

ТОМ 6

Секція 7 – Геомеханіка

Антипова А.С. студент гр. ПБ-14-1м

Научный руководитель: Хозяйкина Н.В., к.т.н., доцент кафедры строительства, геотехники и геомеханики

(Государственное ВУЗ "Национальный горный университет", г. Днепрпетровск, Украина)

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ФУНДАМЕНТОВ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ В УСЛОВИЯХ ПЛОТНОЙ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ

Сегодня в Украине преобладает строительство объектов гражданского назначения. Современные города-мегаполисы и крупные областные центры непрерывно растут, наполняясь высотными многоэтажными зданиями. Наиболее характерной особенностью выбора площадок является приближенность к центру города и основным городским магистралям. Для строительства таких объектов выбираются, как правило, уже и без того плотно застроенные городские территории.

Строительство в условиях плотной городской застройки, в отличие от строительства на свободных территориях, связано с необходимостью учета ряда дополнительных факторов, таких, как:

1. Необходимость устройства искусственного основания на грунтах с низкими строительными свойствами.
2. Влияние фундаментов близко расположенных зданий.
3. Влияние котлована строительной площадки возводимого здания на техническое состояние соседних объектов.
4. Ухудшение проветриваемости и инсоляции малоэтажных зданий, расположенных вблизи объекта строительства.
5. Дополнительная нагрузка на уже существующие инженерные сети и коммуникации.

Высотным считается здание, высота которого превышает показатель 75 м (25 и более этажей) [1]. Высотные здания подразумевают большую подвальную часть, где располагают подземные парковки, технические этажи. Также необходима достаточно большая глубина заложения фундаментов: 10-15 м, а иногда и до 20-30 м. В этом случае отметка дна котлована может находиться ниже уровня грунтовых вод (УГВ). Перед проектировщиком стоит задача выбора рационального типа фундамента, обеспечивающего условия прочности и нормального функционирования возводимого высотного здания, а также чувствительность конструкции здания и его инженерных систем к неравномерным осадкам, которая возрастает по мере роста высоты здания.

В настоящее время для уменьшения осадок используются следующие методы: применение опор в виде свай; усиление основания; строительство в глубоких котлованах [2]. Применение вышеперечисленных методов для уменьшения осадок высотных зданий, вызывает необходимость проведение инженерных и геотехнических изысканий (ИГИ). Целью которых, является получение всей необходимой информации (в т.ч. по изысканиям прошлых лет) на всех стадиях проектирования, строительства и эксплуатации высотных зданий [3]:

- 1) значительные нагрузки на основание, приложенные с большим эксцентриситетом, вызванные большой площадью фундамента и наличие подземной многоэтажной части;
- 2) неоднородность напряженно-деформированного состояния основания (неравномерная сжимаемость, вызывающая неоднородные деформации несущих конструкций и фасада здания);

3) влияние природных и случайных факторов, а также наличие гидрогеологических явлений и др.

Геотехнические особенности высотных зданий изучают основные типы фундаментов: массивные плитные, свайные и комбинированные, в т.ч. свайно-плитные [4].

Эффективность использования плитного фундамента существенно возрастает, такая плита образует с подземной частью здания так называемый "плавающий" фундамент (рис. 1.). На прочных основаниях плитные фундаменты являются самыми экономичными.

