

МЕТОДИКА ВЫЧИСЛЕНИЯ МАТРИЦ ЖЕСТОСТИ МНОГОСВЯЗНЫХ СТРУКТУРНО-НЕОДНОРОДНЫХ ОБОЛОЧЕЧНЫХ КОНСТРУКЦИИ.

Т.М.МАВЛАНОВ – д.т.н., профессор, Э.С.ТОШМАТОВ – ст. преп., Ж.А.ЯРАШОВ – таянч докторант.
Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства

Аннотация: В работе предлагается метод решения задач статики многосвязных структурно-неоднородных оболочечных конструкций, представляющих собой произвольную композицию из многослойных оболочек.

Аннотация: Мақолада кўпбоғламли структуравий биржинсли бўлмаган қобиксимон конструкцияларни мувозанати аниқланган. Бунда конструкция кўпқатламли деб қабул қилинган.

Abstract: A method for solving the static problems of multi-connected structurally heterogeneous shell structures, which are an arbitrary composition of multilayer shells, is proposed in the paper.

Ключевые слова: структурно-неоднородность, много связанность, оболочка, пластина, вариационный принцип, взаимодействия, деформируемость, уравнения, матрица.

Разработка единого подхода к решению задач динамики и взаимодействия многосвязных структурно-неоднородных оболочечных конструкций, представляющих собой произвольную композицию из многослойных оболочек вращения и круговых шпангоутов, а также структурно-неоднородных призматических конструкций, представляющих собой также произвольную композицию из многослойных цилиндрических оболочек некругового сечения и прямолинейных стрингеров, создание и внедрение соответствующего программного комплекса с высоким уровнем автоматизации всех этапов вычислений, ориентированных на ЭВМ, значительно повышают эффективность проектирования и являются крупной научной проблемой, имеющей большое народно-хозяйственное значение. Решению этой проблемы посвящено настоящее исследование.

Рассмотрим произвольную структурно-неоднородную оболочечную конструкцию. Пусть на каждый оболочечный элемент рассматриваемой конструкции действует распределенные по координатной поверхности нагрузки q_1^p, q_2^p, q_3^p . Предположим также, что к каждому кольцевому элементу рассматриваемой конструкции приложены приведенные к срединной линии этого элемента внешние нагрузки

Для получения уравнений равновесия конструкции воспользуемся вариационным уравнением Лагранжа $\sum_{p=1}^{N_s} \delta \mathcal{E}_p + \sum_{i=1}^{N_r} \delta \mathcal{E}_i + \sum_{e=1}^{N_e} \delta \mathcal{E}_e - \sum_{p=1}^{N_s} \delta A_p - \sum_{i=1}^{N_r} \delta A_i = 0$, (1)

где $\delta \mathcal{E}_p$ – вариация потенциальной энергии деформации p -го оболочечного элемента; $\delta \mathcal{E}_i$ – вариация потенциальной деформации i -го кольцевого элемента; $\delta \mathcal{E}_e$ – вариация потенциальной деформации e -й вязкоупругой связи; δA_p – элементарная работа внешних нагрузок, приложенных к p -му оболочечному элементу; δA_i – элементарная работа внешних нагрузок, приложенных к i -му кольцевому элементу.

Введем вектор перемещений $\vec{U}_p = [u_p, v_p, w_p]$, компонентами которого являются перемещения точек координатной поверхности p -го оболочечного элемента в направлениях α_1, α_2 и z соответственно, вектор $\vec{U}_i = [u_i, v_i, w_i, \varphi_i, \psi_i, \chi_i]^T$ обобщенных перемещений срединной линии кольцевого элемента, а также векторы

$$V_{ne} = [u_{ne} v_{ne} \theta_{ne} v_{ne}]^T, \quad (2)$$

$$V_{ke} = [u_{ke} v_{ke} \theta_{ke} v_{ke}]^T$$

обобщенных перемещений начала и конца вязкоупругой связи с порядковым номером e .

Тогда согласно [1], после некоторых математических преобразований

при независимых вариациях δU_p в координатной поверхности p -го оболочечного элемента и независимых вариациях $\delta \Delta_i$ в срединной линии i -го

кольцевого элемента получаем из вариационного уравнения Лагранжа с комплексными коэффициентами систему связанных между собой уравнений равновесия структурно-неоднородных оболочечных конструкций

$$L_p + q_p = 0, \quad (p = 1, 2, \dots, N_s), \quad (i = 1, 2, \dots, N_r)$$

$$L_i^r + \|\theta_i\| f_i \sum_j \sum_s (\xi_{ci}^{ijs} [\bar{\eta}_{ci}^{ijs}]) Q_{ci}^{ijs} \delta \Delta_i + \sum_j \sum_s (\xi_{ci}^{ijs} [\bar{\eta}_{ci}^{ijs}]) N_{ci}^{ijs} \sum_s (\xi_{ci}^{ijs} [\bar{\eta}_{ci}^{ijs}]) N_{ci}^{ijs} = 0, \quad (3)$$

описывающих совместно с вышеприведенными соотношениями а также условиями неразрывности перемещений и вышеприведенными соотношениями линейные деформации многосвязных структурно-неоднородных осесимметричных и призматических оболочечных конструкций. Суммирование в уравнениях (3) ведется по всем оболочечным элементами, примыкающим к i -ому кольцевому элементу.

В задаче на собственные колебания конструкций решение уравнений (3), ищем в виде

$$U_p = U_p e^{-i\omega t}, \quad \Delta_i = \Delta_i e^{-i\omega t}$$

Здесь ω – комплексное значение частоты колебаний, действительная часть которого ω_R представляет частоту собственных колебаний, ω_I – коэффициент демпфирования. Уравнения собственных колебаний конструкций, соответственно, будут иметь вид:

$$L_p + q_p + \tilde{\omega}^2 [\tilde{\rho}_p] U_p = 0 \quad (p = 1, 2, \dots, N_s), \quad L_i^r + \|\theta_i\| f_{i0} + \tilde{\omega}^2 [G_{\omega}] \Delta_i + \sum_j \sum_s (\xi_{ci}^{ijs} [\bar{\eta}_{ci}^{ijs}]) Q_{ci}^{ijs} \sum_s (\xi_{ci}^{ijs} [\bar{\eta}_{ci}^{ijs}]) N_{ci}^{ijs} = 0 \quad (4)$$

$$(i = 1, 2, \dots, N_r)$$

Значения $\tilde{\omega}^*$, при которых существует нетривиальное решение системы с комплексными коэффициентами (20), являются комплексными значениями собственных частот колебаний рассматриваемых структурно-неоднородных оболочечных конструкций.

Для решения поставленной задачи разработан алгоритм и программный комплекс а также проводится оценка практической сходимости предлагаемых алгоритмов, основанная на сравнении имеющихся в литературе результатов решения тестовых задач и результатов других решений, полученных в рамках разработанных методик, а также с результатами, распространенными на комплексную арифметику.

В качестве примера вычислим матрицу комплексных величин жесткости для трехслойной цилиндрической панели симметричного по толщине строения, поверхность которой имеет форму параболы. Панель имеет следующие геометрические и механические параметры: $a = 2500$ см; $b = 5000$ см; $H = 250$ см; $h_1 = h_3 = 1$ см; $h_2 = 10$ см; $E_1 = E_3 = 2.10^7$ Н/см²; $E_2 = 10^6$ Н/см²; $j = 1, 2, 3, 4$; $h_j = 0.25$ см; $E_j = 2.10^6$ Н/см²; $\nu_j = 0.3$; $\rho_j = 7.8 \cdot 10^{-6}$ Н.с/см⁴; $A_j = 0.03$; $\beta_j = 0.003$; $\alpha_j = 0.1$; $\omega_R = 300$ с⁻¹.

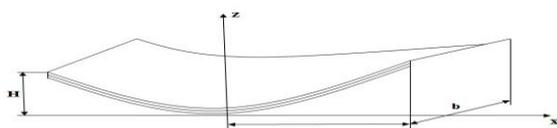


Рис.1. Трехслойная цилиндрическая панель.

Для отыскания комплексных величин частот собственных колебаний структурно-неоднородных оболочечных конструкций, т.е. при отыскании корней нелинейного функционального уравнения в комплексных переменных

$$D(\bar{\omega}) = |P(\bar{\omega})| = 0 \quad (5)$$

использовался метод Мюллера. Вопрос сходимости итерационного процесса, предложенного Мюллером, также требует исследования. Практически эта проблема решается следующим образом.

В алгоритме определения частот и форм колебаний структурно-неоднородных вязко-упругих оболочечных конструкций предусмотрен вывод протокола поиска корней уравнения (3), т.е. расчетчик всегда может воспользоваться этим протоколом для контроля итерационного процесса. Кроме того, одним из результатов работы алгоритма является достигнутая в процессе решения относительная точность определения этих корней. Некоторые данные из этих протоколов приведены в таб.1, протокол решения содержит следующие данные: число волн в продольном направлении (N); действительную (QR) и мнимую (QI) составляющие комплексного значения частоты $\bar{\omega}^*$; действительную

(DR) и мнимую (DI) составляющие мантиссы определителя $|P(\bar{\omega})|$;

Окончательные значения частоты колебаний для второго примера (таб.1) $\omega_R^* = 25,6535$; $\omega_I^* = 0,281688$; относительная точность - $\varepsilon_R = 4,11986 \cdot 10^{-8}$; $\varepsilon_I = 5,24144 \cdot 10^{-6}$.

Сравнение с известными точными аналитическими решениями (шарнирно-опертая по всем торцам упругая прямоугольная пластина, шарнирно-опертая по торцам упругая замкнутая цилиндрическая оболочка) показало полную работоспособность алгоритмов. Путем увеличения числа точек ортогонализации (до 100) и увеличения заданной относительной точности определения частот колебаний (до $\varepsilon = 10^{-10}$) удавалось получить решения с истинной относительной точностью до $\varepsilon = 10^{-13}$ и с отклонением от синусоиды, не превышающем 10^{-11} .

Для вязко-упругих конструкций с ярко выраженной структурной неоднородностью вопрос сходимости решался следующим образом. Поскольку известных решений (с заданным трехпараметрическим ядром релаксации) или экспериментальных данных для рассматриваемых многосвязных структурно-неоднородных конструкций отыскать в имеющейся литературе не удалось, корректность обобщения предлагаемой методики и разработанных алгоритмов на комплексную арифметику проверялась следующим образом.

