

УДК 622.258: 622.012

А.Ю. Прокопов, М.В. Прокопова, К.Э.Ткачева

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ НАПРЯЖЕНИИ- ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ КРЕПИ ЗУМПФОВ НА РАЗНЫХ ЭТАПАХ ЭКСПЛУАТАЦИИ И УГЛУБКИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛОВ

Выполнено математическое моделирование работы бетонной крепи зумпфа вертикального ствола шахты. Произведен анализ изменения напряженно-деформированного состояния крепи и массива пород, после откачки воды из зумпфа и при углубке ствола.

Ключевые слова: бетонная крепь, углубка ствола, математическое моделирование, напряженно-деформированное состояние.

При реконструкции предприятий угольной и горнорудной промышленности, увеличении объемов добычи путем отработки запасов более глубоких горизонтов действующих шахт, наиболее трудоемкими, определяющими продолжительность реконструкции, являются горные работы, связанные с углубкой вертикальных стволов. В большинстве случаев на рудных месторождениях вскрытие новых горизонтов осуществляется вертикальными стволами и этажными квершлагами с периодической углубкой стволов.

Сложность углубки обуславливается ее выполнением в стесненных условиях действующих шахт, ограниченными возможностями размещения проходческого оборудования, транспортировкой выдаваемой из забоя ствола породы и доставкой в ствол материалов, так как зумпфовые части стволов, закладываемые в проекты, не всегда предусматривают возможность последующей углубки и не обеспечивают размещения всего проходческого оборудо-

вания. В связи с этим существенно снижается скорость ведения углубочных работ, которые должны выполняться без ущерба для эксплуатации шахты и обеспечивать высокие технико-экономические показатели. Важную роль в обеспечении эффективности ведения углубочных работ играет выбор рациональной технологической схемы, определение типа и параметров крепи углубляемой части ствола.

Возобновление горнопроходческих работ в стволе независимо от принятой технологии оказывает влияние на состояние крепи зумпфа углубляемого ствола, который во время эксплуатации выполняет функцию временного водосборника, в период углубки служит технологическим отходом (при применении схем углубки сверху вниз), а после окончания углубочных работ будет являться частью действующего ствола шахты.

Глубина зумпфа в зависимости от функционального назначения ствола определяется следующими основными факторами:

- глубиной опускания нижнего суда при переподъеме с учетом размещения амортизаторов многоканальных подъемов и конструкций подъемных сосудов;
- необходимой высотой для размещения натяжных устройств тормозных и проводниковых канатов;
- размещением отбойных брусьев для уравновешивающих канатов;
- возможностью спуска длинно-мерных материалов под клетью;
- вместимостью водосборника, принимаемой с учетом притока воды в зумпф и допустимого расстояния между нижней кромкой петли уравновешивающего каната и верхним уровнем воды в зумпфе (не менее 1 м);
- верхним уровнем воды в зумпфе, который должен быть ниже возможного опускания дна клети при переподъеме.

В связи с этим глубина зумпфа может быть различной, а при скиповом подъеме она достигает значительных величин (50—70 м), что обуславливается большой вместимостью бункеров, конструкцией дозаторных устройств, применением большегрузных скипов.

Крепь водосборной части зумпфа подвергается агрессивному воздействию и воспринимает нагрузку от давления воды в течение длительного времени. В зумпфовом водосборнике может поддерживаться постоянный уровень воды, либо периодически осуществляется ее откачивание и чистка зумпфа от просыпающейся горной массы при загрузке скипов, обеспечивая предотвращение скопления шлама, препятствующего безопасному движению подъемных судов. Перед производством углубочных работ независимо от принятой технологической схемы производят откачивание воды, в

результате чего происходит изменение условий работы крепи. Давление воды может быть значительным в зависимости от протяженности участка ствола, заполненного водой, откачивание которой может привести к потере несущей способности или полному разрушению крепи и дополнительным затратам на ее восстановление. Поэтому при проектировании углубки необходима оценка напряженно-деформированного состояния (НДС) крепи, выполненная с учетом характеристик вмещающих углубляемый ствол пород, состава и количества воды, проявляющей при длительном нахождении в зумпфе агрессивное воздействие по отношению к бетону и влияющей на прочность бетона.

