

ОБОСНОВАНИЕ ГЕОМЕХАНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОТВЕТСТВЕННЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ГЛУБОКОГО КАРЬЕРА МУРУНТАУ

Умаров Ф.Я., декан факультета Инженерной геологии и горного дела ТГТУ, д.т.н., Наимова Р.Ш. доцент кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» ТГТУ Тошев О. ТГТУ «Маркшейдерлик иши ва геодезия» кафедраси 2 боскич магистранти Кудратов И. ТГТУ «Маркшейдерлик иши ва геодезия» кафедраси 2 боскич магистранти.

В статье рассмотрены вопросы обоснования геомеханического обеспечения ответственных инженерных сооружений в условиях глубокого карьера Мурунтау. Геомеханическими расчетами установлено, что для групп уступов карьера общей высотой 270м коэффициент запаса составляет $n=1,95-2,3$ при допустимой величине $n=1,3$. Вероятность возникновения крупномасштабных деформаций борта карьера Мурунтау, способных привести к обрушению КНК, практически отсутствует.

Ключевые слова: Карьер, высота борта, горные породы, физико-механические свойства, геомеханическоеобеспечение, глубина работ, горная масса.

Maqolada Muruntog kon sharoitlarida injenerlik inshootlarni geomexanik ta'minotini asoslangan. Geomexanika usullari bilan hisoblash natijasida karemi gurux pogonalarini umumiy balandligini 270 metr bo'lganda ustuvorlik zahira koeffitsienti $n=1,95-2,3$ tashkil topishi aniqlangan. Shuning uchun Muruntog konida injenerlik inshootlariga yirik masshtabli bort deformatsiyasini ta'sir etish extimoli amaliy jixatdan mavjud emas.

Tayanch iboralari: karer, bort balandligi, tog jinslar, fizik-mexanik xususiyatlar, geomexanik ta'minot, kon chuqurligi, kon massasi, tog' jinsning ichki ishqalash koeffitsienti, deformatsiya, tog' jinsni surilishi, tog' jinslarni ilashishi, solishtirma og'irligi.

Введение. Обеспечение устойчивости уступов, бортов карьеров и инженерных сооружений при открытой разработке месторождений полезных ископаемых является одним из важных вопросов в течение всего периода строительства и эксплуатации карьера. При проектировании и реконструкции крупных карьеров в современных условиях должны учитываться изменяющиеся с глубиной отработки физико-механические свойства пород, влияния природных и горнотехнических факторов на сохранность прибортовых массивов и инженерных сооружений. Под геомеханическим обеспечением устойчивости уступов, бортов карьера и инженерных сооружений понимается решение задач устойчивости и контроля вмещающих пород и земной поверхности, предотвращение аварийных ситуаций, повышение безопасности и эффективности горных работ, обеспечение сохранности и нормальной эксплуатации инженерных сооружений. Сложность в оценке геодинамических процессов, возникающих в прибортовом массиве, вызывают необходимость в постановке специальных исследований для конкретных условий рассматриваемого карьера. Безопасность и эффективность работы крупных карьеров во многом

определяется используемыми методами контроля над состоянием ответственных инженерных сооружений карьера, за деформационными процессами, происходящими в карьере и расчета устойчивости бортов.

Основная часть. При решении вопросов по обеспечению устойчивости на карьерах кроме совокупности сил, действующих на массив горных пород, необходимо знать механизм формирования нарушения устойчивости исследуемого объекта. Это весьма важное обстоятельство устанавливается на основании анализа напряженно-деформированного состояния массива горных пород с использованием данных маркшейдерских наблюдений, моделирования и других исходных данных.

Влияние динамических нагрузок на формирование напряженного состояния массива горных пород в глубоких карьерах занимают особое место. В отличие от статических, действие которых считается постоянным (по величине и направлению), динамические силы действуют в течении нескольких секунд. За это время их величина, направление действия и знак меняются неоднократно.

