

УДК 624.012:626



И.А. СУЮНТБЕКОВА
КГУСТА ИМ. Н. ИСАНОВА,
БИШКЕК, КЫРГЫЗСКАЯ РЕСПУБЛИКА
E-MAIL: IRA.AMANTAIEVA.75 @MAIL.RU

I.A. SUJUNTBEKOVA
KSUCTA N.A. N. ISANOV,
BISHKEK, KYRGYZ REPUBLIC
E-MAIL: IRA.AMANTAIEVA.75 @MAIL.RU

E.mail. ksucta@elcat.kg

ВЛИЯНИЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

INFLUENCE OF SEISMIC IMPACTS ON HYDRAULIC STRUCTURES

Бул макалада гидротехникалык курулуштарга тийгизген сеймиканын таасири каралган.

Чечүүчү сөздөр: *чыңалуу, деформация, гидротехникалык курулуштар, тектоникалык процесстер.*

В данной статье рассмотрено влияние сейсмических воздействий на гидротехнические сооружения.

Ключевые слова: *напряжение, деформация, гидротехнические сооружения, тектонические процессы.*

In this article the influence of seismic influences on hydraulic structures

Key words: *tension, deformation, hydraulic structures, tectonic processes.*

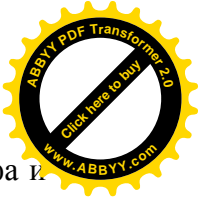
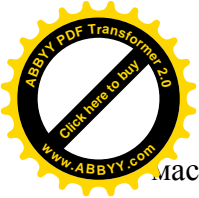
В настоящее время в практике проектирования гидротехнических сооружений преобладают методы, основанные на старых строительных нормах и правилах. Поэтому, в связи с капитализацией общественных отношений и принципов проектирования требуются новые подходы, как в моделировании, так и в проектировании.

В этом русле проводятся работы по алгоритмизации и созданию пакета прикладных программ (ППП) для анализа напряженно-деформированного состояния (НДС) массивов пород склонов гор и бортов карьеров гидротехнических сооружений [5]. Локальные и мелкие по масштабу геометрические особенности реального рельефа бортов карьера и склонов прилегающих гор весьма сложны. Поэтому в расчетной модели с помощью гладких криволинейных цилиндрических поверхностей учтены лишь главные по масштабу особенности рельефа массивов карьера и гор. Влияние мелких геометрических факторов не учитываются.

Параметры силовых факторов конкретизируются достаточно достоверно для гравитационных составляющих внешних сил. Если измерение напряжений осуществлено в массивах с горным рельефом, то действия тектонической силы единичной интенсивности, в зависимости от вида сооружения, состава строения массива и других параметров, скорости, периодов колебания и направления распространения сейсмических волн задаются также приближенно.

Поэтому, при моделировании и прогнозе НДС горных массивов бортов каньона и склонов гор, в любом случае потребуется выполнение многовариантных расчетов полей напряжений, деформации и смещений пород, которые будут соответствовать вариациям значений тех или иных факторов [3].

После конкретизации значений механических факторов с помощью ППП выполняются работы по вычислению прогнозируемых величин в конкретных точках



массива. Густота точек в исследуемой области задается в зависимости от формы рельефа и от ожидаемой концентрации напряжений, определенных на расстоянии половины характерного размера карьера, справа и слева от него по горизонтали и 1,5 размера – по глубине от основного карьера. При этом в каждой точке основными вычисляемыми величинами являются компоненты тензора напряжений или главные напряжения, а также компоненты смещений и деформаций.

Главные компоненты напряжений определяются известными классическими формулами [1]. Для установления достоверности выполнена тестовая задача.

Созданная модель напряженно-деформированного состояния (НДС) пород нагорных карьеров позволяет выполнить расчет полей напряжений для разреза карьера. Для расчетов принято: объемный вес равным 2,85 т/м, коэффициент Пуассона $\mu = 0,25$. Предел прочности на сжатие всяческого бока 81 МПа, для руды 120 МПа. Результаты расчета полей напряжений, возникающих от действия силы гравитации, представлены на рис. 1.

Из рис.1. видно, что горизонтальная компонента нормальных напряжений распределены в левых и правых бортах карьера по различным законам. В левом борту карьера имеется зона растяжения, хотя величина наибольшего значения напряжений незначительна и равна 1,3 МПа. В правом борту имеется концентрация только сжимающих напряжений. Наибольшее сжатие равно 9,4 МПа. В зоне основания правого борта карьера в обширной зоне наблюдается концентрация сжимающих в горизонтальном направлении напряжений.

