

ВЕСТНИК



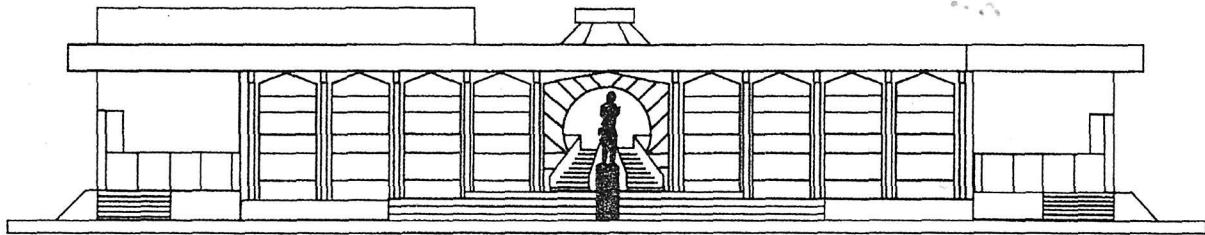
Кыргызско-Российского
Славянского университета

О, сколько нам смирилось с чужой
голосами прошениях дух,
и сими, как симых прудах
И сими, пародиях дура,
и симой, без изобретения!

Александр Маринин

2006

Заверено: Уг. секр. № 25.21.643
Часов Г.С. *М.А.* Том 6, № 7



ISSN 1694-500 X

**КЫРГЫЗ РОССИЯ СЛАВЯН
УНИВЕРСИТЕТИНИН
КАБАРЧЫСЫ**

**ВЕСТНИК
КЫРГЫЗСКО-РОССИЙСКОГО
СЛАВЯНСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА**

2006

Том 6

№7

В Е С Т Н И К
КЫРГЫЗСКО-РОССИЙСКОГО
СЛАВЯНСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА

Ежеквартальный научный журнал

**КЫРГЫЗ РОССИЯ СЛАВЯН
УНИВЕРСИТЕТИНИН
КАБАРЧЫСЫ**

Учредитель:

Кыргызско-Российский
Славянский университет

Журнал зарегистрирован
Министерством юстиции
Кыргызской Республики.
Свидетельство о регистрации
№ 437 от 16 февраля 2001 г.

Адрес редакции:

720000, Кыргызская Республика,
г. Бишкек, ул. Киевская, 44

тел.: 66 25 67
факс: (996.312) 28 28 59, 28 27 76
E-mail: krsu@krsu.edu.kg

Главный редактор

В. И. Нифадьев

Заместители главного редактора:

К. И. Исаков
Э. О. Карабаев
В. М. Лелевкин (отв. за выпуск)
М. А. Рудов

Члены редколлегии:

В. К. Гайдамако, А. Г. Зарифьян,
А. О. Орусаев, В. М. Плоских,
Ю. Д. Суродин, Л. Ч. Сыдыкова,
Л. В. Тарасова, С. Ф. Усманов,
В. А. Юриков, Л. М. Стрельникова
(ответственный секретарь).

В подготовке номера
принимал участие
К. А. Биялиев (перевод на кырг. яз.)

Журнал основан в 2001 году



© КРСУ, 2006 г.

УДК 622.831 (575.2) (04)

**О СЕЙСМОНАПРЯЖЕННОМ СОСТОЯНИИ
ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО ТУННЕЛЯ В ГОРНОЙ МЕСТНОСТИ**

Б. Жумабаев – докт. техн. наук,
А.А. Аманалиев – канд. физ.-мат. наук,
Б. Ботаканова – ст. преподаватель

In the job view the problem about seismic-stressed state of a hydraulic tunnel of activity nature forces. The hydraulic tunnel mined in an anisotropy massif of a rock ground.

Сейсмонапряженные состояния гидротехнических туннелей в условиях влияния горного рельфа, гидростатического напора, сейсмических волн растяжения-сжатия и сдвига, гравитационных и горизонтальных тектонических сил и анизотропии упругих свойств трансверсально-изотропного массива рассмотрены в [1–6].

