



РАСЧЁТЫ СЕЙСМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК РЕЗАКСАЙСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

<https://doi.org/10.5281/zenodo.15493369>

Худайкулов Совет Ишонкулович, д.т.н., профессор,
Юсупов Сарварбек Содикович, к.т.н., доцент,
Матякубов Икром Ходжабоевич, старший преподаватель
Ташкентский международный университет Кимё

Аннотация: В статье рассматривается расчетная нагрузка сейсмических колебаний на разные сечения водопроводящих труб, полученной эмпирическим путём и подтверждённым теоретическими формулами. При построениях эпюры расчетной равнодействующей силы суммируется все нагрузки. Не учитывается несовместимость во времени локальные расчетные нагрузки. Нахождения равнодействующей нагрузок и их распределения по всему объёму сооружения с учетом одновременности действия во всех сечениях ведется по формуле А. Л. Можевитиновым и В. Н. Бухарцевым.

Резаксойское водохранилище - гидротехническое сооружение, построенное для хранения воды, стекающей с горных хребтов Курама. Он служит для обеспечения водой сельскохозяйственных культур. Строительство водохранилища началось в 2003 году. Согласно проекту, плотина была достроена. 4470 м, мяч. 89 м, полная вместимость 300 млн.м³ Резаксойское водохранилище включает в себя каменно-земляную плотину, 2 сооружения,

обеспечивающих подачу воды в реку Сырдарью и Северный Ферганский канал с расходом $40 \text{ м}^3/\text{с}$, и водосбросные сооружения.

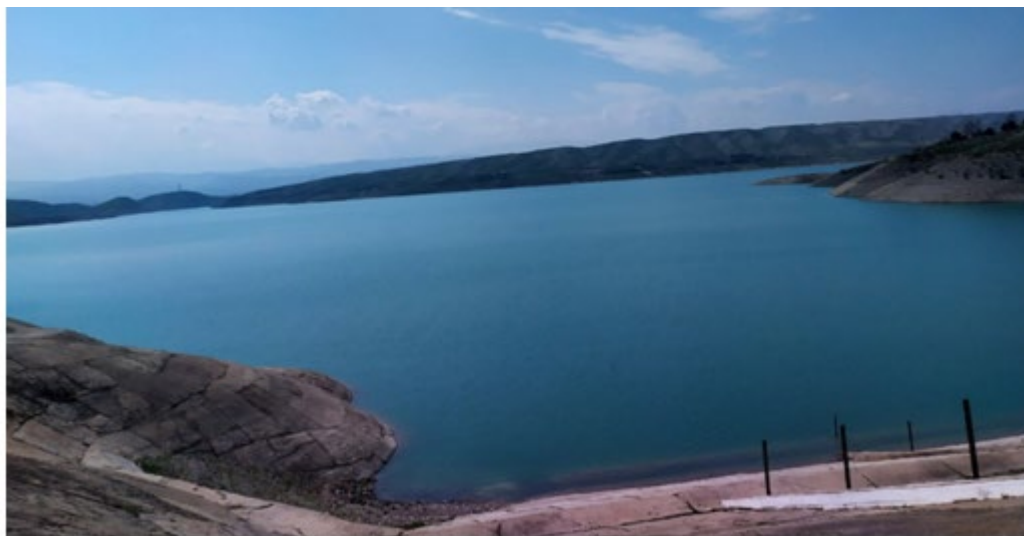


Рис.1. Резаксайского водохранилища

Вода из водохранилища Каркидон поступает в Южно-Ферганский канал через дренажное сооружение (длина 340 м) и специальный канал длиной 2,7 км, глубиной 2,7 м и пропускной способностью $50 \text{ м}^3 / \text{с}$. Кормление Каркидон в водой осуществляется по каналу длиной 27 км. Строительство водохранилища улучшит водоснабжение, пашни в Кувинском, Куштепинском, Алтыарыкском, Ферганском районах Ферганской области.