Выделяют три основных вида динамических сил, имеющих место на открытых разработках, которые отличаются по масштабам, формам существования и проявления:

- сейсмические, обусловленные происходящими землетрясениями;
- сейсмозрывные, связанные с производством массовых взрывов для рыхления и отбойки горной массы;
- динамические, возникающие при работе тяжелого горнотранспортного оборудования.

Динамические напряжения вызываются кратковременным действием импульса силы, что влечет за собой образование в горных породах волн напряжений различного вида.

В качестве примера рассмотрим устойчивость Восточного борта карьера Мурунтау с размещенным на нем комплексом ЦПТ-руда с крутонаклонным конвейером КНК, который представляет собой ответственное инженерное сооружение, где требования к обеспечению его долговременной сохранности повышены.

При эксплуатации КНК на его основные части: опоры, крепление к фундаменту и на конструкции КНК действуют силы, возникающие от перемещения горной массы по конвейеру, от проведения массовых взрывов в карьере Мурунтау и подземных горных выработках шахты Мурунтау, а также возможные сейсмические воздействия. Перемещения горной массы по конвейеру носит долговременный характер, и массовые взрывы периодически кратковременный характер. В итоге возникают знакопеременные колебательные нагрузки, которые различаются по амплитуде и частоте и зависят от месторасположения и мощности источников

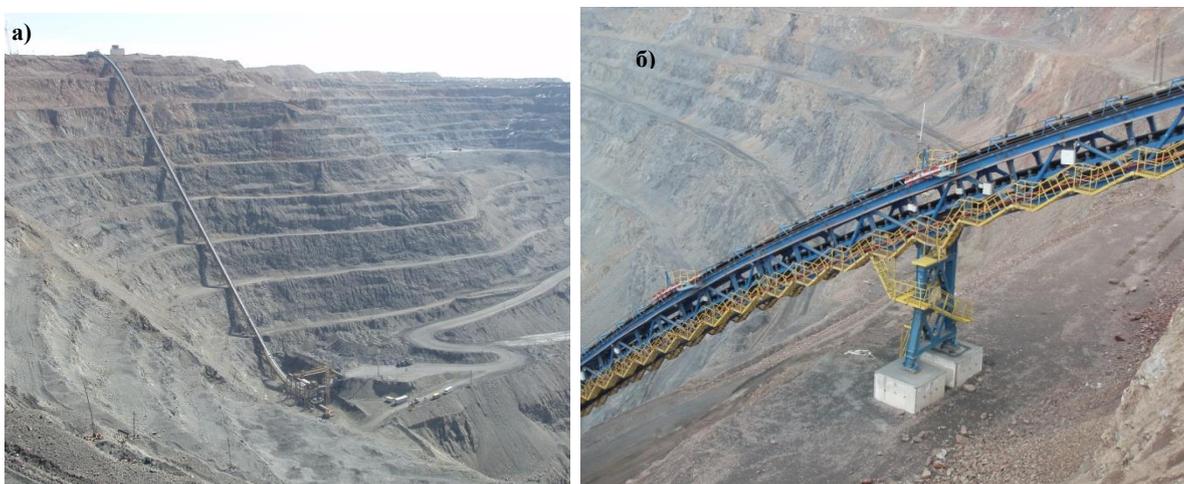


Рис.1. Общий вид на комплекс ЦПТ-руда с КНК-270 (а), расположение поддерживающей опоры и линейной секции КНК

колебаний. Существенными для устойчивой работы КНК, также являются геолого-тектонические процессы, происходящие в массиве борта карьера, на котором расположен КНК (рис.1).

Решение динамической задачи о частотах, собственных формах и колебаниях Восточного борта с конструкцией КНК возможно с

использованием численных методов. Метод конечных элементов позволяет учитывать нерегулярность рассматриваемой области, в данной задаче – это плоско деформируемая область горного массива и удлиненная конструкция конвейера КНК, в соответствии с принятой расчетной схемой.