Табл.1

№	QR	QI	DR	DI	IS
1	5.4593E+00	0.0000E+00	9.7342E+00	-2.0188E+00	80
1	5.4675E+00	0.0000E+00	9.9396E-01	-2.0294E-01	81
1	5.4757E+00	0.0000E+00	1.0151E+00	-2.0387E-01	81
1	5.1447E+00	-3.0728E-01	3.1727E+00	-3.9077E+00	80
1	4.9792E+00	-5.1567E-01	1.0939E+00	-3.6966E+00	80
1	4.7416E+00	-8.4313E-01	-7.6850E-01	-2.8779E+00	80
1	4.4801E+00	-1.3494E-01	8.5936E-01	-6.3399E-01	80
1	4.2435E+00	-3.9976E-02	3.5008E+00	-6.7106E-01	79
1	4.0974E+00	-5.0428E-02	2.2221E+00	4.8778E+00	78
1	4.0977E+00	-7.5445E-02	-3.9219E-01	-1.2154E+00	77
1	4.0976E+00	-7.4869E-02	-6.1493E-01	-5.9784E-01	74

Для различных значений вязкости определялись собственные частоты пластины,

Сравнительный анализ частот и форм колебаний, коэффициентов демпфирования, резонансных частот и амплитудных значений колебаний различных элементов рассматриваемых структурно-

неоднородных оболочечных конструкций с имеющимися результатами исследований [1], [2] позволяют сделать положительные выводы о сходимости и точности разработанных алгоритмов применительно к данному классу машиностроительных конструкций и могут быть рекомендованы в практику.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

- 1.Мяченков В.И., Мальцев В.П. Методы и алгоритмы расчета пространственных конструкций на ЭВМ. М.: Машиностроение, 1984. 280 с.
- 2.Мавланов Т. Расчеты на прочность, 28, Машиностроение, 1988. с. 186-199.
- 3.ASV02-PL. Определения собственных колебаний упругих осесимметричных оболочечных конструкций. № DGU03350, 13.10.2015 й.
- 4.Кармишин А.В., Мяченков В.И., Лясковец В.А., Фролов А.Н., Статика и динамика тонкостенных оболочечных конструкций, - М.: Машиностроение, 1975.- 375с.
- 5.Власов Б.З. Расчет призматических тонкостенных оболочек // Прикл. матем. и механика,, 1944.-т.8, вып.5.,-с. 361 - 394.
- 6.Новожилов В.В. Теория тонких оболочек. - Л.: Судостроение, 1962. -431 с.
- 7.Ильющин А.А., Победря Б.Е. Основы математической теории термовязкоупругости, М.: Наука, 1970. -280 с.
- 8.Вольмир А.С. Нелинейная динамика пластинок и оболочек. - М.: Наука, 1972.-432 с.
- 9.Э.С.Тошматов, Ж.Ярашев, Т.Мавланов. Определение динамических характеристик структурно-неоднородных призматических конструкций. Сборник материалов международной научно-технической конференции на тему: «Современные материалы, техника и технологии в машиностроении». Андижан: 2014.с.115-118.
- 10.Ж.А.Ярашов, Э.Тошматов, Ш.Б.Йулдашова, С.Султонов. Об одном методе динамического расчета оболочечных элементов гидротехнических сооружений с учетом давления жидкости. «Қишлоқ ва сув хўжалигининг замонавий муаммолари» мавзусидаги иқтидорли талабалар, магистрантлар ва ёш олимларнинг XIV-илмий амалий анжумани мақолалар туплами. ТИМИ, Тошкент 2015й. б.356-359.

УДК 539.03

ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ НА СОБСТВЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ МНОГОСВЯЗНЫХ СТРУКТУРНО-НЕОДНОРОДНЫХ ОБОЛОЧЕЧНЫХ КОНСТРУКЦИИ

Т.М.МАВЛАНОВ- д.т.н., профессор, Э.С.ТОШМАТОВ-ст.преп., Ж.А.ЯРАШОВ- таянч докторант. ТИҚХММИ

Аннотация: В работе предлагается метод решения задач статики многосвязных структурно-неоднородных оболочечных конструкций, представляющих собой произвольную композицию из многослойных оболочек. На основе вариационного принципа Лагранжа получены уравнения равновесия.

Аннотация: Мақолада ихтиёрлий кўп қатламли композицион материаллардан фойдаланилган кўп боғламли структуравий биржинсли бўлмаган қобиқли конструкцияларнинг статика масаласини ечиш усули келтирилган

Abstract: The paper proposes a method for solving the static problems of multiply connected structurally inhomogeneous shell structures, which are an arbitrary composition of multilayer shells. Based on the variational Lagrange principle, equilibrium equations are obtained.

Ключевые слова: структурно-неоднородность, много связанность, оболочка, пластина, вариационный принцип, взаимодействия, деформируемость, уравнения, матрица.

Рассмотрим произвольную структурно-неоднородную оболочечную конструкцию. Пусть на каждый оболочечный элемент рассматриваемой конструкции действует распределенные по координатной поверхности нагрузки q_1^p, q_2^p, q_3^p . Предположим также, что к каждому кольцевому элементу рассматриваемой конструкции приложены приведенные к срединной линии этого элемента внешние нагрузки

Для получения уравнений равновесия конструкции воспользуемся вариационным уравнением Лагранжа:

$$\sum_{p=1}^{N_s} \delta \Delta_p + \sum_{i=1}^{N_r} \delta \Delta_i + \sum_{e=1}^{N_e} \delta \Delta_e - \sum_{p=1}^{N_s} \delta A_p - \sum_{i=1}^{N_r} \delta A_i = 0, \quad (1)$$

где $\delta \Delta_p$ - вариация потенциальной энергии деформации p - го оболочечного элемента; $\delta \Delta_i$ - вариация потенциальной деформации i - го кольцевого элемента; $\delta \Delta_e$ - вариация потенциальной деформации e - й вязкоупругой связи; δA_p - элементарная работа внешних нагрузок, приложенных к p - му оболочечному элементу; δA_i - элементарная работа внешних нагрузок, приложенных к i - му кольцевому элементу.

Тогда согласно [1], после некоторых математических преобразований при независимых вариациях δU_p в координатной поверхности p -го оболочечного элемента и независимых вариациях $\delta \Delta_i$ в срединной линии i -го кольцевого элемента получаем из вариационного уравнения Лагранжа с комплексными коэффициентами систему связанных между собой уравнений равновесия структурно-неоднородных оболочечных конструкций

$$L_p + q_p(\tau) - [\bar{p}_p] \frac{\partial^2 U_p}{\partial \tau^2} = 0 \quad (p=1, 2, \dots, N_s), \quad (2)$$

$$+ \|\theta_i\| f_i(\tau) - [G_{\omega}] \frac{\partial^2 \Delta_i}{\partial \tau^2} + \sum_j \zeta_{ci}^{ijs} [\eta_i^{ijs}] Q_i^{ijs} + \sum_j \zeta_{ci}^{ijs} [\eta_{ci}^{ijs}] N_{ci}^{ijs} = 0, \quad (3)$$

$$[G_{\omega}] = \rho_i F_i \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad [\bar{p}_p] = \bar{p}_p \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad \bar{p}_p = \int_{H\Sigma} \bar{p}^j dz \quad (4)$$

Значения $\bar{\omega}^*$, при которых существует нетривиальное решение системы с комплексными коэффициентами, являются комплексными значениями собственных частот колебаний рассматриваемых структурно-неоднородных оболочечных конструкций. Остановимся подробнее на физическом смысле (2), (3). По виду уравнения (4) являются известными уравнениями движения многослойных упругих оболочек вращения и призматических оболочек некругового сечения. Каждое из этих уравнений описывает поведение отдельного оболочечного элемента тонкостенной оболочечной конструкции. В нашем случае различие

с известными уравнениями принципиально и состоит в том, что решение этих уравнений является комплексным вследствие комплексности физических соотношений, описывающих структурную неоднородность и реологические свойства отдельных слоев и наследственных связей оболочечного элемента. Для решения поставленной задачи разработан алгоритм и программный комплекс а также проводится оценка практической сходимости предлагаемых алгоритмов, основанная на сравнении имеющихся в литературе результатов решения тестовых задач и результатов других решений, полученных в рамках разработанных методик.

В качестве примера рассмотрим структурно-неоднородную оболочечную конструкцию - бак на специальной опоре, представляющая тороцилиндрическую оболочку, удерживаемую оболочкой типа усеченного конуса, который на конце защемлен (рис.1). Размеры конструкции указаны на рисунке, торо-цилиндрическая оболочка упругая $E = 2 \cdot 10^{11}$ н/м²; $\nu = 0,3$; $\rho_1 = 7,8 \cdot 10^3$ кг/см³ толщина по контуру постоянная и равна $h = 0,003$ м.

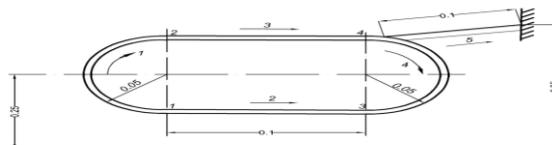


Рис.1. Структурно-неоднородная оболочечная конструкция.

Специальная опора (усеченный конус) - вязкоупругая, ее свойства ($E = 2 \cdot 10^{11}$ н/м²; $\nu = 0,3$; $\rho = 7,8 \cdot 10^3$ кг/см³ и реологические характеристики описываются разностным ядром с параметрами: $A = 0,01$, $\alpha = 0,1$; $\beta = 0,05$. В качестве параметра структурной неоднородности заказчиком была определена геометрия опоры, варьировалась ее толщина в пределах от 0,001м до 0,008м.

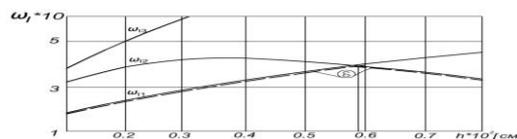


Рис.2. Изменение мнимой части собственной частоты в зависимости от толщины.

На рис. 2 приведены результаты расчетных зависимостей от толщины специальной опоры 3-х коэффициентов демпфирования $\omega_{11}, \omega_{12}, \omega_{13}$, низших форм колебаний. Результаты расчета показывают, что в роли определяющего коэффициента демпфирования выступают вначале ω_{11} , а далее - ω_{12} . При этом в точке пересечения данных расчетных кривых диссипативные свойства конструкции

проявляются наиболее интенсивно, т.е. проявляется синергический эффект вязко-упругих свойств [1].

Анализ низших собственных частот показывает, что в окрестности оптимального значения параметра структурной неоднородности – h частоты соответствующих собственных форм (ω_{R1} и ω_{R2}) имеют тенденцию к сближению, что подтверждает результаты, полученные для (пластичных конструкций и слоистых плит. Данное обстоятельство имеет принципиальное значение для выработки рекомендаций по проектированию опоры бака. Инженерная реализация опоры бака толщиной

позволяет создать наиболее рациональную конструкцию с точки зрения демпфирования внешних механических воздействий с частотами ω_{R1} и ω_{R2} , заданными условиями эксплуатации изделия. Инженерная реализация конструкции с заданными определяющими коэффициентами демпфирования опоры оказалась возможной, расчетная методика и рекомендации, могут быть использованы в производство.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Мяченков В.И., Мальцев В. Методы и алгоритмы расчета пространственных конструкций на ЭВМ. Машиностроение, 1984, 278 с.
2. Ильющин А.А., Победра Б.Е. Основы математической теории термовязкоупругости. – М.: наука, 1970. 280 с.
3. Мавланов Т. Динамика вязкоупругих осесимметричных и призматических конструкций. М.: Расчеты на прочность, Машиностроение, 1988, вып.28. с.186–199.
4. Биргер И.А. Прочность, устойчивость, колебания. Справочник, т.3, М., 1968.
5. Поверус Л.Ю., Рялит Р.К. Малые не осесимметричные собственные колебания упругих тонких конических и цилиндрических оболочек. Тр. Таллинского политехнического института, серия А, №147, 1958.
6. Мальцев А.А., Мальцев В.П., Мяченков В.И. Динамика осесимметричных оболочечных конструкций. – В кн. Механика деформируемых систем. ГГУ, 1979, с.150–158.
7. Ш.Худойназаров, Б.Юлдошов, Э.Тошматов, Б.Уринов, Ж.Ярашов Исследования установившихся колебаний грунтовых сооружений. Журнал Ирригация ва Мелиорация. 2018 №3 с. 24–30
8. Mirsaidov, M.M., Sultanov, T.Z. Use of linear heredity theory of viscoelasticity for dynamic analysis of earthen structures. Soil Mechanics and Foundation Engineering. 2013. 49(6), Pp. 250–256.
9. Т.Мавланов, Э.Тошматов, Ж.Ярашев ASV02-PL. Определения собственных колебаний упругих осесимметричных оболочечных конструкций. № DGU03350, 13.10.2015 г.
10. Э.Тошматов, Ж.Ярашев, Т.Мавланов. Определение динамических характеристик структурно-неоднородных призматических конструкций. Сборник материалов международной научно-технической конференции на тему: «Современные материалы, техника и технологии в машиностроении». Андижан: 2014. с.115–118.