Типы массивов пород, свойства которых моделируются с помощью модели трансверсально-изотропного упругого тела, приведены в [6]. Плоскость изотропии ориентирована произвольно и составляет с горизонтальной плоскостью угол ϕ . Ось OZ направим по простирации плоскости изотропии, оси OX' и OY' соответственно вдоль и перпендикулярно этой плоскости. Свойства такого массива характеризуются законом Гука, записанным в координатной системе OZX'Y' в виде

$$\begin{aligned}\varepsilon_x &= \frac{1}{E_1} \sigma_{x'} - \frac{\nu_2}{E_1} \sigma_{y'} - \frac{\nu_2}{E_2} \sigma_{z'}, \quad \gamma_{yz} = \frac{1}{G_2} \tau_{yz}, \\ \varepsilon_{y'} &= -\frac{\nu_1}{E_1} \sigma_{x'} - \frac{1}{E_1} \sigma_{y'} - \frac{\nu_2}{E_1} \sigma_{z'}, \quad \gamma_{xz} = \frac{1}{G_1} \tau_{xz}, \\ \varepsilon_z &= -\frac{\nu_2}{E_1} \sigma_{x'} - \frac{\nu_2}{E_1} \sigma_{y'} + \frac{1}{E_1} \sigma_{z'}, \quad \gamma_{xy} = \frac{1}{G_2} \tau_{xy},\end{aligned}$$

где E_1 и E_2 – модули Юнга в плоскости изотропии OZX' и перпендикулярно к ней, ν_1 и ν_2 – коэффициенты Пуассона в плоскости изотропии и перпендикулярно к ней, $G_1=E_1/(2+2\nu_1)$ и G_2 – модуль сдвига в плоскости изотропии и перпендикулярно к ней.

Закон Гука в координатной системе OZX'Y', полученной вращением вокруг оси OZ на угол ϕ в системе координат OZX'Y', записывается в виде

$$\begin{aligned}\dot{\varepsilon}_x &= a_{11} \sigma_x + a_{12} \sigma_y + a_{13} \sigma_z + a_{16} \tau_{xy}, \quad \dot{\gamma}_{yz} = a_{44} \tau_{zy} + a_{45} \tau_{xz}, \\ \dot{\varepsilon}_y &= a_{12} \sigma_x + a_{22} \sigma_y + a_{23} \sigma_z + a_{26} \tau_{xy}, \quad \dot{\gamma}_{xz} = a_{45} \tau_{zy} + a_{55} \tau_{xz}, \\ \dot{\varepsilon}_z &= a_{13} \sigma_x + a_{23} \sigma_y + a_{33} \sigma_z + a_{36} \tau_{xy}, \quad \dot{\gamma}_{xy} = a_{16} \sigma_x + a_{26} \sigma_y + a_{36} \sigma_z + a_{66} \tau_{xy}.\end{aligned}$$

При этом точки массива полупространства с координатами $\{x; y; z\}$ переходят к новому расположению $\{x=x'\cos\phi-y'\sin\phi; y=x'\sin\phi+y'\cos\phi; z\}$.

Упругие постоянные в (2) вычисляются по известным формулам преобразования [4, 6].

Анизотропные массивы равнин, ограниченные горизонтальной дневной поверхностью $y=0$, испытывают действие объемных сил с горизонтальной ($-\gamma K_c \sin \delta$) и вертикальной ($-\gamma + \gamma K_c \sin \delta$) компонентами, а также тектонических сил растяжения-скатия в горизонтальном направлении, параллельно оси OX с постоянной интенсивностью T_x по глубине полупространства $y < 0$.

В таком полупространстве имеется гора или впадина, ограниченная криволинейной цилиндрической поверхностью, форма которой изображает гористый рельеф. Образующая этой поверхности линия ости OZ и проходит по простирации плоскости изотропии массива, где ось OX – горизонтальная, OY – вертикальная.

При прохождении колебательных синусоидальных сейсмических волн в изотропном горном массиве, как это указано в работе Ш.Г. Напетваридзе [7], возникают напряжения, которые будем называть сейсмическими σ_{ij}^c . Такая задача решена Ж.С. Ержановым, Ш.М. Айталиевым, Ж.К. Масалиевым [4] и при этом получены соотношения для определения напряжений анизотропного полупространства. Установлено, что для получения этих соотношений в (3) угол ϕ достаточно заменить $\alpha = \beta + \phi$, где ϕ – угол падения сейсмических волн к горизонтальной оси. Компоненты сейсмических напряжений в основной системе координат $OXYZ$ выражаются соотношениями

$$\begin{aligned}\sigma_x^c &= \pm \frac{1}{2\pi} T_0 \gamma K_c \xi V_p (\cos^2 \beta + \lambda_y^c \sin \beta + \lambda_{xy}^c \sin 2\beta) \pm \frac{1}{2\pi} T_0 \gamma K_c S_y \sin 2\beta, \\ \sigma_y^c &= \pm \frac{1}{2\pi} T_0 \gamma K_c \xi V_p (\sin^2 \beta + \lambda_y^c \cos^2 \beta - \lambda_{xy}^c \sin 2\beta) \mp \frac{1}{2\pi} T_0 \gamma K_c S_y \sin 2\beta, \\ \tau_{xy}^c &= \pm \frac{1}{2\pi} T_0 \gamma K_c \xi V_p \left[\frac{1}{2} (\lambda_y^c - 1) \sin 2\beta + \lambda_{xy}^c \cos 2\beta \right] \pm \frac{1}{2\pi} T_0 \gamma K_c S_y, \end{aligned}\quad (4)$$

