

Суюнтбекова И.А.

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МАССИВОВ ПОРОД НАГОРНОГО КАРЬЕРА

УДК: 624.012:626

С помощью созданной модели напряженно-деформированного состояния (НДС) пород нагорных карьеров выполнен расчет полей напряжений для разреза карьера. Для расчетов принято: объемный вес равным $\gamma = 2,85 \text{ т/м}^3$; коэффициент Пуассона $\mu = 0,25$. Предел прочности на сжатие всячего бока 81 МПа, для руды 120МПа. Результаты расчета полей напряжений, возникающих от действия силы гравитации, представлены на рис. 1.

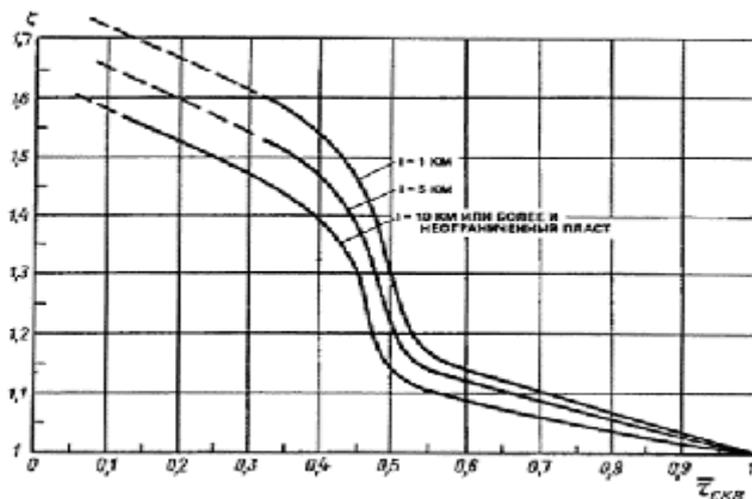


Рис.1. Распределение горизонтальных и вертикальных нормальных напряжений в массивах пород бортов карьера при действии силы гравитации.

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.

Вертикальная компонента сжимающих нормальных напряжений в обоих бортах карьера растут по глубине массива почти пропорционально росту 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.

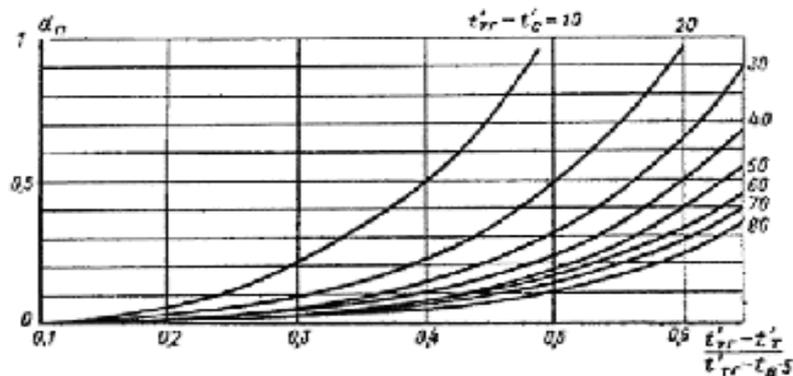


Рис.2. Распределение напряжений в массивах пород

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.

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.

Методика, критерии оценки устойчивости и разрушения массивов пород бортов карьера и склонов гор.

Критерии оценки разрушения бортов карьера и склонов гор.

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. Влияние других компонент тензора напряжений не учитывается. Вследствие этого данный критерий примерим 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. Условие прочности записывается в виде $\sigma_1 \leq [\sigma]$, где σ_1 - наибольшая из нормальных компонент тензора напряжений; $[\sigma]$ - допускаемое напряжение для рассматриваемого материала. При этом для хрупких материалов подразумевается значение предельного напряжения, вызывающего появление неупругих деформаций, т.е. предел упругости, а для пластичных - предел текучести. Для хрупких материалов подразумевается значение предельного напряжения, вызывающего появление

неупругих деформаций, т.е. предел упругости, а для пластичных - предел текучести.

По критерию наибольших деформаций (теория Мариотта) критическое состояние материала определяется его деформациями, т.е. наибольшим удлинением. Отличие данного критерия от предыдущего состоит в том, что с допускаримым напряжением сравнивают совокупность нормальных компонент тензора напряжений. Эксперименты показывают, что этот критерий хорошо описывает характер разрушения хрупких материалов, но для пластичных он не подтверждается.

Критерий наибольших касательных напряжений, сформулированный Кулоном, основан на механизме разрушения в форме среза и проверка прочности осуществляется в соответствии с условием 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.

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. 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.

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. 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. Сопротивление отрыву для хрупких в обычных условиях материалов может быть определено как предел прочности при растяжении. 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.

Литература:

1. Абдылдаев Э.К. Напряженно – деформированное состояние массива горных пород вблизи выработок. Фрунзе : Илим, 1990 – 164 с.
2. Айтматов И.Т. Жумабаев Б, Исаева Г.С. Прогноз проявлений горного давления при разработке месторождений комбинированным способом. Проблемы горного давления на больших глубинах при ведении подземных и открытых и открытых работ. – Кривой Рог : НИГРИ, 1990. – С.42.
3. Айтматов И.Т. Жумабаев Б, Исаева Г.С. Методика расчета на сейсмичность устойчивости массивов пород бортов карьера и склонов прилегающих гор. Матер. международной конференции «Проблемы механики и технологии». Бишкек: БПИ, 1994. - С171.
4. Айтматов И.Т., Карагулов Н.К. Исследование распределения напряжений в горных склонах методом фотоупругости \ Напряженно – деформированное состояние горных пород при добыче полезных ископаемых и гидротехническом строительстве. Фрунзе, 1973. С.34 – 55.
5. Кутуев М.Д., Укуев Б.Т. Строительная механика. - Б.:Авангард, 2008.-270 с.