УДК:539

РАСЧЕТ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ СТРУКТУРНО-НЕОДНОРОДНЫХ ПРИЗМАТИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

Т.М.МАВЛАНОВ – д.т.н., профессор, Э.С.ТОШМАТОВ – стар. преп.
Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства.

Аннотация: В работе рассматривается расчет собственных колебаний призматических конструкций. Под призматическим конструкциям понимается многосвязные призматические оболочечные конструкции, представляющие собой произвольную композицию из цилиндрических оболочек некругового сечения и прямолинейных стрингеров.

Аннотация: Мақолада призматик қобққли конструкцияларнинг хусусий тебранишлари топилган. Призматик конструкция деганда кўндаланг кесими элептик кўринишда ҳамда тўғри чизикли стрингерлардан иборат конструкция тушунилади.

Abstract: The paper considers the calculation of natural vibrations of prismatic structures. Prismatic structures are understood as multiply connected prismatic shell structures, which are an arbitrary composition of cylindrical shells of non-circular cross section and rectilinear stringers.

Ключевые слова: структурно-неоднородность, многосвязность, оболочка, взаимодействия, деформируемость, грунт, жидкость.

Перспективы развития строительства различных сооружений, авиастроения, ракетной и космической техники, судостроения химического машиностроения и многих других отраслей современной техники характеризуются усложнением конструктивных решений при проектировании и расчете объектов, представляющих собой многосвязные пространственные оболочечные конструкции, подвергающиеся статическим и динамическим воздействиям. Для их рационального проектирования необходимо проводить исследования процессов как стационарного нестационарного деформирования элементов конструкций и изделий в целом во взаимодействии с другими средами, в

частности грунтом. Причем, при проектировании сложных конструкций, наряду с традиционными металлическими материалами широкое применение находят полимерные материалы и композиты на их основе. Такие свойства этих материалов, как высокая удельная жесткость, звуко- и тепло- изоляционные свойства, демпфирующие и вибропоглощающие характеристики и др, обусловили широкое использование полимерных материалов и композитов практически во всех отраслях машиностроительного комплекса. Многосвязные конструкции имеют в своем составе, как правило, широкий набор упругих и вязко-упругих деформируемых элементов, обладающих существенно различными реологическими

свойствами в виде блоков пакетов пластин, трубчатых, цилиндрических и призматических оболочечных конструкций со сложной геометрией, присоединенными массами, разнообразными видами подкрепления и оперения и содержащими большое количество упругих и вязко-упругих связей с существенно различными функциями наследственности.

Такие механические системы классифицированы в работе по аналогии с [1] как структурно-неоднородные. Большая техническая сложность и высокая стоимость динамических экспериментов для такого рода изделий, невозможность непосредственного измерения многих величин приводят к тому, что данные сытных измерений носят весьма ограниченный характер. С другой стороны, объем информации, который получается при расчете правильно смоделированной задачи, значительно полнее и существенно дешевле соответствующих экспериментальных исследований. Проведение численных экспериментов для сложных структурно-неоднородных оболочечных конструкций позволяет понять качественную картину влияния различных параметров и дать обоснованные рекомендации не только на стадии проектирования, но и для проведения лабораторного модельного натурального экспериментов.

Очевидно, что поиски точных аналитических решений динамических задач для структурно-неоднородных вязко-упругих оболочечных конструкций заведомо обречены на неудачу, единственная возможность инженерной реализации состоит в построении численных и численно-аналитических алгоритмов с последующим применением современных ЭВМ. Наличие трудностей математического и вычислительного характера, видимо, объясняет тот факт, что в известной отечественной и зарубежной литературе имеется незначительное количество сведений об исследованиях, проводимых учеными в области динамики многосвязных вязко-упругих деформируемых систем, сочетающих разнородные (в реологическом смысле) материалы, связи и в целом конструктивные элементы. Для такого рода конструкций не в полной мере решены также задачи, синтеза их диссипативных свойств, других динамических характеристик при воздействии широкого спектра внешних механических нагрузок и во взаимодействии с другими внешними средами и полями. Данная работа в определенном смысле должна восполнить пробел в подобном рода исследованиях, которые и определяют актуальность научных разработок. Причем, на всех этапах исследований в работе решение динамических задач предполагает численное моделирование напряженного – деформированного состояния состояния (НДС) рассматриваемых конструкций.

Одними из наиболее распространенных в машиностроении и строительстве являются тонкостенные многосвязные призматические оболочечные конструкции, представляющие собой произвольную композицию из цилиндрических оболочек некругового сечения и прямолинейных стрингеров. С помощью вычислительного комплекса и разработанной методики приведем численное исследование и расчет собственных колебаний ряда машиностроительных призматических конструкций, выполненных авторами.

На основе [2] уравнения вынужденных гармонических колебаний призматических конструкций с комплексными коэффициентами будут иметь вид

$$L_p + q_{p0} + \omega_k^2 [\rho_p] U_p = 0 \quad (p=1,2,\dots,N_s), \quad (1)$$

$$L_r^i + \|\theta_i\| f_{i0} + \omega_k^2 [G_\omega] \Delta_i + \sum_j \sum_s (\xi_{ci}^{ijs} [\bar{\eta}_i^{ijs}] Q_i^{ijs} + \sum_j \sum_s (\xi_{ci}^{ijs} [\bar{\eta}_{ci}^{ijs}] N_{ci}^{ijs} = 0 \quad (2)$$

(i=1,2,...,N_r)

Решение поставленной задачи ищем в виде $U_p = U_p e^{-i\omega\tau}$, $\Delta_i = \Delta_i e^{-i\omega\tau}$

Здесь $\tilde{\omega}$ – комплексное значение частоты колебаний, действительная часть которого ω_R представляет частоту собственных колебаний, ω_I – коэффициент демпфирования. Тогда уравнения собственных колебаний конструкций, соответственно, будут иметь вид:

$$L_p + q_{p0} + \tilde{\omega}^2 [\rho_p] U_p = 0 \quad (p=1,2,\dots,N_s), \quad (3)$$

$$L_r^i + \|\theta_i\| f_{i0} + \tilde{\omega}^2 [G_\omega] \Delta_i + \sum_j \sum_s (\xi_{ci}^{ijs} [\bar{\eta}_i^{ijs}] Q_i^{ijs} + \sum_j \sum_s (\xi_{ci}^{ijs} [\bar{\eta}_{ci}^{ijs}] N_{ci}^{ijs} = 0 \quad (4)$$

(i=1,2,...,N_r)

Значения $\tilde{\omega}^*$, при которых существует нетривиальное решение системы с комплексными коэффициентами (3), являются комплексными значениями собственных частот колебаний рассматриваемых структурно-неоднородных оболочечных конструкций. Каждое из этих уравнений описывает поведение отдельного элемента призматической конструкции. В нашем случае различие с известными уравнениями принципиально и состоит в том, что решение этих уравнений является комплексным вследствие комплексности физических соотношений, описывающих структурную неоднородность и реологические свойства отдельных слоев и наследственных связей оболочечного элемента. Связь между уравнениями для каждого оболочечного элемента устанавливается с помощью известных соотношений [2] Каждое из этих соотношений является уравнением колебаний в комплексной форме отдельного стрингера или шпангоута рассматриваемой многосвязной структурно-неоднородной призматической конструкции с учетом реакций со стороны примыкающих к нему оболочечных элементов и вязко-упругих связей.

Вектор Q_i^{ijs} является, как видно из выражений для Q_p и W_p , вектором обобщенных реакций со стороны ijs -го оболочечного элемента, примыкающего к i -му кольцевому или стрингерному элементу, в локальной системе координат рассматриваемого элемента конструкции. Вектор N_{ci}^{ijs} является, в свою очередь, вектором обобщенных реакций со стороны ijs -й ивязкоупругой связи, примыкающей к i -му кольцевому или стрингерному элементу, в локальной системе координат.

Матрицы $[\bar{\eta}_i^{ijs}]$, $[\bar{\eta}_{ci}^{ijs}]$ и коэффициенты ξ_{ci}^{ijs} , ξ_{ci}^{ijs} являются матрицами и коэффициентами преобразования от локальной системы координат оболочечного элемента или вязкоупругой связи к системе координат рассматриваемой оболочечной конструкции.

В случае, когда в узле соединения двух или более оболочечных элементов или вязко-упругих связей стержневой или кольцевой элемент отсутствуют, то первое и третье слагаемое соответствующего уравнения тождественно равны нулю и это решение трактуется следующим образом: сумма реакций со стороны оболочечных элементов и вязкоупругих связей, сходящихся в этом узле, плюс сумма внешних нагрузок, приложенных к рассматриваемому узлу, равна нулю.

1. Структурно-неоднородная призматическая конструкция – блок трехслойных прямоугольных

панелей (1) и (2) симметричного по толщине строения ($L=2000$ см). Панели связаны между собой по продольным торцам вязко-упругими связями с мгновенным модулем упругости K . Вся конструкция

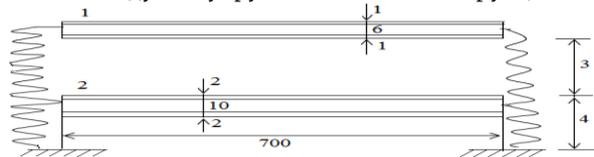


Рис.1. Структурно-неоднородная трёхслойная призматическая конструкция

Внешние слои каждой панели упругие, внутренние слои-вязко-упругие. Характеристики упругих слоев: $E_1^1=E_1^2=2.10^4$ МПа; $\rho_1^1=\rho_1^2=8.10^3$ кг/м³; $\gamma_1^1=\gamma_1^2=0.3$. Характеристики вязко-упругих слоев: $E_1^1=E_1^2=2.10^3$ МПа; $\gamma=0.3$; $\rho_1^1=\rho_1^2=1.10^3$ кг/м³; $\gamma_1^1=\gamma_1^2=0.3$; $A_0^1=A_0^2=0.1$; $\beta_0^1=\beta_0^2=0.01$; $\alpha_0^1=\alpha_0^2=0.01$. Характеристики вязко-упругих связей и опор: $A^3=A^4=0.1$; $\beta^3=\beta^4=0.01$; $\alpha^3=\alpha^4=0.01$.