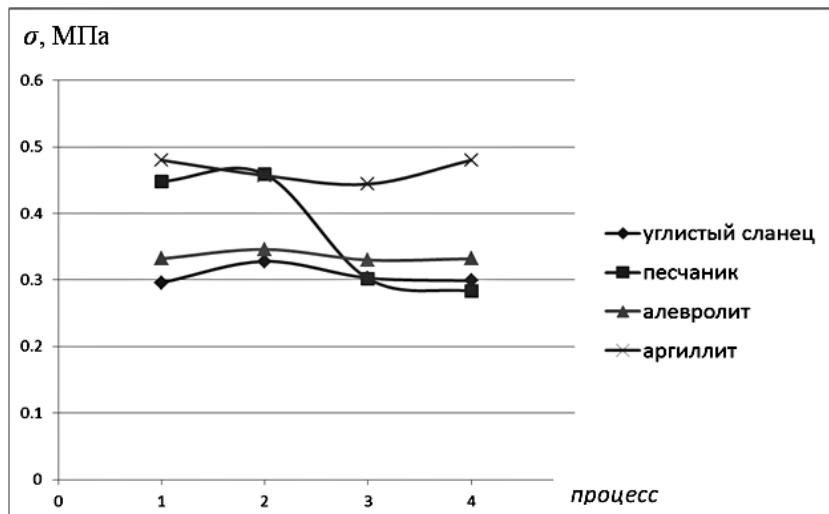
Цель настоящей работы заключается в исследовании изменения НДС бетонной крепи и породного массива зумпфовой части ствола на разных этапах эксплуатации и углубки ствола, в частности:

- на этапе заполнения зумпфа водой (при вводе ствола в эксплуатацию или периодической чистке зумпфа);
- после удаления воды из водосборника зумпфа;
- при ведении работ по углубке ствола.

При моделировании процесса углубки исследовалось изменение НДС крепи и массива пород, расположенного выше отметки ведения горнодобывающих работ по углубке ствола.

Математическое моделирование выполнено с помощью программного комплекса «Лира-Windows 9.4», реализующего метод конечных элементов и позволяющего решать физически нелинейные задачи методом последовательных нагружений [1]. Авторами разработан ряд объемных конечно-элементных моделей зумпфовой части

a



b

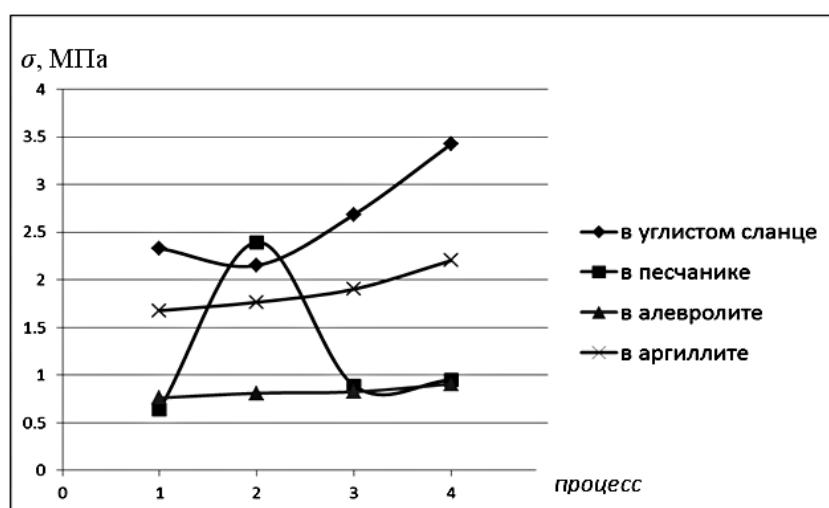


Рис. 1. Изменение максимальных напряжений при различных процессах, связанных с углубкой: а - в породном массиве вокруг зумпфа; б - в бетонной крепи зумпфа; процессы: 1 – проходка зумпфа (нагрузка только со стороны породного массива); 2 – заполнение зумпфа водой в процессе эксплуатации; 3 – откачивание воды; 4 – углубка ствола