V_p – продольная волна, S_y – поперечная волна, T_0 – преобладающий период колебания частиц горы, λ_y^c , ξ , λ_{xy}^c – коэффициенты сейсмического бокового распора [4].

В зоне влияния горы проведен гидротехнический туннель. Направления образующих поверхности горы (каньона) и туннеля параллельны, а кратчайшее расстояние между поверхностями R в три раза превышает линейный размер поперечного сечения туннеля R . Контур поперечного сечения туннеля в окрестности ее центра $x_1 = x_0 - x$, $y_1 = y_0 - y$ описывается параметрическим уравнением [5]

$$x_1 = R \left[\cos \theta + \varepsilon \sum_{k=2}^5 a_k \cos k\theta \right], \quad y_1 = R \left[-C \sin \theta + \varepsilon \sum_{k=2}^5 a_k \sin k\theta \right], \quad (5)$$

$R > 0$, ε – малый параметр, a_k – некоторые вещественные постоянные. С помощью вариаций значений C , ε и a_k ($k=2, 3, \dots, 5$) можно рассматривать все формы поперечных сечений, которые были моделированы ранее в научной литературе [4]. На контур туннеля может бытьложен гидростатический напор q_0 , требуется определить сейсмонапряженное состояние массивов пород вокруг туннеля.

Решение поставленной задачи представим в виде суммы полей напряжений:

$$\begin{aligned}\sigma_x^o &= \sigma_x'' + \sigma_x'^p + \sigma_x^c + \sigma_x''' + \sigma_x'', \\ \sigma_y^o &= \sigma_y'' + \sigma_y'^p + \sigma_y^c + \sigma_y''' + \sigma_y'', \\ \tau_{xy}^o &= \tau_{xy}'' + \tau_{xy}'^p + \tau_{xy}^c + \tau_{xy}''' + \tau_{xy}'', \\ \sigma_z^o &= -a_{33} (a_{13} \sigma_x^o + a_{23} \sigma_y^o + a_{36} \tau_{xy}^o). \end{aligned}\quad (6)$$

Здесь напряжения с индексом “ o ” сверху обозначают поле напряжений анизотропного полупространства ($y \leq 0$), которое возникает при совместном действии гравитационных (γ), сейсмических ($K_c \gamma$) и тектонических (T_x) сил; напряжения с индексами “ p ” характеризуют поле напряжений, которое возникает в результате влияния горного рельефа массивов пород на напряженно-деформированное состояние массивов пород полупространства; напряжения с индексом “ c ” характеризуют напряжения, возникающие при прохождении сейсмических волн растяжения-скатия и сдвига;

напряжения с индексом “*m*” характеризуют образование туннеля в зоне влияния горы; напряжения с индексом “*n*” возникают вокруг туннеля от давления напора.

Компоненты начального напряженного состояния массива пород в окрестности центра попечечного сечения туннеля, возникающее до его образования, обозначим через S_x , S_y и S_{xy} , которые вычисляются следующим образом:

$$\begin{aligned} S_x &= \lambda_x y + T_x + \sigma_x^p(x_0, y_0) + \sigma_x^c(x_0, y_0), \\ S_y &= \lambda_y y + \sigma_y^p(x_0, y_0) + \sigma_y^c(x_0, y_0), \\ S_{xy} &= \lambda_{xy} y + \tau_{xy}^p(x_0, y_0) + \tau_{xy}^c(x_0, y_0). \end{aligned} \quad (7)$$

Входящие в эти соотношения величины уже определены [1, 2, 5], остается лишь определить величины σ_x^m , σ_y^m и τ_{xy}^m так, чтобы они удовлетворяли условию отсутствия внешних нагрузок на контуре туннеля. Тогда для определения поля напряжений σ_x^m , σ_y^m и τ_{xy}^m об образовании туннеля на контурных точках воображаемого отверстия должна быть приложена внешняя фиктивная нагрузка. Эта нагрузка выражается интенсивностью горизонтальных X_n^m и вертикальных Y_n^m , ее составляющих:

$$X_n^m = S_x^m \cos(n, x_1) + S_{xy}^m \sin(n, y_1), \quad Y_n^m = S_{xy}^m \cos(n, x_1) + S_y^m \sin(n, y_1). \quad (8)$$