Оценка сейсмичности площадок строительства Резаксайского водохранилища.

1. При проектировании водоподпорных сооружений III и IV классов, разрушение которых не приводит к катастрофическим последствиям, и безнапорных сооружений всех классов сейсмичность площадок строительства принимают по картам сейсмического районирования территории или по списку основных населенных пунктов, расположенных в сейсмических районах (Таблица 1.). При этом следует учитывать, что сейсмичность района, приведенная, а картах сейсмического районирования, относится к участкам со средними грунтовыми условиями, характеризуемыми песчано-глинистыми

грунтами при низком уровне грунтовых вод ($h_{з.с.} > 6м$). В дальнейшем сейсмичность уточняют с утверждающей проект организацией, руководствуясь данными, приведенными в табл.1.

Таблица 1. Уточнение сейсмичности площадки строительства Резаксайского водохранилища на основании инженерно-геологических данных.

Категория грунта по сейсмическим свойствам.	Грунты основания	Уточненная сейсмичность, баллы, при сейсмичности района, баллы		
		6	7	8
I	Скальные, полускальные и крупно-обломочные особо плотные.			
II	Глины и суглинки твердые, крупнообломочные, гравийно-галечные, гравийно-галечные и крупные пески.	7	8	9
III	Глины и суглинки мягко и текуче пластичные, пески средней крупности и мелкие	8	9	>9

Примечания: 1. В районах сейсмичностью 6 баллов уточненную сейсмичность площадок строительства водоподпорных гидротехнических сооружений на грунтах III категории следует принимать равной 7 баллам.

2. Строительство гидротехнических сооружений на грунтах III категории в районах сейсмичностью 9 баллов разрешается только при специальном обосновании. [1,2,4-6]

3. На стадии технико-экономического обоснования строительства водоподпорных сооружений всех классов сейсмичность площадок строительства назначают согласно п. 1; при этом сейсмичность строительных площадок сооружений I класса повышают на 1 балл.

4. При разработке технических и техно рабочих проектов водоподпорных сооружений I и II классов, возводимых в районах сейсмичностью 6 баллов и выше, сейсмичность площадок строительства следует уточнять на основании специальных исследований, включающих:

а) изучение сейсмического режима площадки строительства и получение данных для расчета и проектирования сейсмостойких сооружений, их оснований и береговых склонов;

б) выявление возможных зон возникновения остаточных деформаций оснований и оценку их значений в каждой зоне;

в) выявление других видов сейсмической опасности, например возможности обрушения в водохранилище больших масс горных пород, падения непосредственно на сооружение неустойчивых скальных массивов и др.;

г) определение динамических деформационных и прочностных характеристик материалов сооружений и грунтов оснований с учетом изменения их свойств при обводнении;

д) оценку возможных изменений сейсмичности площадки строительства после наполнения водохранилища.

5. На период строительства гидротехнических сооружений, за исключением сооружений I и II классов и сооружений, участвующих в процессе строительства в создании напорного фронта, расчетную сейсмичность площадок строительства снижают на 1 балл. [3,4,5]

Постановка вопроса. Определение сейсмических нагрузок Резаксайского водохранилища. В расчетах прочности и устойчивости гидротехнических сооружений на сейсмические воздействия необходимо учитывать сейсмические воздействия от масс сооружений (сейсмические инерционные нагрузки), от присоединенных масс воды (или гидродинамического давления), от волн в водохранилище, вызванных землетрясением, от динамического давления наносов. При технико-экономическом обосновании строительства гидротехнических сооружений I и II классов и на всех стадиях проектирования сооружений III и IV классов для определения сейсмических нагрузок могут быть использованы приближенные зависимости, учитывающие только первый (основной) тон колебаний и отвечающую этому тону приближенную форму деформации сооружения.

