

Исмаилова Кульнара Джанчаровна, Нарматова Гулшара Курманбековна,
Ибраев Аскат Азатбекович

Кыргызский национальный аграрный университет им. К.И. Скрябина

ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЕ НАГОРНЫХ ПЛОТИН

Аннотация: В данной работе дано решение задачи об оценке напряженного состояния нагорных плотин, когда впадина между гор заполнена водой, испытывающий действие внешней нагрузки.

Аннотация: Плотинанын чыңаланган абалын суу сактагычтын таасир этүүсүнө баа берилген.

Annotation: Assessment of reservoir influence on the stressed-and-strained state of dams is given in the article.

Ключевые слова: плотина, водохранилище, напряженное состояние, сейсмичность, сейсмическая сила.

Ачык сөздөр: Плотина, суу сактагыч, чыңаланган абалы.

Keywords: dams, reservoir, stressed –and-state.

Введение. Напряженное состояние плотин формируется различными силовыми и природными факторами: сейсмичность, температура, давление воды водохранилищ и т. д. Наиболее актуальной задачей является разработка теоретических и методических основ метода расчета напряженного состояния нагорных плотин.

Теоретические основы математического моделирования напряженно-деформированного состояния нагорных плотин состоит из моделирования геометрических форм и размеров нагорных плотин с помощью полуплоскости с двумя выступами и из построения соотношений для двух комплексных потенциалов, являющихся решением перовой основной задачи двумерной теории упругости.

Материал и методы исследования. Отображение полуплоскости с двумя выступами на полуплоскость осуществляется с помощью оператора типа:

$$z = \omega(\zeta) = \alpha \zeta + \sum_{k=0}^3 a_k / (\zeta - i)^k + b_1 / (\zeta + t_0 - i) \quad (1)$$

где $z = x + iy$, $i = \sqrt{-1}$; b_1, α, t_0 – действительные, $a_k (k=1,2,3)$ – комплексные постоянные. Оператора $\omega(\zeta)$ принято называть отображающей функцией. Такая функция допускает преобразовать полуплоскости двумя выступами конформно на полуплоскость переменного ζ .

Способ построения отображающей функции состоит из двух этапов: 1) выбора общего вида отображающей функции; 2) разработки методики подбора значений параметров $a_k (k=1,2,3)$ в этой функции. На втором этапе путем использования возможностей пакета программ Mathcad из параметрических уравнений при $\zeta=t$

$$\begin{aligned} x(t) &= f_1(t) / (t^2 + 1)^3 + b_1(t + t_0) / [(t + t_0)^2 + 1], \\ y(t) &= f_2(t) / (t^2 + 1)^3 + b_1 / [(t + t_0)^2 + 1] \end{aligned} \quad (2)$$

находят таких значений $a_k (k=1,2,3)$, при которых параметрические уравнения $x(t), y(t)$ в (2) описывает контурные линии нагорных плотин. Для этого используется среда Mathcad для построения контурных линий первого выступа при $t_0 = 0$ при различных значениях $v_1 = \alpha_1 + i\beta_1$. Затем построены формы плотины при $b_1 = 0$ путём вариации значений $a_k = \alpha_k + i\beta_k (k=1,2,3)$. На заключительном этапе выбирается значение параметра t_0 , с помощью которого осуществляется параллельный перенос для задания требуемого расстояния между выступами. При этом результаты варьирования значений параметров $a_k (k=1,2,3)$ функции $\omega(\zeta)$ визуальнo отражается на экране дисплея. Поэтому алгоритм отображения обладает гибкостью и оперативностью с визуализацией результатов моделирования форм плотин.

Методом Колосова-Мусхелишвили [1] путём использования отображающей функций $\omega(\zeta)$ отыскивается соотношения для двух комплексных потенциалов $\Phi(\zeta)$ и $\Psi(\zeta)$ из граничного условия:

$$\Phi(t) + \overline{\Phi(t)} + \frac{1}{\omega'(t)} \{ \overline{\omega(t)} \Phi'(t) + \omega'(t) \Psi(t) \} = N(t) + iT(t) \quad (3)$$

Здесь t - точки контура полуплоскости вспомогательного переменного $\zeta = \xi + i\eta$; $N(t)$, $T(t)$ – нормальные и касательные компоненты внешних нагрузок, приложенные к контуру полуплоскости двумя выступами.