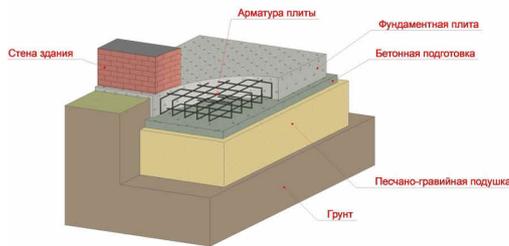


Рисунок 1 – Плитный фундамент

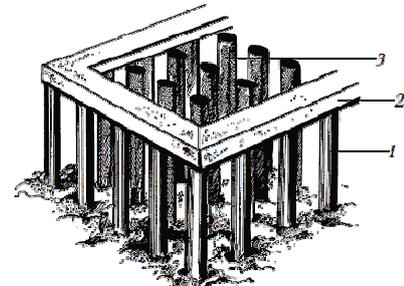


Рисунок 2 – Свайный фундамент:
1, 3 – свая; 2 – ростверк или сплошная плита

Свайные фундаменты - наиболее часто применяемые в последнее время для высотных зданий. Фундаменты в виде глубоких опор, передающих нагрузку от высотного здания на глубоко залегающие несжимаемые грунты, более надежны, т. к. обеспечивают наименьшие осадки здания (рис. 2). Для свай в таких фундаментах самой важной характеристикой является несущая способность по материалу, а не по грунту. Поэтому использование свай малого диаметра для них нецелесообразно [4]. Сваи по способу устройства делят на: забивные, набивные и винтовые [4].

В то же время эффективней располагать сваи под сосредоточенными нагрузками, что позволяет уменьшить высоту плит-ростверков и их материалоемкость. Такие фундаменты называются свайно-плитными (СПФ) и они являются более экономичные и технически продуктивны, т.к. распределяют нагрузки на сваи и плиту - ростверк.

Таким образом, выбор конструктивной системы фундамента следует начинать с изучения геологии. Наиболее эффективный тип фундамента выбирается путем сравнения различных конструкций. При этом учитываются его технические и экономические показатели: трудоемкость и материалоемкость.

Верхняя часть геологического разреза Днепропетровска представлена преимущественно неустойчивыми горными породами, таким образом, для строительства высотных многоэтажных зданий идеально подходят свайные фундаменты. Выбор данной конструктивной системы обоснован тем, что все высотные здания особо чувствительны к неравномерным осадкам, а такие фундаменты более надежны, поскольку в данном случае сваи являются не только несущими, но и в значительной мере армирующими грунтовое основание элементами.

Список использованных источников.

1. ДБН В.2.2-24-2009 Будинки і споруди. Проектування висотних житлових і громадських будинків.
2. Электронный ресурс. <http://www.znaytovar.ru/gost/2/RekomendaciiRekomendacii>
3. Электронный ресурс. <http://ais.by/story/5540>
4. Швець, В.Б. Механіка ґрунтів. Основи та фундаменти: Підручник / Під редакц. В.Б. Швець, І.П. Бойко, Ю.Л. Винников та інш. – м. Дніпропетровськ: «Пороги», 2014. – 232 с.»

Ищенко Б.С. аспирант

Научный руководитель: Хозяйкина Н.В., к.т.н., доцент кафедры строительства, геотехники и геомеханики

(Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», Днепропетровск, Украина)

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ РЕГИОНОВ С ИНТЕНСИВНОЙ РАЗРАБОТКОЙ НЕДР

Введение. Разработка месторождений полезных ископаемых подземным способом с применением взрывных работ провоцирует движение геологических структур, что увеличивают естественную сейсмическую активность, и приводит к обрушению породного массива, как следствие, повреждаются и разрушаются несущие, самонесущие и ненесущие конструкции в зданиях расположенных на поверхности обусловленные отсутствием или недостаточностью обеспечения их сейсмостойкости [1]. Оказываемое взрывами сейсмическое воздействие на здания и сооружения является весьма существенным.

Проблема. Вместе с ростом масштабов человеческой деятельности растут и масштабы вызванных ней землетрясений. Именно поэтому проблема техногенных землетрясений стала актуальной в последнее время. Возникнув в 30-е годы XX века в виде только предположений, она достаточно отчетливо проявилась в шестидесятые годы. Наиболее крупные события такого рода произошли в Центральной Африке, Германии, Греции, Индии, Казахстане, в России на Кольском полуострове, Урале, Сахалине. При этом сила землетрясений доходила до 7 по шкале Рихтера. Техногенное землетрясение, вызванное ведением горных работ – это подземные колебания поверхности, проявляющийся в виде сейсмического толчка, который вызывает разрушение выработок и целиков полезного ископаемого, перестройку структурных блоков и сопровождающийся сильным сотрясением массива горных пород, резким звуком, образованием воздушной волны. Очаг землетрясений в таких случаях находятся на небольших расстояниях от поверхности, и проявляется особенно интенсивно [2]. Вызванные горными работами техногенные сейсмические проявления, неоднократно наблюдались в Хибинах, где ежегодно добывается около 100 млн. тонн горной массы. Характерно, что все горные удары произошли в непосредственной близости от разрывных тектонических нарушений. В 1976 году в Газли (Узбекистан) было зафиксировано два техногенных землетрясения силой 9 и 10 баллов, в результате чего был полностью разрушен поселок и нанесен серьезный материальный ущерб промышленным объектам [3].