Следует отметить, что при определении напряженно-деформированного состояния Восточного борта при установленном КНК, использованы данные, касающихся только веса конвейера, приходящегося на опоры. Эта узловая нагрузка принята равной 1 МН. При колебательном процессе системы, включающей горный откос и конвейер, помимо физико-механических параметров элементов плоской системы (горной породы) необходимо знание таких параметров конструкции КНК как площадь и моменты инерции поперечного сечения. В расчетах для стержневых элементов было условно приняты следующие значения указанных параметров: $F=1m^2$, $J=1m^4$.

Наибольшую опасность представляет периодическая динамическая нагрузка, способная вызвать резонанс в конструкции КНК и привести его к разрушению. Для определения параметров подобной нагрузки необходимо определить собственные параметры колебаний КНК – его собственной частоты и формы колебаний, после чего проанализировать возможность возникновения динамической нагрузки с таким спектром с целью недопущения резонансных колебаний конструкции.

Известно, что комплекс ЦПТ нормального исполнения (15⁰) вместе с участком южного борта построенный в 1984 году, воспринял за это время большое количество и сейсмических воздействий (надземные и подземные взрывы, подземные толчки и удары, вибрации, вызванные движением большегрузного транспорта и передаваемые через землю к подъемнику, участку южного борта и

т.д.) и землетрясений. В связи с этим указанный комплекс своевременно и постоянно усиливался по разным причинам. В частности, весь комплекс других сооружений карьера Мурунтау на тот период времени перенес три крупнейших землетрясения: в 1976 г. - два ($M = 7,1$ и $M = 7,2$) и в 1984 г. – одно ($M = 7,3$) с очагами в районе г.Газли (А «180-210 км), интенсивность воздействия на территории карьера оценивалась $I_0 = 6$ баллов по шкале MSK-64, длительность цуга колебаний составляла $T > 100$ с. О сейсмическом действии указанных землетрясений на здания и сооружения по карьере Мурунтау, городам Учкудук, Зарафшан, Газли, Бухара, Навоий и других имеются многочисленные публикации и, в частности, по сейсмическому действию на горнодобывающее и транспортное оборудование.

Оценка устойчивости и расчет параметров борта карьера Мурунтау на участке размещения крутонаклонного конвейера затруднителен из-за неодинаковой способности массива горных пород оказывать сопротивление распространению сейсмических волн в разных направлениях от очага землетрясений. Массив горных пород нарушен постоянным внешним воздействием и не находится в естественном состоянии. В разрезе Восточного борта карьера Мурунтау преобладают алевролиты углеродистого и слюдисто-кварцевого состава с линзами и прослоями сланцев различного состава. Вследствие этого, как сам участок борта, так и комплекс КНК, находящиеся на одинаковом расстоянии от эпицентра ожидаемого землетрясения, в различной степени могут подвергнуться длительному сейсмическому воздействию.

В целях охраны комплекса КНК и борта, на котором он размещен потребовалось постоянное проведение как аналитических исследований, так и экспериментальное обоснование сейсмостойкости.

При исследовании состояния устойчивости бортов карьера Мурунтау установлено, что уровень подвижек блочных структур в районе месторождения далек от критического. Определены отдельные участки бортов карьера, требующие повышенного внимания при проведении горных работ по разработке карьера.

При изучении влияния на участок комплекса КНК внешней динамической нагрузки массовых взрывов и землетрясений при разработке карьера, а так же релаксационных процессов в прибортовом массиве методами сейсмометрии, установлено, что сейсмическое воздействие зависит от направления сейсмической волны землетрясений относительно оси КНК. Наибольшее воздействие оказывают сейсмические волны землетрясений, имеющие направление 90 градусов к оси КНК. Для взрывных волн направление не столь существенно [1, 2]. Исследованиями установлен суммарный вес взрывааемых зарядов ВВ при взрыве скважин основного блока равный 300,0 тонн на расстоянии не менее 500 м от комплекса КНК.