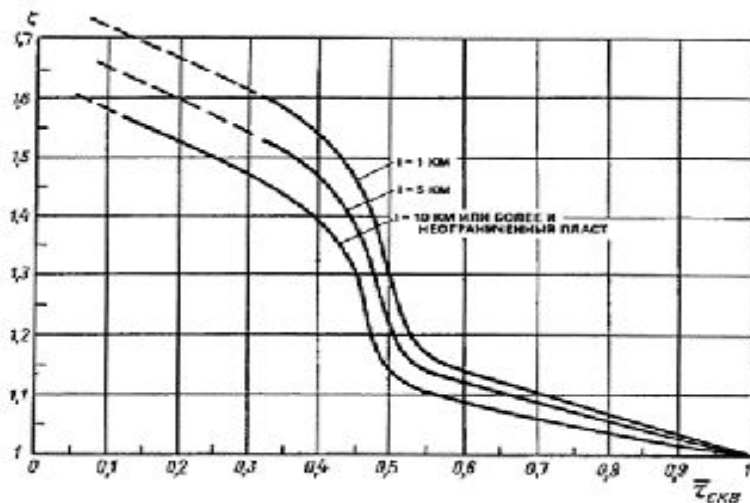


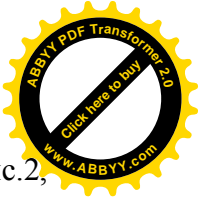
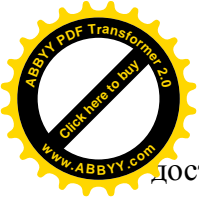
Рис.1. Распределение горизонтальных и вертикальных нормальных напряжений в массивах пород бортов карьера при действии силы гравитации

Вертикальная компонента сжимающих нормальных напряжений в обоих бортах карьера растут по глубине массива почти пропорционально, ростом высоты бортов карьера.

Сдвигающие касательные напряжения в правом борту карьера достигают наибольших значений, зоны их концентрации расположены в зоне опорного давления бортов карьера. Наибольшее значение имеет место в правом борту карьера, где имеется зона изгиба, и равна 7 МПа. В целом на правом борту карьера значения касательных напряжений 5 – 10 раз больше чем в левом борту. Поэтому интенсивные сдвиговые деформации массивов пород могут развиваться в правом борту карьера.

Распределение напряжений в массивах пород, когда они испытывают совместное действие силы гравитации и тектонического сжатия в горизонтальном направлении с интенсивностью 5,8 МПа, показаны линиями нормальных напряжений на рис. 2.

В этом случае вся зона концентрации горизонтальных напряжений локализована в зоне основания карьера, где ее наибольшее значение равно 40,3 МПа. Вертикальная компонента напряжений в зоне сопряжения правого борта карьера с его основанием



достигает наибольшего значения, равного 15,2 МПа. В целом, как видно из рис.2, концентрация напряжений при тектоническом сжатии в 4 раза больше, чем при действии силы гравитации.

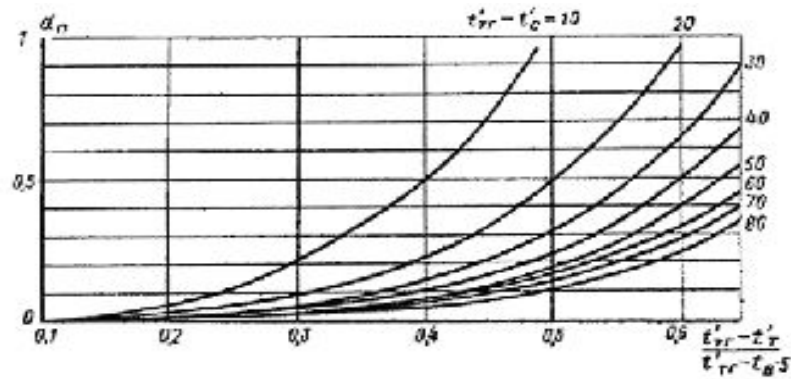


Рис.2. Распределение напряжений в массивах пород

Для выполнения прогноза вероятных сдвиговых деформаций выполнен анализ распределения наибольших касательных напряжений при тектоническом сжатии в горизонтальном направлении различной интенсивностью.

Таким образом, при наличии происходящих в регионе тектонических процессов, вероятность возникновения оползневых явлений увеличивается в 3 раза по сравнению с действием только силы гравитации.

Учитывая, что концентрация напряжений локализованы в зоне основания правого борта карьера, можно прогнозировать о возможности потери устойчивости в первую очередь борта карьера, после отработки месторождения.