Так, по данным Европейского сейсмического центра 25 декабря 2007 г. в 4:00 9 минут в 20 км от Кривого Рога произошло землетрясение с магнитудой 3,9. Очаг землетрясения находился на глубине 2 км. Это же землетрясение было зарегистрировано и Симферопольской сейсмостанцией. Наибольшие колебания земной коры были отмечены в районе шахт им. Фрунзе, «Юбилейная» и «Гвардейская» [2].

Актуальность. Общее число обрабатываемых сейсмических событий в зонах, где ведутся взрывные работы, доходит до нескольких тысяч в год. Из этого числа большая часть связана не с природной сейсмичностью, а с проведением подземных горных работ на подрабатываемых территориях. Проблема техногенной сейсмичности является актуальной для территории Украины, в связи с проявлениями сейсмической активности, влияющей на деформации и изменения прочностных показателей зданий и сооружений. Поскольку здания и сооружения были построены давно, а регион сейсмически активным стал считаться недавно, и меры для усиления и сейсмозащиты от сейсмических воздействий не были предусмотрены и запроектированы, можно сказать,

что такие сооружения представляют огромную опасность для жизни населения. Чтобы не произошли катастрофические последствия, необходимо принимать меры по сейсмозащите зданий[4].

Пути решения проблемы. Традиционные методы и средства защиты зданий от сейсмических воздействий, включают большой комплекс различных мероприятий, направленных на повышение несущей способности строительных конструкций, проектирование которых осуществляется на основании норм и правил, гарантирующих сейсмостойкость зданий и сооружений в районах с сейсмичностью 7-9 баллов. Эти методы в основном связаны с уменьшением массы конструкций, повышением их прочностных и жесткостных характеристик, а также с выбором рациональных конструктивных и планировочных решений. Конструкции зданий и сооружений имеют различные периоды колебаний и соответственно могут быть жесткими и гибкими. С уменьшением их жесткости, т.е. с увеличением периодов собственных колебаний, расчетная сейсмическая нагрузка может меняться в несколько раз. Отсюда возникают неоднозначные напряженные состояния и прочностные возможности конструктивных систем[4].

Так как основания ведут себя неоднозначно, следует учитывать, что одинаковая оценка землетрясений в баллах не определит одинаковых воздействий на повреждение зданий и сооружений. Каждому землетрясению присущи свои характеристики, такие как спектральный состав, величина ускорений и перемещений грунтов, длительность интенсивных колебаний и др. Соответственно создаются различные режимы силовой загрузки зданий и сооружений. Сюда можно добавить и направление распространения сейсмических волн. Практика показывает, что сделанные в одном и том же месте при одном и том же землетрясении записи колебаний сильно отличаются по различным горизонтальным компонентам. В последнее время установлено, что при землетрясениях происходит пространственное движение оснований, в то время как во всех действующих нормативных документах рассматриваются плоскостные (горизонтальные и вертикальные) движения [2]. Периоды колебаний уже построенных зданий и сооружений, возможно, определить с помощью теоретических и инструментальных методов. Сложность возникает с периодами колебаний грунтов и их скоростями. Таким образом, при сейсмических воздействиях колебания оснований и соответственно колебания конструктивных систем носят случайный характер, который может быть описан случайными функциями, в чем выражается сложность определения сейсмического риска. [4].

Выводы. Проблема роста техногенной сейсмичности при разработке месторождений полезных ископаемых является чрезвычайно актуальной, и требует ее комплексного решения с учетом технических и эколого-правовых аспектов, что позволит повысить эффективность и безопасность проведения горных работ и эксплуатации зданий и сооружений.