В качестве параметра структурной неоднородности выбран мгновенный модуль упругости вязко-упругих связей и опор K .

На рис.2. приведены результаты расчетных зависимостей коэффициентов демпфирования ω_{11} , ω_{12} низших форм колебаний от модуля упругости K . Результаты расчета показывают, что в роли определяющего коэффициента демпфирования вначале выступает коэффициент демпфирования ω_{11} , а затем ω_{12} . В точке пересечения данных расчетных кривых диссипативные свойства рассматриваемой конструкции в целом проявляются наиболее интенсивно, т.е. проявляется синергический эффект вязко-упругих свойств данной механической системы. Анализ собственных частот ω_R показывает, что в окрестности оптимального значения параметра структурной неоднородности K частоты соответствующих собственных форм (ω_{R1} и ω_{R2}) имеют тенденцию к сближению. Данное обстоятельство имеет принципиальное значение для выработки рекомендаций по проектированию подобных структурно-неоднородных

оперта по продольным торцам на вязко-упругие опоры с тем же мгновенным модулем упругости K (рис.1).

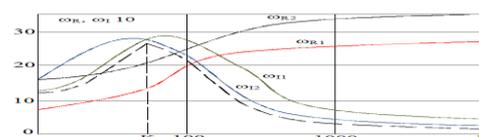


Рис.2. Изменение частот колебания в зависимости от мгновенного модуля упругости K .

призматических конструкций, т.к. инженерная реализация полученного оптимального параметра K позволяет создать наиболее рациональную конструкцию с точки зрения демпфирования внешних механических воздействий с частотами ω_{R1} и ω_{R2} , заданных условиями эксплуатации конструкции.

2. Структурно-неоднородная призматическая конструкция-тоннельного типа, состоящая из некруговых цилиндрических оболочек и пластинчатых конструкций, изображена на рис.3. Внутренние слои толщиной 1 см оболочечного элемента изготовлены из упругого материала со следующими характеристиками: $E=2.10^5$ МПа; $\gamma=0.3$; $\rho=8.10^3$ кг/м³. Внешние слои конструкции толщиной 1 см обладают вязко-упругими свойствами: $E=1.10^5$ МПа; $\gamma=0.1$; $\rho=8.10^3$ кг/м³ $A=0.1$; $\beta=0.05$; $\alpha=0.2$.



Рис.3. Призматическая оболочечная конструкция.

С помощью разработанной процедуры APV00Z определяем для первых пяти тонов колебаний значения частот и коэффициентов демпфирования колебаний (табл.1).

Таблица 1.

№ тона	ω_{γ}	ω_R	ω_{γ}
1	2823.39	2818.30	1.20
2	3201.84	32.00.00	0.67
3	4208.01	4201.20	1.54
4	5732.74	5729.40	1.22
5	6430.38	6426.40	1.35
6	7123.44	7115.32	1.07

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Мавланов Т. Динамика вязкоупругих осесимметричных и призматических конструкций. М.: Расчеты на прочность, Машиностроение, 1988, вып.28. с.186-199.
2. Биргер И.А. Прочность, устойчивость, колебания. Справочник, т.3, М., 1968.
3. Мальцев А.А., Мальцев В.П., Мяченков В.И. Динамика осесимметричных оболочечных конструкций. – В кн. Механика деформируемых систем. ГГУ, 1979, с.150-158.
4. Mirsaidov, M.M., Sultanov, T.Z. Use of linear heredity theory of viscoelasticity for dynamic analysis of earthen structures. Soil Mechanics and Foundation Engineering. 2013. 49(6), Pp. 250-256.
5. Т. Мавланов, Э. Тошматов, Ж. Ярашев ASV02-PL. Определения собственных колебаний упругих осесимметричных оболочечных конструкций. № DGU03350, 13.10.2015 г.
6. Э. Тошматов, Ж. Ярашев, Т. Мавланов. Определение динамических характеристик структурно-неоднородных призматических конструкций. Сборник материалов международной научно-технической конференции на тему: «Современные материалы, техника и технологии в машиностроении». Андижан: 2014. с.115-118.
7. Барышева Н.Н., Селезнев Г.С. Колебания плотины Нурекской ГЭС при землетрясении 30 июля 1974 г. // Сейсмостойкость плотин. Вып. 4. Душанбе, 1978. С.126-134.
8. Ильющин А.А., Победра Б.Е. Основы математической теории термо-вязкоупругости. – М.: Наука, 1970. – 280 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ГРУНТОВЫХ ПЛОТИН НА ОСНОВЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ МОДЕЛИ ПРИ ОДНОКОМПОНЕНТНОМ КИНЕМАТИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Т.З.СУЛТАНОВ д.т.н., доцент, Б.Ш.ЮЛДОШЕВ-PhD, доцент, Э.С.ТОШМАТОВ-старший преподаватель, Ж.А.ЯРАШОВ- PhD, докторант.

Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства

Аннотация: Приводятся результаты исследований динамики грунтовых плотин с использованием пространственной модели с учетом вязкоупругих свойств грунта при однокомпонентном кинематическом воздействии. Проанализировано динамическое поведение модели Гиссаракской плотины при однокомпонентном кинематическом воздействии.

Аннотация: Мақолада тугон динамикасини фазовий модел асосида материалнинг кавушқок эластиклик хусусиятини эътиборга олиб бир кампонентли кинематик таъсирга текшириш натижалари келтирилган. Хиссарак тугон моделининг динамик ҳолатини баҳолаш натижалари келтирилган.

Abstract: Results of a study of the dynamics of earth dams using a spatial model are presented in the paper with account of viscoelastic properties of soil under one-component kinematic effect.

Ключевые слова: грунтовая плотина, однокомпонентное воздействие, динамическое поведение, резонанс, затухание, вязкоупругие свойства грунта, плоская и пространственная модели.

Введение: Проведенные исследования показали, что для достоверной оценки напряженно-деформированного состояния (НДС) грунтовых плотин возможность использования плоской или пространственной моделей зависит в основном от геометрических параметров и неоднородных особенностей сооружения и характера их деформирования при возможных сочетаниях различных нагрузок.

Как известно сейсмические колебания грунта в зависимости от геологических условий местности, расстояния от эпицентра носят сложный характер. Опыт последних разрушительных землетрясений и теоретические исследования позволили многим специалистам сделать вывод о том, что причиной многих разрушений является весьма приближенный расчет НДС сооружений, без учета реального характера работы сооружений, вклада высших форм колебаний [1,2], а также многокомпонентность сейсмического воздействия.

При расчете сооружений в действующих нормативных документах часто принимается во внимание только одна компонента сейсмического воздействия. Считается, что вертикальные ускорения значительно меньше горизонтальных. Однако инженерный анализ последствий различных землетрясений показал наличие некоторых разрушений, характер которых трудно объяснить действием только одной горизонтальной составляющей сейсмического воздействия [3].

По данным сейсмометрических наблюдений установлено, что во многих землетрясениях наряду с горизонтальными компонентами ускорения преобладают и другие компоненты ускорений. Для достоверной оценки прочности сооружения необходимо исследовать вопросы, в каких случаях надо использовать плоскую или пространственную модели сооружения и какие компоненты акселерограммы землетрясения необходимо использовать в качестве внешних воздействий.

Выполненные в последнее время исследования динамики грунтовых плотин в основном рассматривали использование плоской модели сооружения при действии однокомпонентных воздействий, а в редких случаях двухкомпонентных кинематических воздействиях.

Поэтому в данной работе делается попытка исследовать динамическое поведение различных грунтовых плотин с использованием пространственной модели сооружения с учетом

вязкоупругих свойств грунта и неоднородных особенностей конструкции при действии однокомпонентного ускорения землетрясения.

Чтобы ответить на этот вопрос, при исследовании динамики сооружения, необходимо рассмотреть задачу об определении компонентов вектора перемещений и тензора напряжений по времени, возникающих в точках плотины при различных направлениях нестационарных динамических воздействий с использованием пространственной модели.

Методика исследований: Вариационная постановка и методика решения данной задачи подробно изложена в работах [14,19,20]. При решении данной задачи вязкоупругие свойства грунта учитываются с использованием наследственной теории Больцмана-Вольтера [22].

Результаты исследований: Для дальнейшего исследования динамики сооружений в качестве внешнего воздействия использовано кинематическое воздействие в основании сооружения в виде

$$\{u_o(t)\} = \begin{cases} a \sin(pt), & 0 < t \leq t^* \\ 0, & t^* > t \end{cases} \quad (1)$$

Здесь: p -частота; a - амплитуда; t^* -время воздействия; t -рассматриваемое время процесса.

При каждом воздействии определялись перемещения различных точек плотины по времени с использованием пространственной модели. Параметры кинематического воздействия принимались равными: $a=0.01м$, $t^*=5$ сек; $p=5.70$ рад/сек.

На рис. 1-3, показаны изменения по времени перемещений точки ($x_1=8$ м, $x_2=138.5$ м, $x_3=330$ м) на гребне Гиссаракской плотины, полученные по пространственной модели при различных по направлениям однокомпонентным кинематическим воздействиям в до резонансном режиме колебаний. Сплошная линия на рис. 1-3, соответствует упругому решению, пунктирная линия получена с учетом вязкоупругих свойств грунта.

Анализ полученных результатов показывает, что при однокомпонентном воздействии перемещения точки в направлении воздействия на порядок превышают перемещения точки в других направлениях (рис.1-3).