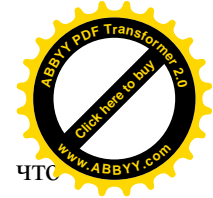
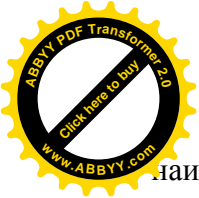
Причины, место возникновения и кинетика развития процессов разрушений массивов пород обусловлены многими естественными и техногенными факторами – составом, строением и рельефом массивов пород и их реологическими свойствами, сейсмотектонической активностью горного региона, местом расположения, формой и размерами карьеров и т.д. Процессы разрушения массивов пород протекают не только в пространстве, но и во времени.

При рассмотрении механизма разрушения горных пород выделяют две формы:

- а) отрыв, обусловленный деформациями удлинения, т.е. преимущественным действием нормальных растягивающих напряжений;
- б) срез или скалывание вследствие преобладающего развития деформаций сдвига, вызванных касательными напряжениями.

В настоящее время экспериментально обосновано, что любое твердое тело в зависимости от условий нагружения может разрушаться с проявлением обеих выделенных форм. В одних случаях разрушение наступает после стадии малых деформаций (хрупкое разрушение), в других – материал до разрушения испытывает значительные остаточные деформации (вязкое или пластическое разрушение). На протяжении двух столетий создавались различные критерии о прочности, которые подразделялись на две группы в соответствии с гипотетическим механизмом разрушения, положенным в их основу, и противопоставлялись друг другу.

Один из самых ранних критериев прочности – критерий наибольших нормальных напряжений был выдвинут Г. Галилеем. Согласно этому критерию опасное состояние материала наступает при достижении наибольшим нормальным напряжением некоторого, определяемого экспериментально, критического значения. Вследствие этого данный критерий применим лишь в условиях одноосного растяжения. Это обстоятельство существенно ограничивает область применения данного критерия как для пластичных, так и для хрупких материалов, в том числе и для горных пород. По критерию наибольших деформаций критическое состояние материала определяется его деформациями, т.е.



наибольшим удлинением. Отличие данного критерия от предыдущего состоит в том, что с допуском напряжением сравнивают совокупность нормальных компонентов тензора напряжений. Эксперименты показывают, что этот критерий хорошо описывает характер разрушения хрупких материалов, но для пластичных он не подтверждается [2].

Критерий наибольших касательных напряжений, сформулированный Кулоном, основан на механизме разрушения в форме среза и проверка прочности осуществляется в соответствии с условием где допускаемое касательное напряжение для материала. Критерий наибольших касательных напряжений подтверждается экспериментами для материалов, проявляющих пластические свойства и с близкими по значению пределами прочности на сжатие и растяжение. Эта теория применима и для материалов, обладающих различными пределами прочности на сжатие и растяжение.

Для описания условий разрушения горных пород широко применяют критерий прочности, предложенный О. Мором. Условие прочности определяется соотношениями касательных и нормальных напряжений в каждой точке тела, находящегося в объемном напряженном состоянии, т.е. на плоскости соотношение представляет предельную кривую, огибающую семейство кругов напряжений, построенных для различных случаев предельного напряженного состояния.

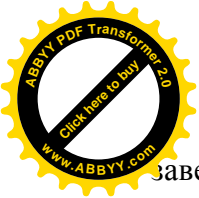
Огибающие предельных кругов напряжений называют паспортами прочности горных пород. Согласно данному критерию разрушение наступает при превышении касательными напряжениями критических значений, определяемых ординатами огибающей, а также, если нормальные растягивающие напряжения превысят предел прочности на растяжение при отсутствии касательных напряжений.

Существует ряд других критериев разрушения твердых тел, в основу которых положено совместно рассмотрение критериев прочности по деформациям и напряжениям, т.е. рассмотрение потенциальной энергии или численно ей равной удельной работы деформаций, затрачиваемой на разрушение твердого тела [4]. Хорошие результаты достигаются, если учитывают не всю потенциальную энергию, а только ту ее часть, которая идет на изменение формы элементарных объемов материала. При конкретных расчетах прочности отдельных областей массива горных пород необходим неременный учет вида напряженного состояния рассматриваемой области, а также характера ее деформирования. При этом в зависимости от способности объекта к практически хрупкому деформированию или к деформированию с проявлением пластических деформаций следует использовать соответствующие критерии прочности.

Критерий Давыденкова – Фридмана называется объединенным критерием прочности. Исходным для него является предложение о наличии у материала двух характеристик предельной прочности – сопротивления отрыву и сопротивления сдвигу. Недостатком рассматриваемого критерия является использование далеко не универсального критерия наибольшего удлинения и условного параметра жесткости нагружения. Проанализировав существующие критерии разрушения предлагается следующая методика определения вероятных зон разрушения в склонах и бортах карьеров, основанная на изучении напряженно – деформированного состояния массивов пород в каждой конкретной геомеханической ситуации.