Список использованных источников.

1. Нурмагамбетов А. Техногенные сейсмические явления, связанные с разработкой и эксплуатацией месторождений твердых полезных ископаемых, нефти и газа / А. Нурмагамбетов // Журнал «Геология и охрана недр». – 2010. – № 1(34).
 2. Шашенко А.Н. Проблема разработки недр в Кривбассе: технические и эколого-правовые аспекты безопасной эксплуатации / А.Н. Шашенко // Форум гірників – 2009. Матеріали міжнародної конференції «Підземні катастрофи: моделі, прогноз, запобігання». – Д.: Національний гірничий університет, 2009. – С 118-124.
 3. Ловчиков А.В. Горно-тектонические удары на Левозерском редкометальном месторождении / А.В. Ловчиков // Вестник МГТУ. – Том 11, № 3. – 1983. – С. 385-392.
 4. Поляков В.С., Килимник Л.Ш., Черкашин А.В. «Современные методы сейсмозащиты зданий».
- УДК 622.281:51-74

Гапеев С.Н. доц., Логунова А.О ас., ст. гр. ГРб-12-1 Сосна Д.О., кафедра строительства, геотехники и геомеханики.

Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», г. Днепропетровск, Украина.

ОТРАБОТКА ПАРАМЕТРОВ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ «ВЫРАБОТКА-МАССИВ-КРЕПЬ» С ЦЕЛЬЮ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОБ ОЦЕНКЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРУЕМОГО СОСТОЯНИЯ В ОКРЕСТНОСТИ ПОДГОТОВИТЕЛЬНОЙ ВЫРАБОТКИ

Аннотация. В статье представлены результаты отработки численных моделей геомеханических систем «выработка-массив-крепь» применительно к решению задачи об оценке напряженно-деформированного состояния подготовительных выработок шахты «Трудовская» ГП «ДУЭК» Показано, что для получения результатов, адекватных натурным наблюдениям, задача в программном комплексе Phase2 должна решаться с использованием постадийной процедуры с учетом в модели податливой крепи и геологической структуры массива.

Введение. С увеличением глубины разработки полезных ископаемых все более активно проявляются геомеханические процессы, связанные со значительными деформациями на контуре выработок, основным из которых является пучение горных пород в почве выработки. В случае, если породный массив дополнительно ослаблен системами трещин, различными водопроявлениями, ослабляющими устойчивость породных обнажений, интенсивность смещений в выработках, даже не испытывающих влияния повышенного горного давления от действия очистных работ, значительно повышается, что делает проведение и последующую эксплуатацию таких объектов крайне сложной задачей – приходится сталкиваться с задачей постоянной ликвидации последствий горного давления, которые сопровождаются повышенной нагрузкой на крепь. В случае, если форма выработки, а, следовательно, и тип основной крепи, не являются оптимальными для подобной ситуации, то будет иметь место повышенная повреждаемость крепи действующим горным давлением, что еще более усугубляет и без того сложную в таких условиях ситуацию поддержания выработки.

Для разработки оптимальных схем крепления наиболее удобно использовать численные методы, в частности, метод конечных элементов. При этом следует использовать такие расчетные модели, которые будут адекватно отражать наблюдаемую в выработке геомеханическую ситуацию. Таким образом, решение задачи о напряженно-деформированном состоянии (НДС) геомеханической системы «выработка-массив-крепь» следует начинать с отработки параметров рабочей модели и процедуры моделирования для случая, который имеет место в реальной выработке в рассматриваемых условиях, чтобы иметь возможность сравнить полученные численные результаты с данными натуральных наблюдений. При значительных отличиях в результатах модель подвергается проверке и корректировке (калибруется). Только после достижения приемлимого результата для случая, который может быть проверен достоверными данными натуральных наблюдений, такая модель может быть использована для обоснования параметров систем крепления, отличающихся от используемой в выработке, т.е. для прогнозирования устойчивости выработки с иными типами крепи.