С целью определения устойчивости прибортового массива глубокого карьера Мурунтау в месте расположения ответственных инженерных сооружений проведены исследования по установлению закономерности изменения линии скольжения в зависимости от коэффициента сцепления, удельного веса, угла внутреннего трения, угла откоса борта при различной высоте борта карьера, на основе которых разработана математическая модель по определению линии скольжения в откосе уступа, получены формулы расчета на основе которых разработана компьютерная программа [3].

Графоаналитическим методом [2] установлены изменения радиуса линии скольжения бортов уступа в зависимости от коэффициента сцепления, удельного веса и угла внутреннего трения массива горных пород, а также угла откоса борта карьера. На основе

полученных зависимостей, разработана программа расчета определения оптимальных параметров устойчивости бортового массива с применением современных компьютерных программ на языке программирования Borland Delphi 7.0.

В ходе аналитического анализа установлено прямолинейное изменение (рис.2. а, б, в,) радиуса линии скольжения в зависимости от коэффициента сцепления массива горных пород при различной высоте борта карьера.

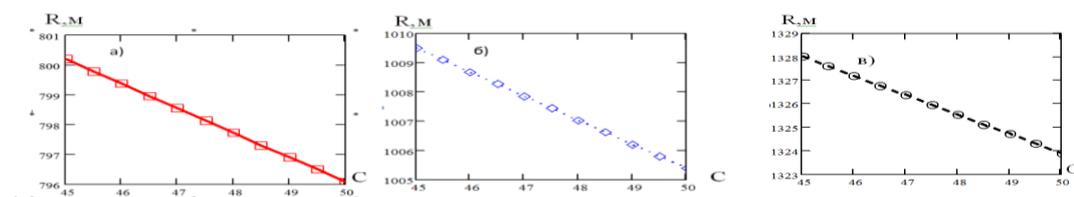


Рис. 2. График изменения радиуса криволинейной части линии скольжения в зависимости от коэффициента сцепления массива горных пород при различной высоте борта карьера: а) Н=460 м; б) Н=575 м; в) Н=750 м.

Исследованиями установлено, что увеличение коэффициента сцепления от 45 до 50 сопровождается снижением радиуса криволинейной части линии скольжения. Увеличение высоты борта карьера 450, 575 и 750 м сопровождается увеличением радиуса линии скольжения соответственно до 800, 1010 и 1328 м.

На рис.3 (а, б, в,) приведены графики изменения радиуса линии скольжения в зависимости от удельного веса массива горных пород при различной высоте борта карьера.

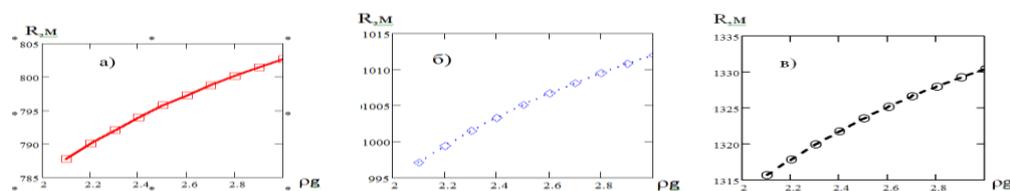


Рис.3. График изменения радиуса криволинейной части линии скольжения в зависимости от удельного веса массива горных пород при различной высоте борта карьера: а) Н=460 м; б) Н=575 м; в) Н=750 м

При этом установлено увеличение удельного веса массива от 2 до 3 Н/м³ сопровождается увеличением радиуса линии скольжения. Увеличение высоты борта карьера 450, 575 и 750м сопровождается увеличением радиуса линии скольжения соответственно до 788, 995

и 1310м.

На рис.4. (а, б, в,) приведены графики изменения радиуса линии скольжения в зависимости от угла внутреннего трения массива горных пород при различной высоте борта карьера.