При расчетах прочности гидротехнических сооружений учитывают только горизонтальные составляющие сейсмического воздействия. Исключение составляют сооружения, напряженное состояние которых зависит от вертикальных смещений (например, арочные плотины двоякой кривизны).

При расчетах устойчивости гидротехнических сооружений учитывают горизонтальную и вертикальную составляющие, действующие одновременно.

Горизонтальную составляющую сейсмической нагрузки S_{ik} , в точке k сооружения, соответствующую i -му тону его собственных колебаний, определяют по формуле:

$$S_{ik} = Q_k m k_c \beta_i^0 \eta_{ik} = 90 \cdot \text{м}^3 \cdot 2300 \frac{\text{кГ}}{\text{м}^3} \cdot 1,0 \cdot 0,025 \cdot 1,5 = 7762,5 \text{ кГ} = 77762,5 \text{ кГ} \quad (1)$$

Где: Q_k - вес элемента сооружения, отнесенный к точке k ; m - коэффициент, учитывающий особые условия работы гидротехнических сооружений, принимаемый равным 1,5.

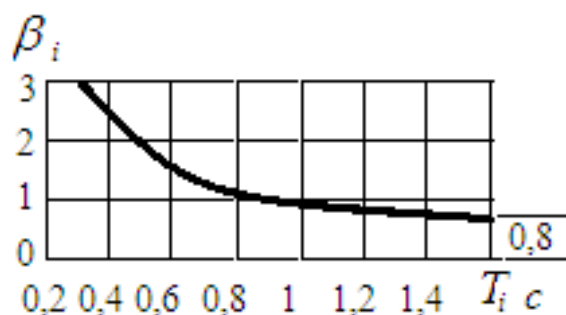


Рис.2. График для определения коэффициента динамичности β_i

Для бетонных плотин I класса; 1,3 для плотин I класса из грунтовых материалов, 1,0. Для остальных сооружений I класса и всех сооружений II—IV классов; k_c — коэффициент сейсмичности (табл.2). При одновременном учете горизонтальной и вертикальной составляющих сейсмических сил значение k_c в формуле (2) умножают на $\cos \alpha$ (здесь α — угол между направлением сейсмического воздействия и горизонталью); β_i^0 — коэффициент динамичности;

$$\beta_i^0 = m^0 \beta_i = 0,2$$

(2)

здесь m^0 — коэффициент, зависящий от вида материала и конструкции сооружения (табл. 3); β_i — коэффициент динамичности, соответствующий i -той форме собственных колебаний сооружения, определяемый по графику на рис. 1. в зависимости от периода собственных колебаний сооружения T_i об определении значений T_i - для плотин из грунтовых материалов см. п. 9.5 [2]; значение β_i^0 принимают не менее 0,8; η_{ik} — коэффициент, зависящий от i -той формы собственных колебаний сооружения и от места расположения точки k .

Таблица 2. Значения коэффициента сейсмичности k_c

Расчетная сейсмичность,	k_c
----------------------------	-------

баллы	
7	0,025
8	0,050
9	0,100

Таблица 3. Значения коэффициента m^0

Сооружения	m^0
Железобетонные и бетонные, работающие при колебаниях без раскрытия швов	1
Бетонные, свободно деформирующиеся при колебаниях с частичным раскрытием швов	0,8
Земляные и каменно-набросные.	0,7

Для гидротехнических сооружений, при расчетах которых можно ограничиться учетом только горизонтальной составляющей смещения, коэффициент η_{ik} определяют по формуле

$$\eta_{ik} = \frac{X_i(x_k) \sum_{j=1}^n Q_j X_i(x_j)}{\sum_{j=1}^n Q_j X_i^2(x_j)} = \frac{0,2 \left(31,5 \text{ м}^3 \cdot 2000 \frac{\text{кГ}}{\text{м}^3} + 41,3 \text{ м}^3 \cdot 1600 \frac{\text{кГ}}{\text{м}^3} + 90 \text{ м}^3 \cdot 2300 \frac{\text{кГ}}{\text{м}^3} \right)}{\left(31,5 \text{ м}^3 \cdot 2000 \frac{\text{кГ}}{\text{м}^3} \cdot 0,04 + 41,3 \text{ м}^3 \cdot 1600 \frac{\text{кГ}}{\text{м}^3} \cdot 0,09 + 90 \text{ м}^3 \cdot 2300 \frac{\text{кГ}}{\text{м}^3} \cdot 0,04 \right)} = \frac{67216 \text{ кГ}}{16747,2 \text{ кГ}} = 4 \quad (3)$$