В случае действия только сейсмических сил она выражается следующим образом:

$$X_n^c = S_x^c \cos(n, x_1) + S_{xy}^c \sin(n, y_1), \quad Y_n^c = S_{xy}^c \cos(n, x_1) + S_y^c \sin(n, y_1). \quad (9)$$

Кроме того, на контур туннеля может быть приложено давление напора

$$X_n'' = -q_0 \cos(n, x_1), \quad Y_n'' = -q_0 \cos(n, y_1). \quad (10)$$

Таким образом, поставленная задача с помощью разработанного С.Г. Лехницким [6] метода сводится к отысканию функций $\varphi(z_1)$ и $\varphi(z_2)$ из граничных условий

$$2 \operatorname{Re}[\varphi_1(z_1) + \varphi_2(z_2)] = - \int_0^s Y_n ds + C_1, \quad 2 \operatorname{Re}[\mu_1 \varphi_1(z_1) + \mu_2 \varphi_2(z_2)] = - \int_0^s X_n ds + C_2, \quad (11)$$

где $z_k = z_k^* + \lambda_k z_k^*$, $\lambda_k = (1+i\mu_k)/(1-i\mu_k)$, ($k=1,2$). При определении поля напряжений в образовании туннеля в (7) вместо X_n , Y_n следует положить X_n^m , Y_n^m из (8), а при давлении напора X_n'' , Y_n'' из (10).

Задачи расчета сейсмонапряженного состояния туннеля как в теоретическом, так и в практическом смысле, направлены на выяснение только одного вопроса: является ли сейсмостойким гидротехнический туннель. Выше решена задача о распределении напряжений вокруг туннеля при заданных направлениях и характеристиках сейсмических волн растяжения-скатия и сдвига. Однако неизвестны месторасположение очага землетрясения, характеристика его мощности, спектр скорости ускорение сейсмических волн и т.д. Следовательно, практическое решение такого вопроса, необеспечение сейсмостойкости проектируемых или эксплуатируемых подземных сооружений, весьма затруднительно. Решение этого вопроса основано на некоторых критериях и методах прогноза на расчете сейсмонапряженного состояния массивов пород вокруг туннеля при весьма разнообразных условиях и вариантах предположений о характеристиках сейсмических волн ожидаемых землетрясений. По этой причине расчет сейсмонапряженного состояния массивов пород вокруг туннеля должен быть проведен в определенном порядке по нижеследующему алгоритму.

1. Вычисляют коэффициенты закона Гука (2) в двух вариантах, положив в (3) значения углов α и $\alpha = \beta + \varphi$.
2. Определяют коэффициенты сейсмического бокового распора λ_{ij}^c .
3. Определяют начальное напряженное состояние массивов пород в окрестности центра туннеля, которое возникает без учета сейсмических напряжений.
4. Вычисляют напряжения вокруг туннели без учета сейсмических.

О сейсмонапряженном состоянии гидротехнического туннеля

Спределяют начальное напряженное состояние массивов пород только от действия сейсмического растяжения-сжатия.

Вычисляют напряжения, возникающие вокруг туннеля от действия сейсмической волны рас- сжатия с учетом знаков "плюс" и "минус".

Спределяют начальное напряжение состояния только от действия сейсмических волн сдвига (сдвиговых волн).

Вычисляют напряжения, возникающие вокруг туннеля только от действия сейсмических волн с учетом знаков "плюс" и "минус".

Вычисляют напряжения вокруг туннеля от давления напора q_0 .

Суперпозицией полей напряжений, найденных с учетом только знаков "плюс" и "минус" симметричных нормальных напряжений, находят два возможных сейсмонапряженных состояния туннелей, находящихся в зоне влияния горного рельефа.

Процедура расчета на сейсмостойкость туннелей может быть проведена по той же методике, изложено в [4] – путем вариации величины угла падения сейсмических волн к горизонту.

Как видно из отмеченного выше, процедура расчета сейсмонапряженного состояния туннеля в зоне влияния горного рельефа и анизотропии свойств пород требует выполнения многовариантных расчетов с использованием ЭВМ.