Целью настоящей статьи является представление результатов отработки параметров моделирования и численных моделей применительно к оценке НДС геомеханической системы «выработка-массив-крепь» для шахты «Трудовская» ГП «ДУЭК»

Основной материал исследований. Шахта «Трудовская» введена в эксплуатацию в 1952 году, Категория шахты по газу – I (по метану). Максимальная глубина ведения работ составляет 690 м. Среднединамическая мощность разрабатываемых пластов – 1.63 м, а угол их падения 10-12о

Основная почва пласта представлена переслаивающейся толщей алевролитов, аргиллитов и песчаников средней крепости ($f=2-3$), трещиноватые, неустойчивые, пучащиеся.

Непосредственная кровля пласта представлена аргиллитом мощностью 7,2-12,6м. Аргиллит серый, тонкослоистый, полосчатый, сухой, трещиноватый, средней крепости ($f=1-2$), с включениями глинисто – сидеритовых линз и конкреций по напластованию, неустойчивый.

Уголь черный, полублестящий, тонкополосчатый, сухой, хрупкий, трещиноватый, средней крепости ($f=1-1,9$). Излом угля неровный, ступенчатый, отдельность призматическая, с минеральными включениями пирита в виде линз, гнезд и отдельных точечных вкраплений, а также кальцита в виде тонких пленочек и прожилков по плоскостям трещин кливажа.

В качестве объекта исследований принят вентиляционный штрек 2 восточной лавы пл. I₁, который предназначен для размещения технологического оборудования, коммуникаций, рельсового пути с шириной колеи 900мм, средств доставки (ленточные, скребковые конвейера, вспомогательные лебедки, вагонетки ВДК-2,5), передвижения людей, подачи свежей струи воздуха, и выдачи исходящей струи при эксплуатации выемочного участка.

Сечение выработки в свету составляет 13,4 м², а в проходке – 15,6 м².

Крепь типа КМП АЗК/13,4 из спецпрофиля СВП27 устанавливается по всей длине выработки (1070 м).

Проходка осуществляется комбайновым способом с применением комбайна КСП-32, выдачей горной массы ленточными (скребковыми) конвейерами и вагонетками ВДК-2,5.

В выработке сильное действие оказывает горное давление и водоприток из вышележащего водоносного слоя песчаника. Согласно горно-геологическому прогнозу при отработке 2-й восточной лавы пласта I₁ предусматривается выделение воды из кровли в виде капежа и частых струй величиной 3,0-5,0м³/час, после посадки основной кровли величиной 5,0-10,0м³/час. Помимо этого, основными формами горного давления в выработке являются давление из борта и кровли и интенсивное пучение, что представлено на рис. 1-3.

Проанализировав состояние объекта исследования приходим к выводу, что существующая на настоящий момент крепь недостаточно эффективно справляется с действующим горным давлением. Требуется найти другой способ поддержания выработки, который будет более эффективен в тяжелых условиях шахты «Трудовская». Таким образом, основной целью численного моделирования является обоснование параметров систем крепления подготовительных выработок, которые эксплуатируются в тяжелых горно-геологических условиях шахты «Трудовская». Для эффективного решения этой задачи необходимо отработать параметры моделирования на достаточно простых моделях. В качестве тестовой принята модель, отражающая реальную ситуацию в окрестности выработки-объекта исследований.

Инструментом моделирования является программа «Phase2». Phase2 является мощной программой, реализующей метод конечных элементов, позволяющей оценивать напряженно-деформированное состояние горных пород, как типа грунтов, так и скальных пород. Используется постадийный метод решения, суть которого заключается в разбитии процесса на определенное количество стадий (в нашем случае - 20) и задании на каждой стадии определенных параметров, т.е. крепь устанавливается на определенной стадии после обнажения пород массива (в нашем случае - 5). Эта методика дает более точные и приближенные к реальности результаты, методика выполнена с учетом рекомендаций разработчика по поводу организации этой процедуры.[1]



Рисунок 1 - Вентиляционный штрек 2 восточной лавы пласта I₁ ПКЗ-ПК4. Высота поднятие почвы 1,5-1,8м, состояние рамной крепи удовлетворительное, состояние затяжки – удовлетворительное, капеж воды с кровли по левой стороне и по центру.