Где: $X_i(x_k), X_i(x_j)$ — смещения сооружения по i -му тону собственных колебаний в точках с координатами x_k и x_j где в расчетной схеме сооружения приняты сосредоточенные массы.

При определении по формуле (2) сейсмической нагрузки на подземные сооружения и скальные массивы, образующие основания гидротехнических

сооружений и береговые склоны, следует принимать, $\beta_i^0 \eta_{ik} = 1$ а на подпорные стенки. [3,7,9]

$$\beta_i^0 \eta_{ik} = 1,5$$

(4)

Вертикальную составляющую сейсмической нагрузки S_k^B в точке k сооружения определяют по формуле

$$S_k^B = Q_k m k_c \sin \alpha = 90 \text{ м}^3 \cdot 2300 \frac{\text{кГ}}{\text{м}^3} \cdot 1,0 \cdot 0,025 \cdot \sin 30^\circ = 2587,5 \text{ кГ} = 27587 \text{ кГ} \quad (5)$$

Где: α - угол между горизонталью и направлением сейсмического воздействия, принимаемый не более 30° . При оценке прочности сооружений расчетные усилия от сейсмического воздействия суммируют с усилиями от других нагрузок, входящих в данное сочетание нагрузок и воздействий.

Прочность бетонных гравитационных и арочных плотин проверяют на горизонтальные сейсмические нагрузки, которые определяют для каждого из учитываемых тонов собственных колебаний.

Расчетные усилия N_p (поперечную или нормальную силу, изгибающий момент) в рассматриваемом сечении конструкции при периоде первого (основного) тона собственных колебаний более 0,3 с определяют по формуле:

$$N_p = \sqrt{\sum_{i=1}^n N_i^2} = \sqrt{3^2 + 3^2 + 4^2} = \sqrt{34} \approx 5,83$$

(6)

Где: n - число учитываемых тонов колебаний; N_i - усилие в рассматриваемом сечении для i -го тона колебаний. При периоде первого тона собственных колебаний, не превышающем 0,3 с, N_p подсчитывают по формуле

$$N_p = \sqrt{N_{\max}^2 + \sum_{i=1}^n N_i^2} = \sqrt{5^2 + 34} \approx 7,68$$

(7)

Где: $N_{\max}$ — наибольшее значение усилия в рассматриваемом сечении, определяемое из сопоставления эпюр сейсмических усилий, отвечающих отдельным формам колебаний сооружения; N_i — значения усилия в том же сечении по другим эпюрам (кроме значения $N_{\max}$). Усилия в конструкциях $N_i(N_{\max})$ соответствующие учитываемым формам собственных колебаний, определяют в предположении статического действия на сооружение сейсмических сил S_i , вычисленных по формуле (2).

Расчетную горизонтальную сейсмическую нагрузку S_p в рассматриваемом сечении сооружения при расчетах его устойчивости определяют по формуле:

$$S_p = \sqrt{\sum_{i=1}^n S_i^2} = \sqrt{(7762,5 \text{ кз})^2 + (2587,5 \text{ кз})^2} \approx 8187,2 \text{ кз} \quad (8)$$

S_i - расчетная нагрузка в том же сечении для i -го тона колебаний, определяемая по формуле (2). Следует иметь в виду, что при построениях эпюры расчетных нагрузок на сооружение в целом или определении расчетной равнодействующей суммированием

нагрузок, найденных по формуле (8), получаются завышенные результаты, поскольку при этом не учитывается несовместимость во времени локальных расчетных нагрузок S_p . Прием нахождения равнодействующей нагрузок и их распределения по всему объему сооружения с учетом одновременности действия во всех сечениях предложен А. Л. Можевитиновым и В. Н. Бухарцевым. [2,3,9].