С этой целью получено аналитическое решение задачи о сейсмонапряженном состоянии массивов пород вокруг напорных гидростатических туннелей, которые находятся в анизотропном массиве горной местности.

Данная методика расчета сейсмонапряженного состояния напорных гидротехнических туннелей, позволяющая установить закономерности распределения напряжений вокруг них в условиях совместного влияния следующих геомеханических факторов: формы рельефа гор, различных вариантов расположения в массиве гравитационных, сейсмических и горизонтальными тектоническими сил; анизотропии упругих свойств массива; месторасположения и формы туннеля; совместного действия гравитационных сил, тектонического сжатия и сейсмических волн расстяжения-сжатия и сдвига.

Литература

Айталиев А.А., Жумабаев Б. Анализическая модель напряженного состояния массивов (НСМ) пород с анизотропными свойствами и гористым рельефом // Наука и новые технологии. – 1996. – №2. – С. 45–49.

Айталиев А.А. Напряженно-деформированное состояние массивов пород вокруг подземных выработок, пройденных в слоистом массиве горной местности: Автореф. дисс. ... канд. физ.-мат. наук. – Бишкек, 1997. – 18 с.

Балбаканова Б.А., Жумабаев Б. Напряженное состояние пород вокруг гидротехнического туннеля, расположенных в наклонно-слоистом массиве // Развитие инженерных методов в геомеханике: Оценка, прогноз, контроль (Авершиеские чтения). – Бишкек, 2005. – С. 216–224.

Балбаканов Ж.С., Айталиев Ш.М., Масанов Ж.К. Сейсмонаженное состояние подземных сооружений в анизотропном слоистом массиве. – Алма-Ата: Наука, 1980. – 212 с.

Жумабаев Б. Распределение напряжений в массивах пород с гористым рельефом. – Фрунзе: Илим, 1988. – 190 с.

Лехницкий С.Г. Анизотропные пластинки. – М.: Гостехиздат, 1957. – 416 с.

Напетверидзе Ш.Г. Сейсмостойкость гидротехнических сооружений. – М.: Госстройиздат, 1959. – 216 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ГЕОМЕХАНИКА

<i>И.Т. Айтматов.</i> Пространственные вариации полей остаточных напряжений в массивах горных пород	3
<i>И.Т. Айтматов, К.Т. Тажибаев, Г.О. Казакбаева.</i> Исследование остаточных напряжений в горных породах на основе поляризационно-оптического метода моделирования	13
<i>К.Ч. Кожогулов, М.Дж. Джаманбаев, Ю.П. Барбат, Г.Н. Фалалеев,</i> <i>С.Б. Омурзалиев.</i> Сравнительная оценка лабораторных и полевых экспериментов по инфильтрации атмосферных осадков.....	19
<i>Б.Ц. Манжиков.</i> Статистическая оценка устойчивости горных склонов.....	23
<i>К.Т. Тажибаев, М.С. Акматалиева, Д.К. Тажибаев.</i> Ультразвуковой способ определения остаточных напряжений	30
<i>Г.С. Исаева, З.С. Шамбетов.</i> Программа расчета динамики грунта методом конечных элементов	36
<i>Р.Н. Ялымов.</i> Геомеханическая модель напряженного состояния массива пород в горно-складчатых областях Тянь-Шаня	41
<i>Б.Э. Эмильбеков, Б.Ц. Манжиков, К. Тилегенов, А.С. Сыдыкова.</i> О сезонных деформациях горных склонов в районе Токтогульской ГЭС	45
<i>Д.К. Шатемиров, К.Т. Тилегенов.</i> Особенности акустической эмиссии при релаксации горных пород	51
<i>Б. Жумабаев, А.А. Аманалиев, Б. Ботаканова.</i> О сейсмонапряженном состоянии гидротехнического туннеля в горной местности	56
<i>Ф.Ю. Гатаулин.</i> Выбор и обоснование превентивных мероприятий по снижению риска внезапных обрушений склонов при проектировании и строительстве железных дорог в горно-складчатых областях Кыргызстана.....	60

ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

<i>Р.Ю. Ернеев.</i> Выявление причин самовозгорания угля при отработке крутых мощных пластов.....	65
<i>Б. Толобекова</i> Увеличение количества эффективно отрабатываемых запасов при динамической оценке горных проектов	68

ГЕОЭКОЛОГИЯ

<i>Ю.Г. Алешин, И.А. Торгоев, Р. Мамырова.</i> Геоэкологические риски при комплексном горнопромышленном освоении территории (на примере Майлуу-Суу).....	74
--	----