ствола, позволяющих поэтапно отразить изменение НДС системы «крепь – массив» в результате влияния исследуемых процессов и установить зависимости максимальных напряжений и деформаций крепи и пород относи-

тельно исходных. Модели создавались применительно к горно-геологическим условиям Донбасса, где основная часть пересекаемых стволом пород приходится на песчаники, аргиллиты, алевролиты и углистые сланцы [2].

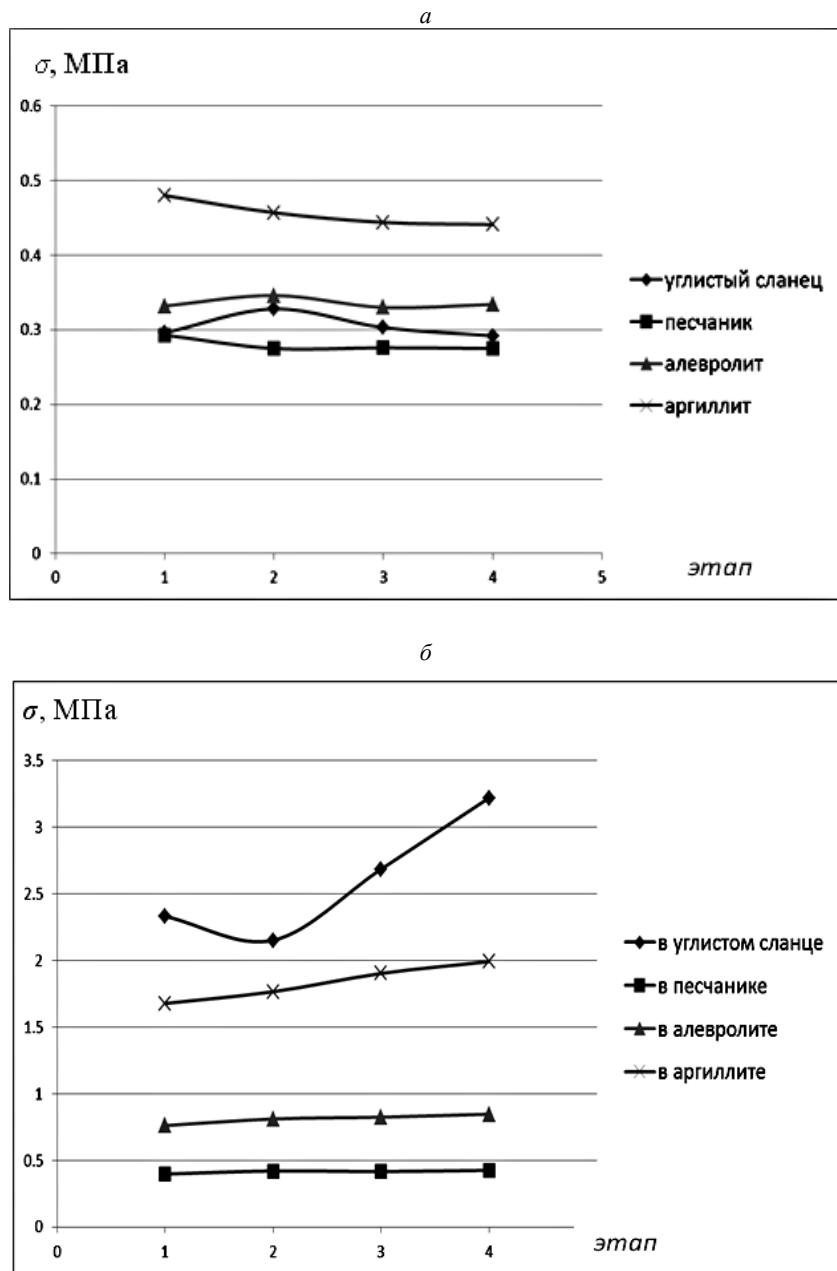


Рис. 2. Изменение максимальных напряжений при углубке ствола на различных этапах удаления проходческого забоя от исследуемой части зумпфа: а – в породном массиве; б – в бетонной крепи; этапы моделирования: 1 – зумпф ствола после откачки воды; 2 – зумпф и пройденный участок углубляемого ствола без крепи; 3 – пройденный закрепленный участок, с учетом неполного набора прочности бетона на данном этапе; 4 – весь рассматриваемый участок ствола, закрепленный монолитным бетоном с проектным набором прочности

В результате моделирования были получены эквивалентные напряжения, возникающие в крепи и породах в результате заполнения зумпфа водой, удаления нагрузки от давления воды перед углубкой. Изменение НДС системы относительно соответствующих базовых значений напряжений (возникающих только со стороны породного массива) в породном массиве и бетонной крепи, представлено на рис. 1, а и 1, б. Моделировался поэтапный процесс ведения работ по углубке ствола, каждый этап соответствовал выполнению определенной операции проходческого цикла по заходкам с учетом времени набора прочности бетона [3] и технологических особенностей проходки стволов [4].

Характер изменения напряженно-деформированного состояния крепи и пород в процессе углубки в различных породах графически представлен на рис. 2. Получены изменения максимальных напряжений в крепи при углубке в зависимости от класса бетона по прочности (рис. 4).

Из результатов моделирования следует, что степень увеличения напряжений в крепи на разных этапах выполнения работ зависит от характеристик вмещающих пород, характеристик крепи и отличается от исходного НДС, полученного в результате приложения нагрузки только со стороны массива пород. Напряжения в породном массиве при выполнении исследуемых процессов близки к исходным значениям и значительно зависят от характеристик рассматриваемых пород.