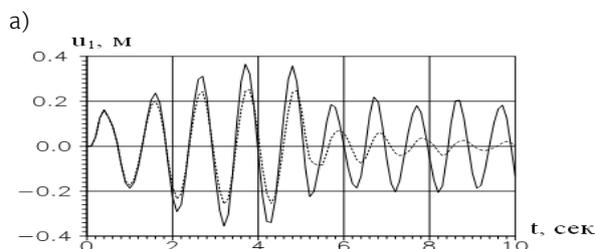


Рис. 1. Колебания точки ($x_1=8$ м, $x_2=138,5$ м, $x_3=330$ м) Гиссаракской плотины, полученные по пространственной модели при горизонтальном (т.е. по направлению $-u_1$) воздействии (1)

То есть, однокомпонентное воздействие вызывает перемещения точки модели, в основном, только в коллинеарном с воздействием направлении, остальные перемещения (в ортогональном направлении) – незначительны (рис.1). Поэтому при горизонтальном (т.е. при перпендикулярном к

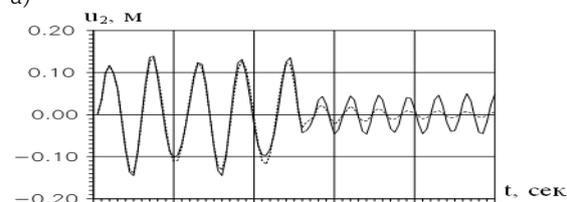


Рис. 2. Колебания точки ($x_1=8$ м, $x_2=138,5$ м, $x_3=330$ м) Гиссаракской плотины, полученные по пространственной модели при вертикальном (т.е. по направлению $-u_2$) воздействии (1)

При вертикальном воздействии компоненты тензора перемещения в поперечном (горизонтальном) направлении u_1 на порядок меньше чем u_2 и u_3 , которые также являются ортогональными направлению воздействия. При таком воздействии целесообразно использование пространственной

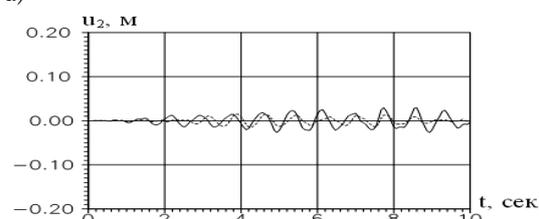
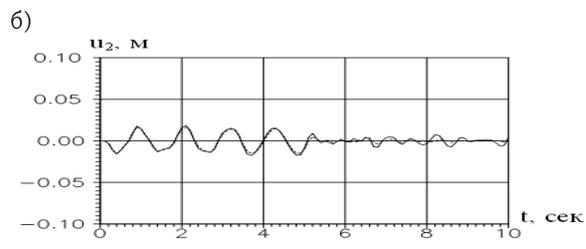


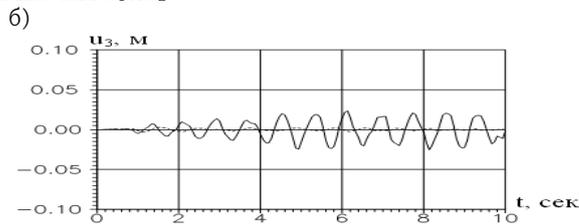
Рис. 3. Колебания точки ($x_1=8$ м, $x_2=138,5$ м, $x_3=330$ м) Гиссаракской плотины, полученные по пространственной модели при продольном (т.е. по направлению $-u_3$) воздействии (1)

При продольном воздействии компоненты тензора перемещения в поперечном (горизонтальном) и вертикальном направлениях, т.е. u_1 и u_2 на порядок меньше чем u_3 в продольном направлении. По этой же причине пространственная модель может быть использована и при расчете сооружения на продольное кинематическое воздействие, вызывающее преимущественно продольные перемещения точек (рис.3).

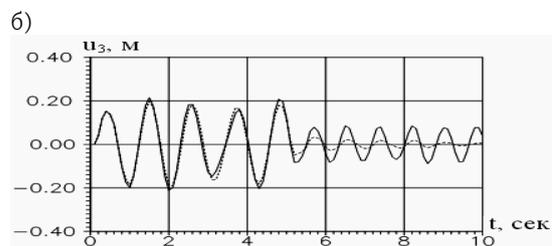
Анализ полученных результатов показывает, что вязкоупругие свойства грунта во время действия нагрузки незначительно снижают амплитуду колебаний сооружения, а после прекращения воздействия приводят к резкому затуханию колебаний. При учете упругих свойств грунта после прекращения воздействия колебания не затухают, и сооружение колеблется с достигнутой на момент



продольной оси плотины) воздействию использование при оценке динамического поведения плотины плоской модели оправдано. Так как в этом случае компоненты тензора перемещения в продольном направлении к плоскости плотины, т.е. $-u_3$ на порядок меньше чем u_1 и u_2 .



модели, позволяющей определить вертикальные перемещения точек не только центрального поперечного сечения (как в плоской модели), но и вертикальные перемещения точек створа.



прекращения воздействия амплитудой по основной собственной форме колебаний (рис.1-3).

Выводы: 1.Приведены результаты исследований динамики грунтовых плотин с использованием пространственной модели с учетом вязкоупругих свойств грунта при однокомпонентном кинематическом воздействии.

2.Анализ динамического поведения рассмотренной плотины показал, что для данной плотины при горизонтальном воздействии возможно использование плоской расчетной модели, при других воздействиях необходимо использовать пространственную модель сооружения.

3.Вязкоупругие свойства грунта во время действия нагрузки приводят к незначительному снижению амплитуды колебаний, а после прекращения воздействия к резкому затуханию колебаний сооружения.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

- 1.Султанов Т.З., Ишматов А.Н., Юлдошев Б.Ш. Решение задач о нелинейных колебаниях для грунтовых плотин разложением по собственным формам колебаний. Ирригация ва мелиорация. Тошкент, 2017. №2. С.32–37.
- 2.Mirsaidov M.M., Sultanov T.Z., Abdikarimov R.A., Ishmatov A.N., Yuldoshev B.Sh., Toshmatov E.S., Jurayev D.P. Strength parameters of earth dams under various dynamic effects. *Magazine of Cive Engineering*, 2018. No. 1.Pp.101–111. doi: 10.18720/MCE.77.9.
- 3.Красников Н. Д. Сейсмостойкость гидротехнических сооружений из грунтовых материалов. М.: Энергоиздат, 1981. 240 с.

Аннотация: В работе на основе уравнения Лагранжа решены задачи о колебаниях механической системы с двумя роторами. При этом рассматриваются малые движения двух роторных механической системы.

Аннотация: Burchak tezlikning cheksiz o'sishida umumiy inersiya markaziy o'qda joylashishga intiladi ya'ni, sistemaning inersiyasining asosiy markaziy o'qi aylanish o'qi bilan ustma-ust tushishga harkat qiladi.

Abstract: In the work, based on the Lagrange equation, the problems of oscillations of a mechanical system with two rotors are solved. In this case, small movements of two rotor mechanical systems are considered.

Ключевые слова: ротор, катушка, диссипативные силы, критический угол, инерционный центр.

Применение роторной системы в машинах, различного назначения позволяет анализировать динамическую схему машин и качественного улучшения их динамических характеристик. [7].

Во многих машинах, используемых в различных областях, происходят колебательные процессы, изучение которых важно для повышения качества их работы. Это может достигаться совершенствованием конструкции.

Многие элементы машин и механизмов состоит из системы двойного ротора с целью улучшения работоспособных характеристик а также уменьшения веса и габаритов. В этом случае роторы вращаются с разными частотами. Такие роторные системы широко используется в центрифугах, в различных отраслях химической промышленности, в аппаратах, основанных на центростремительного движения. Потребность использования роторных систем, требует дальнейшего развития и усовершенствования методов динамического расчета таких систем. Известно, что в отличие, от ротора шнек вращаясь с определенной скорости, передвигает рассматриваемое тело вдоль оси шнека. Применение роторной системы в машинах, различного назначения позволяет анализировать динамическую схему машин и качественного улучшения их динамических характеристик. [7].

Рассмотрим малые движения двух роторных механической системы. Введем обобщенную координату q_r , которая характеризует малые движения от начала равновесного положения. Причем скорость также считаем малыми. Допустим механическая система в начале движения, а также приложенная на эту систему находится в равновесие. В этом случае исследованное движение намного упрощается. Пусть рассматриваемая механическая система находится под действием приложенных сил находится в равновесии. Из уравнения равновесия при $\frac{\partial V}{\partial q_r} = 0$ потенциальная энергия достигает своего экстремума. Далее изменяя начальные условия,

$$\lambda^2(F(\alpha) + F(\beta)) + \lambda(F(\alpha) + F(\beta)) + (V(\alpha) + V(\beta)) = 0$$

$$\text{Отсюда } \lambda_{1,2} = \frac{-(F(\alpha) + F(\beta)) \pm \sqrt{(F(\alpha) + F(\beta))^2 - 4(F(\alpha) + F(\beta))(V(\alpha) + V(\beta))}}{2(F(\alpha) + F(\beta))}$$

Таким образом в зависимости от дискриминанта $\Delta = ((F(\alpha) + F(\beta))^2 - 4(F(\alpha) + F(\beta))(V(\alpha) + V(\beta)))$ значения λ могут быть следующими: 1. $\lambda > 0$ решение действительные и разные, 2. $\lambda < 0$ решение комплексное, 3. $\lambda = 0$ решение действительны и равны.

Таким образом, решение характеристического уравнения зависит от значения потенциальной энергии. После вычисления кинетической и потенциальной энергии на основе уравнения Лагранжа второго тура составляем дифференциальные уравнения движения механической системы с двумя роторами.

$$\begin{aligned} k_1 \ddot{y} + k_2 \ddot{y}_2 + L_2 \dot{z}_1 - L_2 \dot{z}_2 + C_1 y_1 &= s_1 \cos \omega_1 t + s_2 \cos \omega_2 t + N_1 \cos(\omega_1 t - e_1) + N_2 \cos(\omega_2 t - e_2), \\ k_2 \ddot{y}_1 + L_1 \ddot{y}_2 - L_2 \dot{z}_1 + L_2 \dot{z}_2 + C_2 y_2 &= Q_1 \cos \omega_1 t + Q_2 \cos \omega_2 t - N_1 \cos(\omega_1 t - e_1) - N_2 \cos(\omega_2 t - e_2), \\ k_1 \ddot{z}_1 + k_2 \ddot{z}_2 - L_2 \dot{y}_1 + L_2 \dot{y}_2 + C_2 z_1 &= s_1 \sin \omega_1 t + s_2 \sin \omega_2 t + N_1 \sin(\omega_1 t - e_1) + N_2 \sin(\omega_2 t - e_2), \\ k_1 \ddot{z}_1 + L_1 \ddot{z}_2 - L_2 \dot{y}_1 - L_2 \dot{y}_2 + C_2 z_2 &= Q_1 \sin \omega_1 t + Q_2 \sin \omega_2 t - N_1 \sin(\omega_1 t - e_1) - N_2 \sin(\omega_2 t - e_2). \end{aligned} \quad (5)$$

Ищем решения (11) в виде

отклоним из исходного равновесного положения. При этом ограничимся первыми приближениями, входящих в уравнения движения, коэффициентами. Для этого выражение потенциальной энергии разлагается в ряд Тейлора вокруг точки $q_r = 0$

$$V = V_0 + \sum_{r=1}^n \frac{\partial V}{\partial q_r} q_r + \frac{1}{2} \sum_{r,s=1}^n \frac{\partial^2 V}{\partial q_r \partial q_s} q_r q_s + \dots + \quad (1)$$

Аналогично разлагается в ряд Тейлора и кинетическая энергия

$$T = \frac{1}{2} \sum_{r,s=1}^n (a_{rs})_0 \dot{q}_r \dot{q}_s;$$

$$F = \frac{1}{2} \sum_{r,s=1}^n (\chi_{rs})_0 \dot{q}_r \dot{q}_s \quad (2)$$

Подставляя полученных выражений для кинетических и потенциальной энергии в уравнениях Лагранжа получим

$$\sum_{s=1}^n ((a_{rs})_0 \ddot{q}_s + (\chi_{rs})_0 \dot{q}_s + (c_{rs})_0 q_s) = 0 \quad (3)$$

$(r = 1, 2, \dots, n)$

Переходим к решению систем дифференциальных уравнений (3). Решение системы (3) ищем в виде $q_s = A_s e^{\lambda t}$ $\dot{q}_s = \lambda A_s e^{\lambda t}$ Подставляя эти выражения в (3). В результате получим систему уравнений относительно A_s и λ :

$$\sum_{s=1}^n A_s ((a_{rs})_0 \lambda^2 + (\chi_{rs})_0 \lambda + (c_{rs})_0) = 0 \quad (4)$$

Для того, чтобы система (4) имела решения необходимо приравнять нулю детерминант этой системы, т.е. $\Delta(\lambda) = \|(a_{rs})_0 \lambda^2 + (\chi_{rs})_0 \lambda + (c_{rs})_0\| = 0$.