Комплексные потенциалы $\Phi(\zeta)$ и $\Psi(\zeta)$ найдены в замкнутой форме

$$\overline{\omega'(\zeta)} \Phi(\zeta) + \overline{\omega(\zeta)} \Phi'(\zeta) + \kappa_1 / (\zeta + i)^2 + 2\kappa_2 / (\zeta + i)^3 + 3\kappa_3 / (\zeta + i)^4 + \kappa_4 / (\zeta + t_0 + i)^2 + \omega'(\zeta) \Psi(\zeta) = A(\zeta); \quad (4)$$

$$\omega'(\zeta) \Phi(\zeta) - \overline{\kappa_1} / (\zeta - i)^2 - 2\overline{\kappa_2} / (\zeta - i)^3 - 3\overline{\kappa_3} / (\zeta - i)^4 - \overline{\kappa_4} / (\zeta + t_0 - i)^2 = B(\zeta).$$

Здесь $A(\zeta)$ и $B(\zeta)$ зависят только от внешних нагрузок N и T и вычисляются как интегралы типа Коши:

$$A(\zeta) = \frac{1}{2\pi i} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{(N+iT)\overline{\omega'(t)} dt}{t-\zeta}, \quad B(\zeta) = \frac{1}{2\pi i} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{(N-iT)\omega'(t) dt}{t-\zeta}. \quad (5)$$

где ζ - принадлежит нижней полуплоскости $\eta \leq 0$ в плоскости переменного $\zeta = \xi + i\eta$. В результате развит метод математического моделирования состояния нагорных плотин путем конформного отображения и нахождения общего решения первой основной задачи теории упругости для полуплоскости с двумя выступами.

Методика моделирования напряженного состояния нагорных плотин состоит в следующем. На первом этапе воспроизводится напряженное состояние земной коры с ровным рельефом, формирующееся в результате совместного влияния гравитационных, сейсмических сил

$\gamma_c = \kappa_c \gamma$. Сила гравитации γ направлено вертикально вниз, т.е. в глубь массива земной коры, сейсмическая сила направлена из глубины массива к поверхности земли и составляет острый угол (δ) с вертикальной осью. Это поле напряжений является интегралом от неоднородного дифференциального уравнения равновесия [2]:

$$\frac{\partial \sigma_x''}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}''}{\partial y} + \rho_x = 0, \quad \frac{\partial \tau_{xy}''}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_y''}{\partial y} + \rho_y = 0 \quad (6)$$

применительно для полуплоскости. Интегралы от (6) имеют вид:

$$\sigma_x'' = A_1 y; \quad \sigma_y'' = A_2 y; \quad \tau_{xy}'' = A_3 y$$

где $A_1 = \lambda \gamma (1 - k_c \cos \delta)$; $A_2 = \gamma (1 - k_c \cos \delta)$; $A_3 = k_c \cdot \gamma \sin \delta$.

На втором этапе – отыскивается возмущения поля напряжений, обусловленных двумя выступами на поверхности равнин. Это поле принято называть начальным напряженным состоянием массивов нагорных плотин. Это поле в условиях действия указанных сил представляется в виде суммы первых двух полей напряжений и удовлетворяют граничные условия:

$$X_n^* = (\sigma_x + \sigma_x^I) \cos(n, x) + (\tau_{xy} + \tau_{xy}^I) \cos(n, y) = 0 \quad (7)$$

$$Y_n^* = (\tau_{xy} + \tau_{xy}^I) \cos(n, x) + (\sigma_y + \sigma_y^I) \cos(n, y) = 0$$

где n - направление внешней нормали в какой-либо точке контура.

Решение этой граничной задачи о начальном напряженном состоянии нагорных плотин дано для (4) вычислением интегралов типа Коши в (5) от граничных условий в (7). Они имеют вид:

$$A(\zeta) = -\frac{1}{2\pi i} \int F_1(t) \frac{dt}{t-\zeta} = [T_5 + T_7 \omega'_0(\zeta)] \cdot \omega_0(\zeta) +$$