1. Вероятная зона разрушения массивов пород в зонах растягивающих напряжений определяется по величине критерия, а в зонах сжатия – по теории прочности О. Мора, по величине критерия. Здесь где величины касательных и нормальных составляющих напряжений на площадке сечения массива, где предполагается расположение поверхности скольжения: сцепление и угол в предложен способ применения теории адаптивной эволюции механических систем при проектировании плотин, как одних из наиболее распространенных гидротехнических сооружений. Модификация адаптационного алгоритма для решения этой задачи (рис. 1.) подтверждает его гибкость.

Рассмотрены примеры определения структур в задачах формирования рационального профиля плотин. Для этого предложен следующий метод. Вначале задается произвольный



заведомо большой профиль плотины требуемой высоты и, например, ширины верхней грани, а также заданного начального значения модуля деформации. Затем методами выявляются элементы в системе, у которых модуль деформации менее, например, 2% от начальной величины. Такие элементы удаляются, оставшиеся объемы плотины выравниваются с сохранением начальных условий. При условии, что в итоговой схеме $E = E_{нач}$ выполняется новый эволюционный расчет. Такая последовательность процесс проектирования рационального профиля плотины действий выполняется до тех пор, пока число элементов не будет меньше заданного процента, например, 2%. Для наглядного представления процесса проектирования рационального профиля плотины все этапы проектирования одного объекта показаны на рис. 2. Наличие ограничений на создание нового контура может быть обусловлено множеством факторов.

Итоговая форма рационального профиля плотины возникает из начального объема материала произвольной формы. Полученный в результате решения нескольких примеров рациональный профиль плотины идентичен известному профилю гравитационных бетонных плотин, что подтверждает практическое применение.

Расчетная схема принята как массив грунта с полостью внутри. Положение в разрезе и конфигурация полости варьировались. С помощью программы выполнено решение ряда задач, в которых расположение полости изменялось от 20м до 50м, а ее конфигурация принималась по форме известных типов обделок – круглой, прямоугольной, многосекционной.

В результате получены структуры, по которым составлена картина закрепления системы «массив грунта с полостью». Для круглой, трехсекционной, квадратной и двухсекционной (при закладке туннеля под наклонной поверхностью горного массива) полостей общая картина закрепления сохраняется. От угловых точек прямоугольного сечения, угловых точек и перегородок многосекционного сечения, угловых точек квадрата, описанного вокруг круглого сечения, вверх и вниз, а также на значительном удалении от полости образовались участки с повышенным модулем деформации. Интуитивное восприятие полученных структур – частичное погашение нагрузки на обделку за счет передачи веса вышележащих слоев грунта на нижележащие при помощи указанных участков. Ввиду невозможности изготовления зон закрепления, в точности повторяющих полученную теоретически структуру, последняя огрубляется, но при этом сохраняется основное качество – необходимо от угловых точек обделки вверх и вниз выполнить ответвления с повышенным модулем деформации, например в виде анкерной крепи. Глубина крепи $\approx 5-7$ м и больше. В конце скважины необходимо выполнять уширение с нагнетанием в него раствора. Возможно также изменить существующие типы обделок согласно теоретическим расчетам.

Список литературы

1. Абдылдаев Э.К. Напряженно – деформированное состояние массива горных пород вблизи выработок [Текст] / Э.К. Абдылдаев. - Фрунзе: Илим, 1990 – 164 с.
2. Айтматов И.Т. Прогноз проявлений горного давления при разработке месторождений комбинированным способом [Текст] / И.Т. Айтматов, Б. Жумабаев, Г.С. Исаева // Проблемы горного давления на больших глубинах при ведении подземных и открытых и открытых работ. – Кривой Рог: НИГРИ, 1990. – С.42.
3. Айтматов И.Т. Методика расчета на сейсмичность устойчивости массивов пород бортов карьера и склонов прилегающих гор [Текст] И.Т. Айтматов, Б. Жумабаев, Г.С. Исаева // Матер. международной конференции: Проблемы механики и технологии. - Бишкек: БПИ, 1994. – 171 с.
4. Айтматов И.Т. Исследование распределения напряжений в горных склонах методом фотоупругости / Напряженно – деформированное состояние горных пород при добыче полезных ископаемых и гидротехническом строительстве [Текст] // И.Т. Айтматов, Н.К. Карагулов. – Фрунзе: 1973. - с.34 – 55.



5. Кутуев М.Д., Укуев Б.Т и др. Информационные технологии в строительстве, механике [Текст] // М.Д.Кутуев, Б.Т.Укуев. - Б.: Авангард, 2007. -295с.