Данное уравнение называется частотным уравнением $2n$ -го порядка. Из полученной системы находим коэффициенты A_s^1, \dots, A_s^n .

Таким образом малые движения системы зависит от решения (4) λ_a . Зная λ_a и A_s^1, \dots, A_s^n можно определить закономерности малых движений около равновесного положения по формуле $q_s = \sum_{a=1}^{2n} A_s^a e^{\lambda_a t}$.

Далее получим квадратное уравнение вида:

$$\lambda^2(F(\alpha) + F(\beta)) + \lambda(F(\alpha) + F(\beta)) + (V(\alpha) + V(\beta)) = 0$$

$$y_1 = a_{11} \cos \omega_1 t + a_{12} \cos \omega_2 t + b_{11} \sin \omega_1 t + b_{12} \sin \omega_2 t \quad (6)$$

$$y_2 = a_{21} \cos \omega_1 t + a_{22} \cos \omega_2 t + b_{21} \sin \omega_1 t + b_{22} \sin \omega_2 t$$

$$z_1 = a_{31} \cos \omega_1 t + a_{32} \cos \omega_2 t + b_{31} \sin \omega_1 t + b_{32} \sin \omega_2 t$$

$$z_2 = a_{41} \cos \omega_1 t + a_{42} \cos \omega_2 t + b_{41} \sin \omega_1 t + b_{42} \sin \omega_2 t$$

Подставляя (12) в уравнения движения приходим к следующим соотношениям:

1). Если выполняется условия

$$\Delta_2 = (c_1 - k_1 \omega_2^2 - L_2 \omega_2)(c_2 - L_1 \omega_2^2 - L_2 \omega_2) - (L_2 \omega_2^2 - k_2 \omega_2^2)^2 \neq 0 \quad (7)$$

то коэффициенты a_{ij} и b_{ij} определяется по формулам:

$$a_{12} = b_{12} = \frac{(c_2 - L_1 \omega_2^2 + L_2 \omega_2)(S_2 + N_2 \cos e_2) + (k_2 \omega_2^2 - L_2 \omega_2)(Q_2 + N_2 \cos e_2)}{\Delta_2}$$

$$a_{22} = b_{22} = \frac{(c_1 - k_1 \omega_2^2 + L_2 \omega_2)(Q_2 - N_2 \cos e_2) + (k_2 \omega_2^2 + L_2 \omega_2)(S_2 + N_2 \cos e_2)}{\Delta_2} \quad (8)$$

$$b_{12} = -a_{32} = \frac{N_2 \sin e_2 (c_2 - (k_2 + L_1) \omega_2^2)}{\Delta_2}$$

$$b_{22} = -a_{42} = \frac{N_2 \sin e_2 ((k_1 + k_2) \omega_2^2 - e_1)}{\Delta_2}$$

2) Если выполняется условие.

$$\Delta_1 = (c_1 - k_1 \omega_1^2 - L_2 \omega_1)(c_2 - L_1 \omega_1^2 - L_2 \omega_1) - (L_2 \omega_1^2 - k_2 \omega_1^2)^2 \neq 0$$

то для коэффициентов a_{ij} и b_{ij} получим соотношений

$$a_{11} = b_{31} = \frac{(S_1 + N_1 \cos e_1)(c_2 - L_1 \omega_1^2 + L_2 \omega_1) + (Q_1 - N_1 \cos e_1)(k_2 \omega_1^2 + L_2 \omega_1)}{\Delta_1} \quad (9)$$

$$a_{21} = b_{41} = \frac{(S_1 + N_1 \cos e_1)(k_2 \omega_1^2 + L_2 \omega_1) + (Q_1 - N_1 \cos e_1)(e_1 - k_1 \omega_1^2 + L_2 \omega_1)}{\Delta_1}$$

$$b_{11} = -a_{31} = \frac{N_1 \sin e_1 (e_2 - (k_2 + L_1) \omega_1^2)}{\Delta_1}$$

$$b_{21} = -a_{41} = \frac{N_1 \sin e_1 ((k_2 + k_1) \omega_1^2 - c_1)}{\Delta_1}$$

вводим обозначения

$$\frac{b_{12}}{a_{22}} = \operatorname{tg} \varphi_1 \quad \frac{b_{11}}{a_{21}} = \operatorname{tg} \chi_1 \quad \sqrt{a_{12}^2 + b_{12}^2} = H_1$$

$$\frac{b_{22}}{a_{22}} = \operatorname{tg} \varphi_2 \quad \frac{b_{21}}{a_{21}} = \operatorname{tg} \chi_2 \quad \sqrt{a_{12}^2 + b_{22}^2} = H_2 \quad (10)$$

$$\sqrt{a_{11}^2 + b_{11}^2} = H_1' \quad \sqrt{a_{21}^2 + b_{21}^2} = H_2'$$

После этих обозначений получим

$$y_1 = H_1 \cos(\omega_2 t - \varphi_1) + H_1' \cos(\omega_1 t - \chi_1) \quad (11)$$

$$y_2 = H_2 \cos(\omega_2 t - \varphi_2) + H_1' \cos(\omega_1 t - \chi_2)$$

$$z_1 = H_1 \sin(\omega_2 t - \varphi_1) + H_1' \sin(\omega_1 t - \chi_1)$$

$$z_2 = H_2 \sin(\omega_2 t - \varphi_2) + H_2' \cos(\omega_1 t - \chi_2)$$

Выводы: Полученные результаты позволяет сделать вывод о том, что бесконечное возрастание двух угловых скоростей приводит к приближению центра инерции к центральной оси инерции. Центральная ось инерции при этом приближается к оси вращения. Таким образом, механическая система с двумя роторами на упругом основании, в отличие

от однороторного, при отсутствии сил сохраняет направление оси. Однако каждый ротор имеет две критические угловые скорости. Необходимо отметить, что полученные результаты качественно совпадают с известными результатами, полученными в [7].

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. В. Г. Быков. Стационарные режимы движения неуравновешенного ротора автобалансирующим механизмом // *Астрономия*. — 2006 г. № 2. — С. 90–101.
2. В. Г. Быков, А. С. Ковачев. Об устойчивости стационарных движений рото-ра с эксцентрическим шаровым автобалансирующим устройством // *Седь-мые Поляховские чтения. Тезисы докладов Международной научной кон-ференции по механике, Санкт-Петербург, 2–6 февраля 2015 г.* — С. 197.
3. В. П. Нестеренко, А. П. Соколов. Остаточный дисбаланс, вызванный экс-центриситетом беговой дорожки, при автоматической балансировке роторов шарами // *Динамика управляемых механических систем*. — 1983 г.
4. G.Genta. *Dynamics of Rotating Systems*. — Springer, 2005 y. — P. 658.
5. М.А. Берсугир Аналитические решения некоторых задач динамики твердого тела и прикладной теории гироскопов. Автореферат канд. диссер. Алма-Аты. 2010 г.
6. Горлатов Д. В. Моделирование двухроторной вибрационной установки и алгоритма прохождения роторами резонансных частот // *Неделя науки СПбПУ. Материалы научного форума с международным участием. Институт металлургии, машиностроения и транспорта. СПб., 2015.* — С. 49–51.
7. Горлатов Д. В. Алгоритм управления типовыми режимами работы мехатронных вибрационных установок. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Санкт-Петербург 2016г.

УДК: 631.6:631.67(043.3)

СУФОРМА ДЕҲҚОНЧИЛИҚДА КОЛЛЕКТОР-ЗОВУР СУВЛАРИДАН ФЙДАЛАНИШ ИМКОНИАТЛАРИНИ БАҲОЛАШ

М.А.ЯКУБОВ профессор, д.т.н., Д.А. КУВВАТОВ Ph.D.

Аннотация: Мақолада сув тақчил шароитда суғоришда зовур сувларидан қўшимча фойдаланиш асосида қишлоқ хўжалик маҳсулотлари ҳосилдорлигини ошириш усуллари ёритилган.

Аннотация: В статье приведены методы увеличения урожайности сельскохозяйственных культур по при дополнительном использовании дренажных вод с условиями дефицита воды.

Abstract: The article describes the crop yield methods for the additional use of drainage water with water deficiency conditions.

Республикамызда суғориладиган ерларнинг мелиоратив ҳолатини яхшилаш, сувтежамкор суғориш усулларидан фойдаланиш ва суғориладиган майдонларда қишлоқ хўжалик экинларининг юқори ва барқарор ҳосилдорлигини таъминлаш бўйича кенг қамровли чора-тадбирлар амалга оширилмоқда. Сув ресурсларининг кескин етишмаслиги камсув йилларда Қашқадарё вилоятининг суғориладиган ерларида ҳам кузатилади. Шундай йилларда қишлоқ хўжалиги экинларини сув билан таъминлашдаги муаммоларни юмшатиш чораларидан бири ҳудудларда ҳосил бўлган коллектор – зовур сувларни суғоришга ишлатиш ҳисобланади. Биз ушбу маслага қаратилган дала тадқиқотларимизни Қашқадарё вилояти Касби тумани пахта экилган суғориш майдонлари олиб бордик [1,2].

Тажриба майдонларида ғўзанинг I-вариантда чучук сув, II-вариантда эса зовур сувидан қўшиб фойдаланилди. Бунда вариантлар бўйича суғориш муддатлари ва суғориш меъёрлари тупроқ таркибидаги намлик даражаси асосида аниқланди. Барча вариантларда биринчи суғориш меъёрини аниқлашда тупроқ намлиги 70 см.дан, қолган бошқа барча суғоришларда эса 100 см қатлам бўйича аниқланди [2].

Иккинчи тажриба участкасида суғоришга қўшимча сув олиш учун ҳудудда жойлашган хўжаликлараро зовур танланди. Зовур сувининг миқдори ва минерализацияси ўрганилди. Бунга қўра, зовур сувининг сув сарфи 0,13 м³/с дан 2,08 м³/с гача ўзгариши кузатилди. Ойлик сарфланган сувлар миқдори эса 0,35 млн.м³ дан 5,38 млн.м³ гача ошди.



