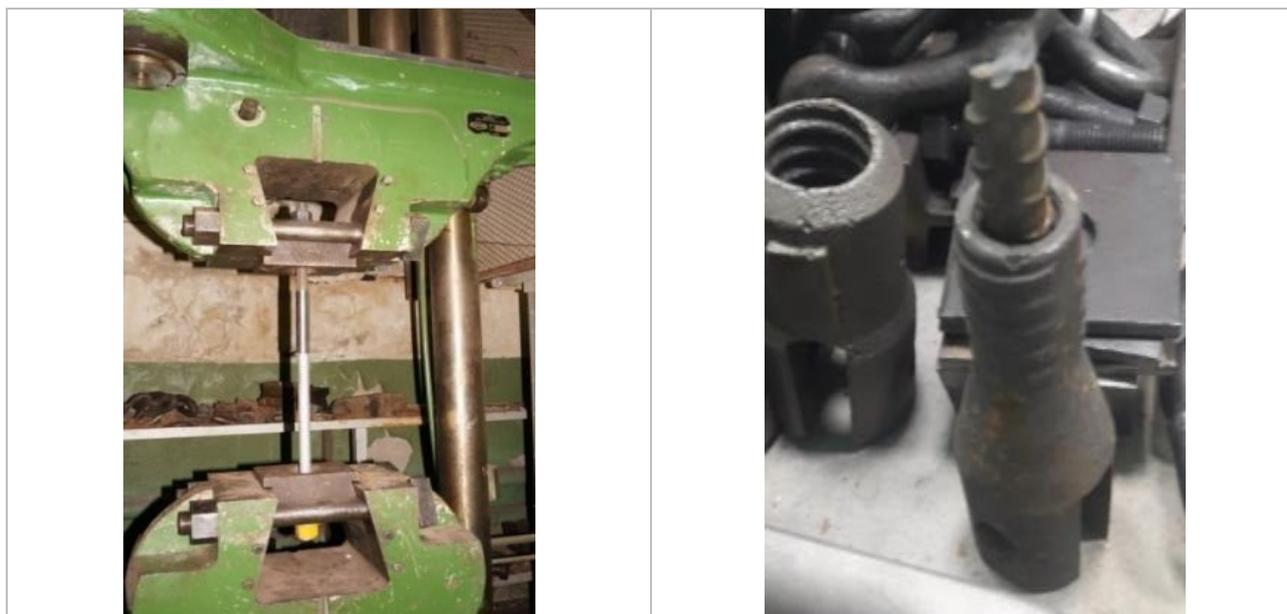
Звенья стержней анкера соединены между собой анкерной соединительной муфтой: диаметр наружный 25 мм под шпур диаметром 28 мм. Материал муфты – сталь марки 30ХГСА, 35, 40 ГСА с цементированием (рисунок 3).



**Рис. 3 – Соединение анкеров**

Стендовые испытания на разрывное усилие опытно-промышленных образцов, изготовленных в механическом цехе шахты «Абайская» проведены на канатно-испытательной станции предприятия «Углесервис». Использована разрывная машина УММ-100 (рисунок 4).

Стендовые испытания показали, что при составном анкере с внутренним диаметром 20 мм, резьба М1,5 мм разрывное усилие составило 12,5–13,0 т с разрывом по сечению соединительной муфты с наружным диаметром 25 мм, внутренним 20,5 мм с минимальной толщиной стенки 2,5 мм; при анкере с диаметром в месте накручивания соединительной муфты 17,5 мм – резьба М1,5 мм, толщине стенки муфты 3,7 мм разрывное усилие составило 15,1– 15,5 т и разрыв произошел также по муфте; при анкере с диаметром в месте соединения 16 мм муфтой разрывное усилие составило 14 т при разрыве самого анкера.



**Рис. 4 – Стендовые испытания анкеров на разрыв**

Анкер обеспечивает высокие силовые параметры за счет конструктивных решений. Арматурные стержни и соединительная муфта на стыковочных участках выполнены с трапецевидной резьбой, причем нижний конец муфты выполнен с двумя продольными полукруглыми диаметрально расположенными прорезями для фиксации с переходником. Это позволяет развивать достаточно большое усилие при затяжке муфты, причем переходник в верхней части имеет цилиндрическую форму с диаметрально расположенными выступами, а в нижней – шестигранник для установки в адаптер.

### **Заключение**

В рамках исследований выполнено моделирование напряженно-деформированного состояния (НДС) массива в окрестности горной выработки. Установлено оптимальное значение угла наклона анкеров к горизонту, при которых получены минимальные нормальные напряжения. Разработаны технологические схемы проведения и крепления горных выработок с анкерным креплением на основе установленных закономерностей развития геомеханических процессов, чем обеспечивается устойчивость контуров выработок при их поддержании при ведении горных работ в подземных условиях угольных шахт. Проведены стендовые и шахтные испытания опытно-промышленных образцов составных анкеров для крепления пород на контуре выработок. Произведена разработка конструкторской документации на изготовление металлического сталеполимерного анкера, скорректированной по результатам стендовых и шахтных испытаний.

### **Список литературы:**

1. Захаров В.Н., Демин В.Ф., Алиев С.Б. Управление устойчивостью горных выработок в сложных горно-геологических условиях // М., ИПКОН РАН, 2020. – 644 с.
2. Демин В.Ф., Портнов В.С., Демина Т.В., Жумабекова А.Е. Исследование деформированного состояния приконтурного углепородного массива вокруг горной выработки с анкерным креплением // ООО «Редакция журнала «Уголь», № 7, М., 2019. – С. 72-77. Q 3.
3. Демин В.Ф., Шонтаев Д.С., Шонтаев А.Д., и др. Напряженно-деформированное состояние приконтурного углепородного массива // ООО «Редакция журнала «Уголь», № 5, М., 2020. – С. 61- 65. Q 3.

4. Демин В.Ф., Двужилова С.Н., Демина Т.В. Технология крепления выработок на основе оценки напряженно-деформированного состояния горного массива: монография // Германия: LAP LAMBERT Academic Publishing is a trademark of AV Akademikerverlag GmbH & Co. KG, 2018. – 200с. ISBN 978-613-9-83188-3.

5. Demin V.F., Demina T.V., Nemova N.A. Theory and practice of controlling geomechanical processes in the rocks around workings with roof bolting systems// Innovative development of recourse – saving technologies for, 2018, p. 168-194. (РИНЦ: 0,250)