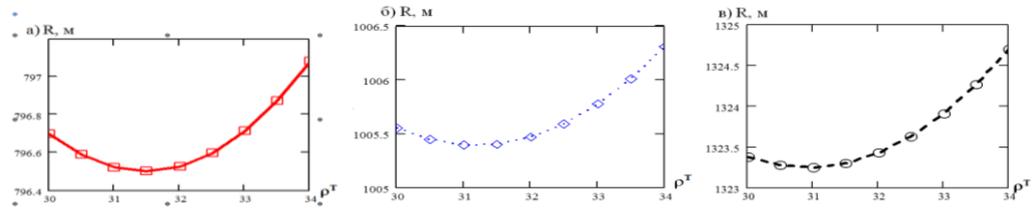


Рис.4. График изменения радиуса криволинейной части линии скольжения в зависимости от угла внутреннего трения массива горных пород при различной высоте борта карьера: а) H=460 м; б) H=575 м; в) H=750 м.

Установлено, что увеличение угла внутреннего трения от 30 до 31⁰ сопровождается снижением радиуса линии скольжения по параболе, принимающего минимальное значение при угле 31⁰. При дальнейшем увеличении угла внутреннего трения (более 31⁰) радиус линии скольжения возрастает. Увеличение высоты борта карьера 450, 575 и 750м сопровождается увеличением радиуса линии скольжения соответственно до 796, 1005 и 1323м.

Зависимость изменения радиуса линии скольжения в от угла откоса борта карьера при различной его высоте приведены на рис. 5. (а, б, в,).

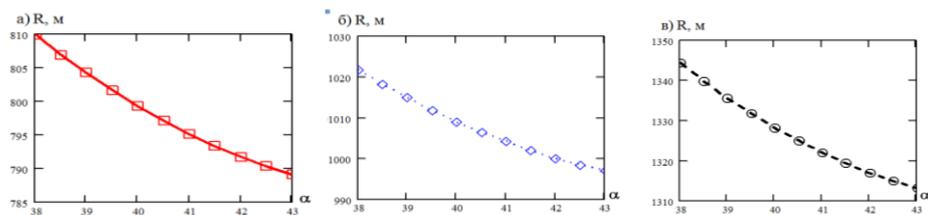


Рис.5. График изменения радиуса криволинейной части линии скольжения в зависимости от угла откоса борта карьера при различной его высоте: а) H=460 м; б) H=575 м; в) H=750 м.

В результате аналитически установлено увеличение угла откоса борта карьера от 38 до 43⁰ сопровождающегося снижением радиуса линии скольжения. Увеличение высоты борта 450, 575 и 750м сопровождается увеличением радиуса линии скольжения и составляет соответственно 810, 1022 и 1345м. На рис. 6. представлена блок схема алгоритма вычисления параметров и

построение линии скольжения прибортового массива горных пород для определения оптимальных параметров устойчивости прибортового массива карьера.

Таким образом, геомеханическими расчетами установлено, что для групп уступов карьера общей высотой 270м коэффициент запаса составляет $n=1,95-2,3$ при допустимой величине $n=1,3$. Вероятность возникновения крупномасштабных деформаций борта карьера Мурунтау, способных привести к обрушению КНК, практически отсутствует.

ВЫВОД. Таким образом, установлены динамические характеристики КНК при воздействиях, возникающих в условиях глубокого карьера Мурунтау. Полученные результаты численных решений показывают, что основные формы представляют собой изгиб стержневой конструкции в плоскости откоса. Составленные расчетной схемы колебаний опор самой конструкции КНК и Восточного борта позволяют провести комплексные расчеты по определению напряженно-деформированного состояния Восточного борта и конструкции КНК и резонансные режимы при динамических нагрузках, возникающих в условиях ведения горных работ на глубоком карьере Мурунтау.

Список литературы:

1. Лашко В.Т., Коломников С.С. Совершенствование технологических схем отсыпки скальных вскрышных пород во внешние отвалы. Журнал «Кончилик хабарномаси» 2007, № 1, 58-59 с.
2. Ильин А.И. и др. Управление долговременной устойчивостью откосов на карьерах. М: Недра, 1985, 247с.
3. Умаров Ф.Я. Технологические решения ресурсосберегающего освоения месторождений. Навоий. Издательство «Дурдона», 2016г., 279с.