Присоединенную массу воды m_B , приходящуюся на единицу площади поверхности гидротехнических сооружений, определяют по формуле

$$m_B = \frac{\gamma_w}{g} h \mu \psi = \frac{1 \frac{T}{M^3}}{9,81 \frac{M}{сек^2}} \cdot (488,20 - 463,55) M \cdot 0,66 \cdot 0,53 = 8010,5 кг = 8T10кг \quad (9)$$

Где: γ_w - удельный вес воды, $\frac{H}{M^3}$; h - глубина воды у сооружения, M ; μ - безразмерный коэффициент присоединенной массы воды, определяемый в зависимости от характера движения по формулам, приведенным в табл. 4; ψ — безразмерный коэффициент, учитывающий ограниченность длины водоема $\frac{l}{h}$ (табл. 6.) [здесь l — расстояние между сооружением и противоположным ему берегом водоема (для шлюзов и аналогичных сооружений между противоположными стенками конструкции) на глубине $\frac{2}{3}h$, от свободной поверхности воды. При наличии воды с обеих сторон сооружения присоединенную массу воды принимают равной сумме величин m_B , подсчитанных по формуле (9) для каждой из его сторон. Для отдельно стоящих сооружений (водозаборные башни, опоры мостов, сваи и пр.) присоединенную массу воды m_B на единицу длины конструкции подсчитывают по формуле:

$$m_B = \frac{\gamma_w}{g} d^2 \mu = \frac{1 \frac{T}{M^3}}{9,81 \frac{M}{сек^2}} \cdot (24,65 M)^2 \cdot 0,66 = 40,9 \frac{T \cdot сек^2}{M^2} \quad (10)$$

Где: d - диаметр круглого или размер стороны квадратного поперечного сечения сооружения, M . При поперечных колебаниях свай присоединенная масса воды на единицу их длины приблизительно равна массе воды в объеме единицы длины свай.

Выводы:

1. Показана оценка сейсмичности площадок строительства Каркидонского водохранилища
2. Определены сейсмические нагрузки Каркидонского водохранилища с вертикальными и горизонтальными составляющими сейсмической нагрузки.
3. Горизонтальную составляющую сейсмической нагрузки. Расчетные усилия Присоединенную массу воды.

Список использованной литературы

1. Гидротехнические сооружения. И. А. Василь Г. И. Журавлев, С. Н. Корюкин и др.; Под Н. П. Розанова. М., Стройиздат, 1978.
2. Гидротехнические сооружения. Справочник проектировщика. М., Стройиздат, 1983.
3. Можевитинов А. Л., Бухарцев В. Н. Предложения по усовершенствованию раздела II-А. 12-69 «Строительство в сейсмических районах Гидротехническое строительство, 1977, № 9.
4. СНиП II-А.10-71. Строительные конструкции основания. Основные положения проектирования. Стройиздат. 1972.
5. СНиП II-7-81. Строительство в сейсмических районах. М.. Стройиздат, 1982.
6. СНиП II-16-76. Основания гидротехнических сооружений. М., Стройиздат, 1977.
7. Jo'rayev X. A., Xudaykulov S.I. Suv saroylarida havo oqimining ta'sirini hisobga olish uchun nishablikni aniqlash dasturi. Talabnoma kelib tushgan sana: 09.07.2022 Talabnoma raqami: DGU 2022 4004.
8. Бекмирзаев Д. А. Численный метод решения сейсмодинамики подземных трубопроводов //Ташкент:«Fan va texnologiya. – 2018.