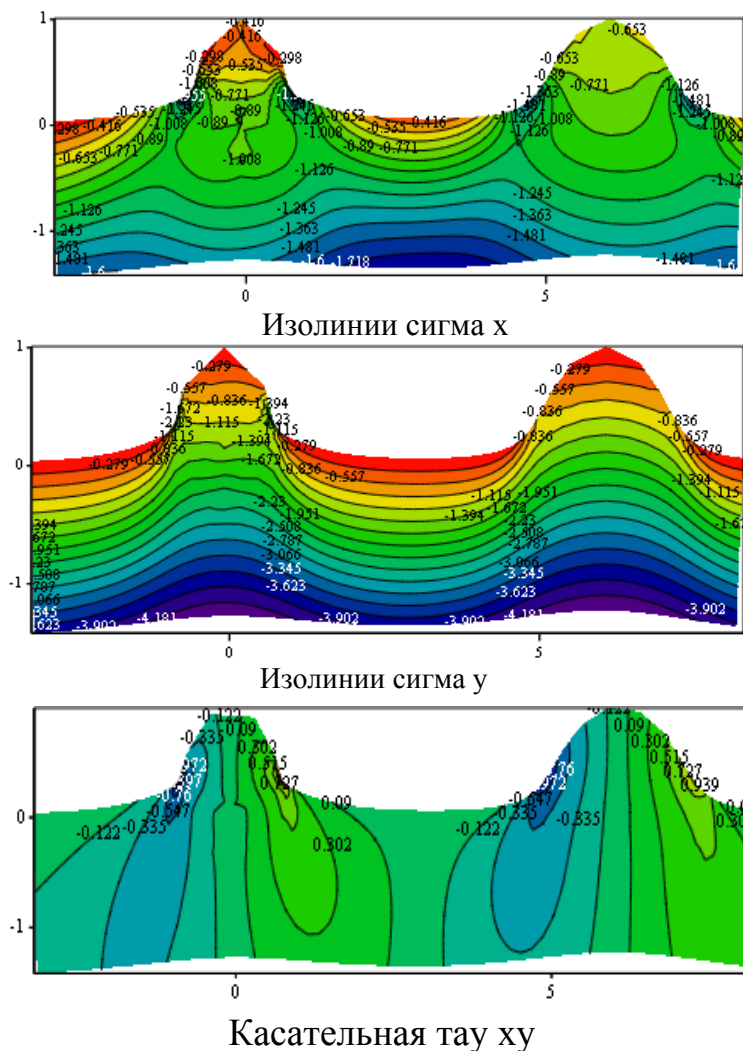
$$+ T_6 \left(\sum_{\kappa=1}^3 \frac{C_\kappa}{(t-i)^\kappa} + \frac{C_4}{t+t_0-i} \right) - T_7 \left(\sum_{\kappa=1}^4 \frac{S_\kappa}{(t-i)^\kappa} + \frac{S_5}{t+t_0-i} + \frac{S_6}{(t+t_0-i)^2} \right) \quad (8)$$

$$B(\zeta) = -\frac{1}{2\pi i} \int F_2(t) \frac{dt}{t-\zeta} = T_3 \omega_0(\zeta) \omega'_0(\zeta) + T_2 \omega_0(\zeta) +$$

$$+ T_4 \left(\sum_{\kappa=1}^3 \frac{C_\kappa}{(t-i)^\kappa} + \frac{C_4}{t+t_0-i} \right) - T_3 \left(\sum_{\kappa=1}^4 \frac{S_\kappa}{(t-i)^\kappa} + \frac{S_5}{t-t_0-i} + \frac{S_6}{(t+t_0-i)^2} \right)$$

Результаты исследования.

Распределение напряжений представлено изолиниями компонентов напряжений. При этом параметры оператора (1) приняты следующим образом: $\alpha=0.5$; $a_1=0.9$; $a_2=0.5i$; $a_3=-0.6$; $v_1=1$; $\tau_0=-12$; $\tau_1=11.586$; $\tau_2=0.233$; $h=0.8$; $E=1.5 \cdot 10^5$ МПа; $\mu=0.4$. Графические результаты оформлены в программной среде Mathcad 14.



Выводы. Применение аппарата комплексных переменных и мощной математической программы Mathcad [4] позволило внедрить результаты настоящей работы в учебном процессе КРСУ и КНАУ для студентов по направлению « Гидротехническое строительство».

Литература

1. Жумабаев Б., Исмаилова К.Д. Оценка состояния плотины водоема. Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета. 2005, том 5, №3, 88-91с.
2. Исмаилова К.Д., Жумабаев Б. Распределение напряжений в теле нагорных плотин в условиях действия сил гравитации. Вестник КАУ, 2009г. №1(12) -Бишкек, -С.473-478.
3. Кирьянов Д.В. Mathcad 14- Санк-Петербург.:БВХ-Петербург.-2007.704с.

ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЕ НАГОРНЫХ ПЛОТИН.

В данной работе дано решение задачи об оценке напряженного состояния нагорных плотин, когда впадина между гор заполнена водой, испытывающий действие внешней нагрузки.

ПЛОТИНАНЫН ЧЫНАЛАНГАН АБАЛЫ

Плотинанын чыңалып деформацияланган абалын суу сактагычтын таасир этүүсүнө баа берилген.

STRESSED-AND-STRAINED STATE OF DAMS

Assessment of reservoir influence on the stressed-and-strained state of dams is given in the article.

Сведения об авторах:

Исмаилова Кульнара Джанчаровна – к.т.н., доцент кафедры горного гидротехнического строительства.

Факультет гидромелиорации, экологии и землеустройства

Кыргызский национальный аграрный университет им. К.И. Скрябина

Электронная почта: gulnara_kuma@mail.ru

Нарматова Гулшара Курманбековна – старший преподаватель кафедры горного гидротехнического строительства

Факультет гидромелиорации, экологии и землеустройства

Кыргызский национальный аграрный университет им. К.И. Скрябина

Электронная почта: @ mail.ru

Ибраев Аскат Азатбекович - магистрант

Факультет гидромелиорации, экологии и землеустройства

Кыргызский национальный аграрный университет им. К.И. Скрябина

Электронная почта: @ mail.ru black_chif@mail.ru

Рецензент: д.с-х.н., профессор кафедры МиУВР Саипов Б.Э.