1-расм. Тажриба участкасида ўрнатилган насос. Зовур сувларидан суғоришда фойдаланиш

Зовурдан суғоришга сув олиш мақсадида СНП 500/10 маркали насос ўрнатилган ва насос ёрдамида

2- жадвал. 2-вариантда олиб борилган суғоришлар

Суғориш сони	Чучук сув, м ³ /га	КЗС, м ³ /га	Суғориш меъёри, м ³ /га	Муддати
1	860	-	860	18.05-24.05
2	550	600	1150	12.06-16.06
3	450	700	1150	07.07-13.07
4	500	500	1000	02.08-07.08
жами	2360	1800	4160	

Келтирилган маълумотлар кўрсатишича, ҳамма тадқиқот йилларида вегетация даври бошида тупроқ намлиги ҳайдалма (0-30 см) қатламда оптимал чегарада (ЧДНСга нисбатан 72-76 %) бўлган, 0-70 см ва 0-100 см қатламда эса намлик бир мунча кўпроқ ЧДНСга нисбатан 69,3-70,8 ва 71,7-72,2 % ни ташкил этди. Шундай қилиб вегетация даври бошида эксплуатацион шўр ювиш шароитида тупроқ намлиги

қарийб 100 га майдонни суғориш мумкин. Вариантларнинг суғориш меъёри ЎзПИТИ формуласи (Меднис М.П., Еременко Г.В. ва бошқалар) бўйича ҳисобланди. Вариантларга берилётган сув миқдори тажриба майдонидаги ўқ-ариқнинг бош томонида ўрнатилган «Чипполетти» сув ўлчаш асбоби ёрдамида ўлчаб борилди. Тажриба майдонларида суғоришлардан олдинги тупроқ намлиги ЧДНСга нисбатан 70% кузатилди. Бу вариантларда мавсум давомида биринчи тажриба майдонида 1-2-1 тизимда 4 марта, иккинчи тажриба майдонида эса 1-2-1 тизимда 4 мартадан суғориш ўтказилди [3].

Суғориш даврида чучук сув суғориш меъёрларини камайтириш мақсадида коллектор-зовур сувларидан қўшимча манба сифатида фойдаланилди. Иккала вариантда ҳам биринчи суғоришда коллектор-зовур сувларидан фойдаланилмади, яъни суғориш меъёри 860 м³/га ни ташкил қилди. Иккинчи ва учинчи суғоришда суғориш меъёри 1100 м³/га ни, тўртинчи суғоришда 910 м³/га, вегетация даврида умумий берилган мавсумий суғориш меъёри 3970 м³/га бўлди. 2-вариантда биринчи суғориш меъёри 860 м³/га, иккинчи суғоришда 1150 м³/га, шундан зовур сувлари 550 м³/га ни ташкил қилди. Учинчи суғоришда 2-вариантда суғориш меъёри 1150 м³/га ни, шундан зовур сувлари 450 м³/га ни ташкил қилди. Тўртинчи суғоришда 2-вариантда суғориш меъёри 1000 м³/га, шундан зовур сувларидан 500 м³/га ни ташкил қилди, умумий суғориш меъёри иккинчи вариантда 4160 м³/га ни ташкил қилди (1,2-жадваллар) [3].

1- жадвал. 1-вариантда олиб борилган суғоришлар

Суғориш сони	Чучук сув, м ³ /га	КЗС, м ³ /га	Суғориш меъёри, м ³ /га	Муддати
1	860	-	860	20.05-27.05
2	1100	-	1100	14.06-20.06
3	1100	-	1100	09.07-15.07
4	910	-	910	03.08-08.08
жами	3970	-	3970	

ғўза ўсимлиги ривожланишини таъминлади. Бу ўсимлик бўйи ривожланишига мувофиқ илди тизими ҳам чуқурлашиб борди. Бу эса тупроқнинг чуқурроқ актив қатламида ўсимликни узлуксиз намлик таъминотида ёрдам беради. Вегетация бошланишида ўрганилган вариантларда турлича тупроқ намлиги сақланиши кузатилди [3,4].

Биринчи суғоришдан олдин тупроқнинг 0–70 см қатламида тупроқ намлиги массанинг 13,5–13,9 % га ёки ЧДНСга нисбатан 68,9–70,4 % гача ўзгарди. Демак 2014 йилда бир метрлик қатламда биринчи суғоришдан олдинги тупроқ намлиги қуруқ массага нисбатан 16,5 % ни ёки ЧДНСга нисбатан 78,2 % ни ташкил этади. Ушбу қийматлар 2015 йилда мос равишда 15,8 ва 74,9 % ни ташкил қилди.

Биринчи суғоришдан олдин бир метрлик қатламда ўртача тупроқ намлиги ЧДНСга нисбатан 75,3% қийматда тутиб турилган.

Вегетация даврининг кейинги босқичларида, турли хил меъёрларда олиб борилган дастлабки ва охириги суғоришлардан кейин, иккинчи, учинчи ва тўртинчи суғоришлардан олдин суғориш олди тупроқ намлигида ўзгаришлар содир бўлди. Бу ҳолат ғўза ҳосилини йиғиб олиш даврида кузатилмади.

Охириги суғоришлардан олдин тупроқ намлиги бир метрлик тупроқ қатламида намлик 2, 4 ва 6 вариантларда суғоришнинг шўр ювиш режимида ЧДНСга нисбатан 2,4–4,3 % кўпроқ, оддий суғориш режимида тупроқ нам тақчиллигига нисбатан ҳисобий тупроқ қатламидагига қараганда. Демак, иккинчи ва учинчи суғоришда тупроқнинг бир метрлик қатламида намлик 1- ва 2-вариантларда массанинг ўртача 15,4–15,7 % ини ёки ЧДНСга нисбатан 73,0–74,7 % ини ташкил қилди. Кўпайтирилган (оширилган) суғориш меъёрлари билан суғорилганда эса массанинг 16,1–16,4 % нин ёки ЧДНСга нисбатан 76,3–77,7 % ни ташкил қилди [2,3].

Тўртинчи суғоришдан олдин тупроқнинг қатламида (0–70 см) намлик массанинг 11,8–12,1 % ини ёки ЧДНСга нисбатан 60,2–60,7% ини ташкил қилди. Шундай қилиб, суғоришдан олдинги тупроқ намлигини вегетация даврида ва ҳар бир вариант бўйича мақбул (оптимал) чегарага яқин ушлаб турилган. Маълумки тупроқ намлиги унинг механик таркиби, сизот сувлари сатҳи ва суғориш миқдорига боғлиқ ўзгаради. Ўтказилган дала тадқиқотлари натижаларини статистик усуллар билан ҳисоблаш орқали биз тажриба участкаси учун тупроқларнинг механик таркибига қараб 0–100 см қатлам учун ҳажмий намлик ўзгариш графигини топдик ва боғланиш тенгламаларини келтириб чиқардик (3-расм). Бу график тупроқ – мелиоратив шароитлари ўхшаш бўлган бошқа далалар учун ҳам ҳажмий намликни прогноз қилиш имконони беради [3,4]. Тажриба майдонида ғўзани ўсиши, ривожланиши ва ҳосилдорлиги бўйича ҳам кузатувлар олиб борилди. Ёзанинг дастлабки ўсув фазасида яъни 1 июнда ўтказилган фенологик кузатишда иккала тажриба

майдонидаги барча вариантларда ғўзанинг бўйи, ҳосил шохлари ва шоналар сони бир-бирига жуда яқин бўлди, чунки бу даврда ғўзанинг ўсиш ва ривожланишига суғоришнинг таъсири кўп сезилмади.

Ўза бўйининг баландлиги бўйича биринчи ўрин тажрибанинг 1-вариантида кузатилди. Бу вариантда ғўзанинг бўйи 1-тажриба майдонида 76,0 см. 2-тажриба майдонида 74,6 см дан иборат бўлди. Тажрибанинг 1-вариантида ғўзанинг баландлиги назорат вариантыга анча яқинлиги аниқланди. Ёзанинг бўйини баландлиги 1 августда ўтказилган фенологик кузатишда ҳам 1-июлдаги сингари қонуният сақланиб қолди. Лекин ҳосил шохлари ва кўсак сонлари бўйича тажрибанинг 2-вариантига нисбатан 1-вариантнинг ўсганлиги қайд қилинди.

Бу вариантда ғўзанинг ҳосил шохлари 1-тажриба майдонида 14,8 донани, кўсақлар сони эса 5,8 донани, 2-тажриба майдонида шу кўрсаткичлар юқоридагига мос равишда 14,6 ва 5,6 донани ташкил қилди. Тажриба майдонларидаги ғўзани ўсиши ва ривожланиши суғориш тартибларига боғлиқ ҳолда турлича бўлишлиги ўз навбатида ғўзани ҳосилдорлигига ҳам ҳар хил таъсир кўрсатади. Тажриба майдонларида ғўзани ҳосилдорлиги суғориш вариантлари ва тақдорланишлар бўйича 1-жадвалда келтирилган. Ушбу жадал маълумотларини кўрсатишича тажриба майдонларида энг юқори ҳосил 1-вариантда кузатилди. Бу вариант ғўзанинг ҳосилдорлиги 1-тажриба майдонида ўртача 32,8–33,6 ц/га ни, 2-тажриба майдонида эса 28,8–30,0 ц/га ни ташкил қилди.

Ҳосилдорлик бўйича иккала тажриба майдони ўзаро таққосланганда шўр сув ишлатилган вариантда, яъни 2-тажриба майдонида ҳосилдорлик 1-тажриба майдонидагига нисбатан 10–12% га камроқ бўлганини кўриш мумкин.

Хулоса.

1. Канал ва суғориш тизимларида ариқ суви етарли бўлмаган ҳолатларда коллектор–зовур сувлари қўшимча сув манбаи бўлиб хизмат қилиши мумкинлиги ўрта қумоқ тупроқли дала тажрибалари орқали тадқиқ этилди. Тажрибалар кўрсатишича, коллектор–зовур сувлари ариқ суви билан аралаштириб, уларнинг минераллашувини 2,0 ва 2,5 г/л га пасайтириб, суғоришга ишлатганда пахта ҳосилдорлиги ариқ сувидагига қараганда 10–12 % га камроқ бўлиши, лекин 29–30 ц/га гача ҳосил олиб, сув кам ерлардаги ҳосилдорликка қараганда 11–12 ц/га гача ҳосилни сақлаб қолиш мумкин экан.

ҲОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР:

1. Икрамов Р.К. Мелиоративно-технологические принципы управления водно-солевыми режимами орошаемых земель в условиях дефицита водных ресурсов (на примере крупных массивов Средней Азии): Ташкент. 2002. ТИИИМСХ. –44 с.
2. Якубов М.А., Кувватов Д.А. «Особенности использования водных ресурсов и пути повышения водообеспеченности земель в Кашкардарьинской области». «Экология Хабарномаси». №10. 2008 г.С.16–17.
3. Quvvatov D.A. Assessment formation of rational demanded meliorative agriculture.// Novateur Publications// International Journal Of Innovations In Engineering Research And Technology [IJERT] ISSN: 2394–3696 VOLUME 5, ISSUE 12, Dec.–2018. P.1–7.
4. Rahmatulla Z., Yakubov M.A., Muradov R.A., LEI Jia Qiang Theoretical analysis of moisture dynamics on irrigation areas//Energy Engineering and Environmental. Part 1. Applied Mechanics and Material Vols. 316–317 (2013). pp/ 362–367. 10.4028/ www.scientific.net/AMM.316–317.362.