Влияние давления воды в зумпфе на изменение НДС крепи зависит от высоты участка ствола, заполненного водой, и прочностных характеристик вмещающих стволов пород.

При углубке увеличение напряжений в бетонной крепи верхнего исследуемого участка ствола происходит во всех случаях, независимо от типа пород. Увеличение напряжений в крепи верхней исследуемой части ствола при углубке в наибольшей степени проявляется в слабых породах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прокопова М.В., Ткачева К.Э., Васьковцева Я.С. Моделирование работы конструкций с учетом эхтапности возведения//Совершенствование технологии строительства шахт и подземных сооружений: сб. науч. тр. – Донецк: Норд-пресс, 2011. – Вып. 17. – С. 46–48.
2. Плешко М.С. Эффективные схемы крепления вертикальных стволов в неоднородных породах // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2011. – №4. – С. 46–48.
3. Прокопова М.В., Ткачева К.Э. Математическое моделирование напряженно-деформированного состояния системы «крепь-массив» при углубке вертикальных стволов// Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2012. – №4. – С. 213 – 216.
4. Боршевский С.В., Прокопов А.Ю. Технологические модели сооружения вертикальных стволов и область их применения// Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2008. – №3 – С. 287–294. ГИАБ

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Прокопов Альберт Юрьевич – доктор технических наук, профессор, заместитель директора, prokopov72@rambler.ru, Шахтинский филиал «Институт профессионального администрирования и комплексной энергоэффективности», Прокопова Марина Валентиновна – кандидат технических наук, доцент Шахтинского института (филиала) ЮРГТУ (НПИ), главный инженер проекта ООО «Тектоника», sun210872@yandex.ru, Ткачева Карина Эдуардовна – аспирант Шахтинского института (филиала) ЮРГТУ (НПИ), karinatkacheva@mail.ru