Рисунок 2 - Проявление деформаций стоек металоарочной крепи. Крепь КМП-А3К/15,3, шаг установки рам 0,5м



Рисунок 3 - Проявление деформаций верхняков металоарочной крепи. Крепь КМП-АЗК/15,3, шаг установки рам 0,5м

В ходе выполненных исследований решались следующие задачи: создание приближенной к реальности модели, учитывающей физико-механические свойства массива; выполнение анализа напряженно-деформированного состояния массива, ослабленного выработкой; отработка параметров моделирования систем трещин путем подбора из стандартного набора программы системы трещин, наиболее близко отражающую реальные трещины, обнаруженные в выработке-объекте исследований.

Модель представлена выработкой арочной формы с установленной арочной трехзвенной крепью из спецпрофиля СВП-27 с замками на высоте 3.5 м по обоим бортам выработки, установленной на пятой стадии расчета. Породы в модели расположены слоями под углом 11 градусов. Параметры слоев сведены в таблицу 1. Здесь: $G_{сж}$ – предел прочности на сжатие, МПа; k_c – коэффициент структурного ослабления; E – модуль Юнга, МПа; μ – коэффициент Пуассона

Таблица 1 – параметры моделируемых слоев пород

	<i>Порода</i>	<i>Мощность, м</i>	$G_{сж}$	k_c	$E, МПа$	μ
Кровля	<i>Алевролит</i>	7,5	30	0,4	$6,75 \times 10^3$	0,23
	<i>Песчаник</i>	12	32	0,3	$11,5 \times 10^3$	0,21
	<i>Аргиллит</i>	4	25	0,3	$5,9 \times 10^3$	0,23
Пласт	<i>Уголь</i>	1,1	23	0,4	$3,6 \times 10^3$	0,16
Почва	<i>Алевролит</i>	0,8	30	0,4	$6,75 \times 10^3$	0,23
	<i>Алевролит</i>	0,65	30	0,4	$6,75 \times 10^3$	0,23
	<i>Песчаник</i>	2,5	32	0,3	$11,5 \times 10^3$	0,21
	<i>Алевролит</i>	6,85	30	0,4	$6,75 \times 10^3$	0,23
	<i>Аргиллит</i>	12	25	0,3	$5,9 \times 10^3$	0,23
	<i>Известняк</i>	3	90	0,9	$4,6 \times 10^3$	0,21

Система трещин «Beacher» была задана на 1 шаге. Данная система представляет собой трещины, расположенные в одном направлении под различными углами с учетом равномерного заполнения ими пространства. С такой системой трещин выдавливание правого бока составило 1,14-1,23 м, а пучение пород почвы – 0,45 - 0,56 м (рис. 5).

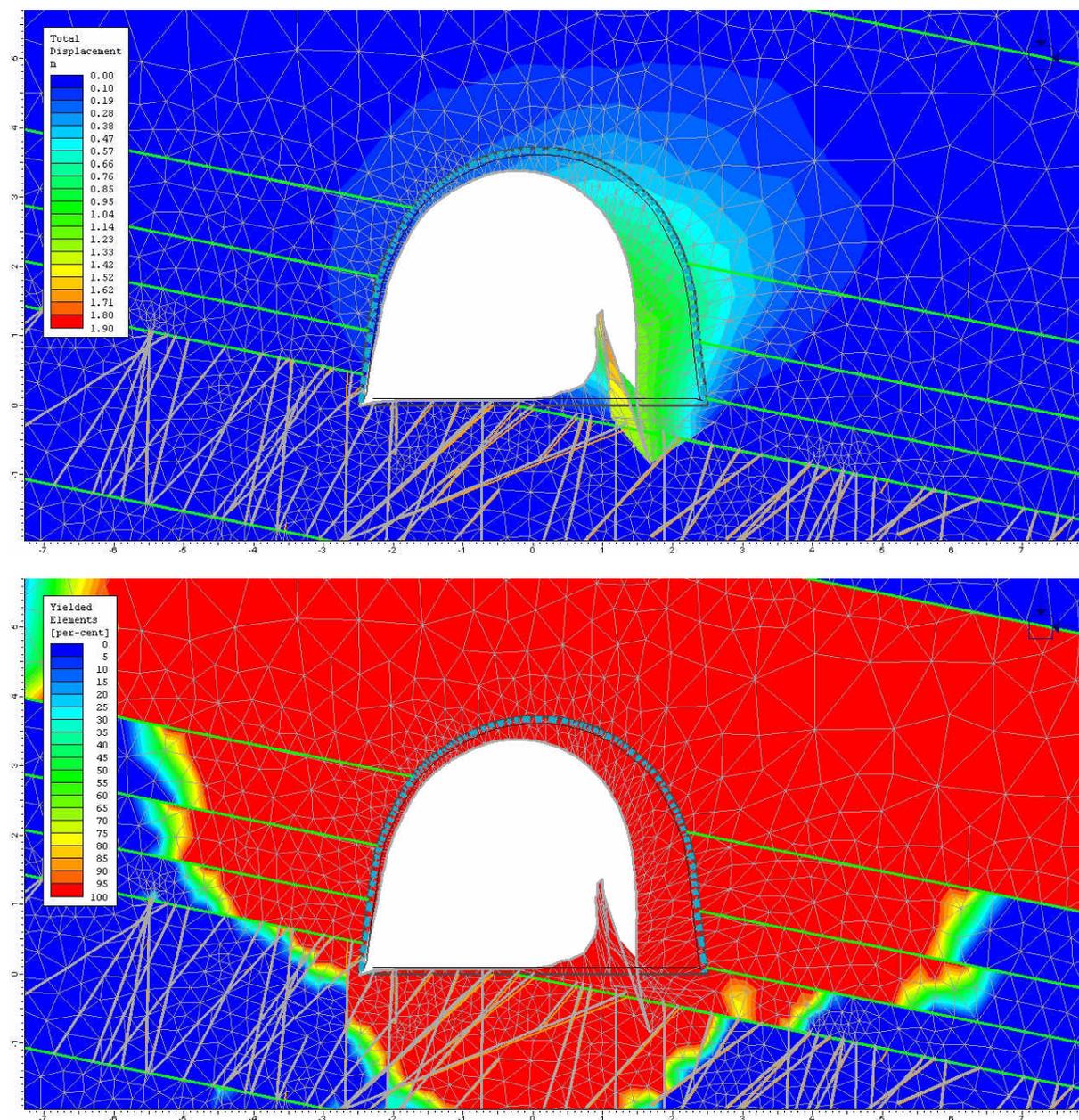


Рисунок 5 - Система трещин «Beacher»: а) величины перемещений на контуре выработки; б) конфигурация зоны разрушения

Система трещин «Blosky» представляет собой трещины, пересекающиеся под прямыми углами через различное расстояние. С системой трещин в виде блоков выдавливание правого бока составило 1-1,2 м, а пучение пород почвы – 0,3-0,45 м (рис. 6), что значительно ближе к реальным величинам проявлений горного давления в шахте «Трудовская».

Выводы. Таким образом, по результатам выполненного моделирования можно сделать следующие выводы:

Адекватность тестовой задачи натурным наблюдением обеспечивают следующие параметры:

- размеры модели и граничные условия
- формат моделирования крепи (задана на 5/20 шаге, СВП-27, материал пластичный, вес крепи в расчете учтен)
- формат моделирование систем трещин (вид трещин – блоки, заданы на 1/20 шаге, на границах слоев открыты)

Учет систем трещин в модели количественно выразился в уменьшении проявления горного давления в правом боку выработки на 0,05-0,1 м, а в почве на 0,06-0,1 м, что ближе к реальной ситуации в шахте «Трудовская».

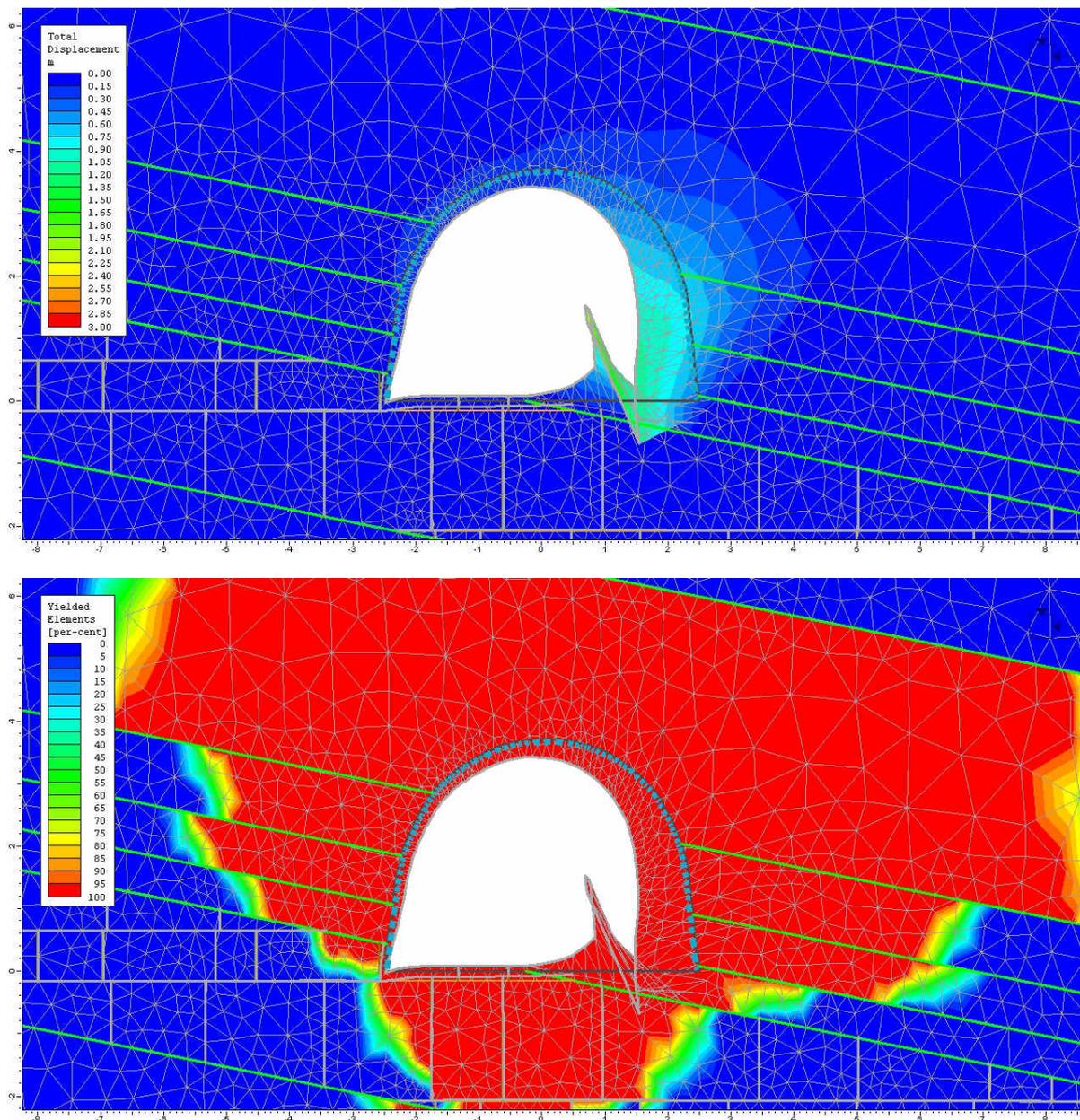


Рисунок 6 - Система трещин «Blocky»: а) величины перемещений на контуре выработки; б) конфигурация зоны разрушения.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на приближение модели к реальной. Для этого следует более детально изучить и учесть физико-механические свойства пород, их трещины и нагрузки, действующие на крепь.

Список литературы

1. Программа Phase2: Руководство пользователя [Электронный ресурс] .– Режим доступа: <https://www.rocscience.com/help/phase2/webhelp/phase2.htm>.