Тўравай МУСЛИМОВ, катта ўқитувчи, Азизжон ЖАҲОНОВ, ассистент, Дониёр ЖЎРАЕВ, етакчи мутахассис. ТИҚХММИ

Аннотация: Мазкур мақолада гидротехника иншоотларининг металл конструкцияларда юзага келадиган коррозиялар, уларнинг асосий турлари ва уларни келтириб чиқарадиган асосий омиллар ҳақида маълумотлар келтирилган. Шу жумладан гидротехника иншоотлари затворларининг асосий элементларини коррозияланиш даражаси ва уларни коррозиядан химоялаш усуллари ёритилган.

Аннотация: В статье рассмотрены основные вопросы процесса коррозионного повреждения металлических конструкции гидротехнических затворов, а также основные виды коррозии и коррозионных разрушений основных элементов гидротехнических затворов а также основные мероприятия направленные к защите элементов затвора от коррозии.

Abstract: In article the basic questions of process of corrosion damage metal designs of hydraulic engineering shutters, and also principal views of corrosion and corrosion destructions of basic elements of hydraulic engineering shutters and also the basic actions directed to protection of elements of a shutter against corrosion are considered.

Ключевые слова: Кооррозия, кимёвий ва электрокимёвий коррозия, электролит, затвор, сурункали, металл қоплама, легиранган пўлат, агрессив мухит.

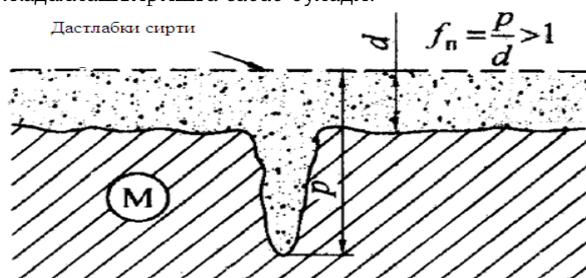
Хозирги кунда бутун дунё бўйича барча турдаги металл конструкцияларига хавф солётган энг катта омиллардан бири металлнинг коррозияси ҳисобланади [1]

Коррозия латинчадан “corrodo” сўзидан олиган бўлиб “кемираман” деган маънони англатади. Яъни металлнинг ташқи мухит таъсирида емирилишига уларнинг коррозияси дейилади. Кимёгарлар ва материалшуносларнинг таъкидлашича олтин ва платинадан ташқари бошқа барча металллар ҳамда уларнинг қотишмаларидан тайёрланган метал бўйимлар ташқи мухит таъсирида емирилиш хусусиятига эга. Яъни ташқи мухит таъсирида қайсидир даражада коррозияланади. Пўлатларнинг коррозияси хозирги кунда асосан икки турга бўлинади: кимёвий коррозияланиш ва электрокимёвий коррозияланиш.

Пўлатга қуруқ газлар, масалан, кислород, сульфит ангидрид, водород хлорид, водород сульфит таъсир қилганида содир бўладиган ўзгаришлар кимёвий коррозияланиш дейилади. Бундан ташқари ўзидан элект токи ўтказмайдиган суоқликлар таъсирида бўладиган ўзгаришлар ҳам кимёвий коррозияланиш деб юритилади.

Намлик ва электролитлар таъсирида пўлатнинг емирилиш эса электрокимёвий коррозияланишга мансуб. Бунда металлнинг ионлари эритмага ўтиб, темир (II) гидрооксиди ва у хаводаги кислород билан оксидланиб темир (III) гидрооксидига айланади.

Ушбу жараён натижасида қизғиш – қўнғир тусга эга бўлган эритма ҳосил бўлади ва пўлат элементларнинг сиртини қоплаб бошлайди. Эритманинг сувсизланиши натижасида юқори ғовақликка эга бўлган занг ҳосил бўлади. Ҳосил бўлган занг адсарбион хусусиятга эга бўлиб ташқи мухитдаги сувни ўзига ютади ва коррозияланиш жараёнини тезлаштиради. Ташқи мухитдаги хароратни ортиши ҳам коррозияни жадаллаштиришга сабаб бўлади.



1-расм. Элемент сиртини коррозияланиши.

Шунга асосланган холда пўлат конструкция элементларининг коррозияланиши турлича кечиши мумкин. Бутун сирти бўйича ёки айрим жойларда. Энг хавфли коррозия пўлат кристаллари орасидаги коррозияланиш ҳисобланади. Бундай коррозия гоҳида кўзга ташланмаса ҳам анча чуқурга кириб боради ва металл заррачаларининг қирралари бўйича бузилишга сабаб бўлади. [1-расм]

Пўлатларнинг кимёвий таркибини ва структурасини бир хилда бўлмаслиги уларнинг коррозияланишга мойиллигини оширади. Масалан, Томас ва Бессемер усули билан олинган пўлатлар Мартен усули билан олинган пўлатларга нисбатан бир хил шароитда кўпроқ коррозияга учрайди. Оксидсизланиш даражасига кўра қайнаб совийдиган пўлатлар ҳам тинч холда совийдиган пўлатларга нисбатан кўпроқ коррозияланади. Кўп йиллик кузатишлар шуни кўрсатадики сув ва тупроқ шароити кучли шўрланган жойлардаги гидротехника иншоотларининг механик ускуналари ҳам шўрланмаган шароитлардаги металл конструкцияларга нисбатан кўпроқ коррозияланар экан.

Пўлат конструкция элементларини ташқи юқлар таъсирида кескин букилиши таъсирида ёки уларга болтлар ва парчин михлар ўрнатиш учун турли ўлчамдаги тешиклар ўйиш натижасида, парчин михли бирикмаларни бажариш жароёнида ҳамда пўлатга бошқа турдаги термик ёки механик ишлов бериш натижасида ҳам пўлатнинг структураси бузилади ва унда коррозияланиш тезлашади.

Пўлат конструкцияларни тайёрлашда конструкция элементларининг сиртига сайқал бериш катта аҳамият қасб этади. Чунки, ўтказилган тадқиқотлар шуни кўрсатадики силлиқ сиртли конструкция элементларининг коррозияланиши худди шундай дағал сиртли конструкция элементларининг коррозияланишидан бир неча марта кичик бўлади.

Пўлат конструкция элементларининг нотекис пластик деформациялар юзага келадиган жойларида бирмунча хавфли ҳисобланган кристаллараро коррозияланиш жароёни бошланади ва пўлатнинг структурасида кўзга кўринмайдиган дарзларни ҳосил бўлишига сабаб бўлади.

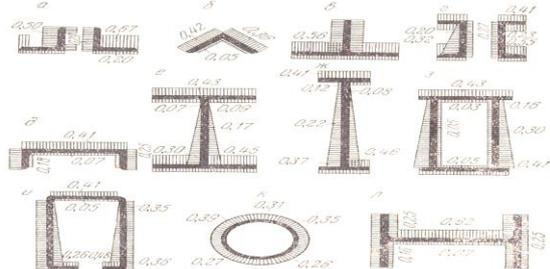
Пўлатнинг коррозияланиш тезлиги кўп жихатдан унинг зўрриққанлик холатига боғлиқ бўлади.

Пўлат конструкция элементлари ташқи кучлар таъсирига эластик тарзда ишласа, уларнинг деформацияси одатда жуда кичик қиқматларга эга бўлади ва элементнинг ташқи сиртларидаги химоя қатламларида узилиш бўлмайди ва бундай элементлар

коррозияга анча турғун бўлади. Чунки бунда пўлат атомлари орасидаги боғланишлар деярли йўқолмайди.

Пўлат конструкция элементларининг коррозияланиш жадаллиги хозирги кунда бир қанча усуллар билан аниқланади. Булардан энг кўп қўлланиладиган ва кам харажатлиларидан бири йил давомида коррозияни чуқурлашиш миқдорини аниқлаш усули ҳисобланади. Ушбу усул жуда содда бўлиб, амалдаги конструкция элементининг йил давомида емирилиш чуқурлиги аниқланади (мм/йил). Ушбу кўрсаткичга асосланиб конструкция элементларининг зарарланиш даражаси ва хизмат муддатининг ўзгариши олдиндан башорат қилиниши мумкин. бундан ташқари турли хилдаги пўлат намуналарининг коррозияланиш жадаллиги эса маълум бир ўлчамдаги намуналарнинг йил давомида массасини йўқотилиши билан ҳам аниқланиши ҳам мумкин ($g/m^2 \cdot \text{йил}$).

Пўлатларнинг атмосфера таъсиридаги коррозияланиш жадаллиги, ишлаш шароитига боғлиқ холда жуда катта интервалга эга бўлади. [2-расм]



2-расм. Турлихилдаги конструкция элементларининг коррозияланиш даражаси.

Масалан, гидротехника иншоотлари затворларининг (пўлат қопламасининг) йил давомидаги коррозияланиш чуқурлиги, 0.02...0.87 мм/йил ни ташкил этиди.

Пўлат конструкция элементларининг коррозияланиш жадаллиги элементларнинг кўндаланг қесими ва фазодаги вазиятига жуда кўп жиҳатдан боғлиқ бўлади. Турли хилдаги конструкция элементлари таҳлил этилганида герметик берк контурли пўлат қувурларнинг ички – деворининг коррозияланиш чуқурлиги 0.03 ... 0.06 мм/йил ни, ташқи сиртининг коррозияланиш чуқурлиги эса 0.21 ... 0.38 мм/йил ни ташкил этади. Ушбу кўрсаткич горизонтал ҳолатдаги пўлат қўштак деворида эса: устки томонида 0.61 ... 0.83 мм/йил, пастки томонида эса 0.06 ... 0.09 мм/йил ни ташкил этган. Сув ҳўжалиги қурилишидаги ясси затворларнинг кўндаланг қесими қўштак шаклидаги асосий йиғма тўсинларида ушбу кўрсаткич мос равишда: тўсин деворининг устки томонида 0.87 ... 1.03 мм/йил ва тўсин деворларининг пастки томонида 0.18 ... 0.23 мм/йил ни ташкил этган. Бундан, шундай хулосага келиш мумкинки вақти вақти билан сув ва ҳаво тасирида бўладиган конструкция элементлари сиртида сув, турли таркибга эга бўлган чўкиндила йиғилиб қолади ва пўлат элементларининг коррозияланишини тезлаштириб юборади.

Металл конструкцияларни барпо этишда айрим конструкция элементлари (йиғма тўсинлар, пўлат калонналар, фермалар) бир қанча алоҳида элементлардан ташкил топади. Бунда алоҳида элементлар ўзаро пайвандлаб ёки болтлар ёрдамида бириктирилади ва улар орасида ҳосил бўладиган ёриқлар каррозияни тезлаштиришига таъсир

кўрсатадиган асосий омиллардан бири ҳисобланади. Ушбу жойларда чанг – тўзон, атмосфера ёғинлари ва бошқа моддалар чўкинди ҳолатида тўпланиб қолади. Натижада ушбу жойларда дастлабки коррозия ўчоқлари ҳосил бўлади.

Бундан шундай хулосага келиш мумкинки, пўлат конструкцияларни ҳаво айланмайдиган, конденсат ва гидроскопик сувлар ҳамда бошқа ташқи муҳит чиқиндилари тўпланиб, узоқ вақт сақланиб қоладиган жойларида коррозияланиш юқори бўлади. Юқорида пўлатларнинг коррозияси ҳақида хозирги кунгача ўрганилган жуда қисқа маълумотлар келтирилди. Лекин, афсуски металлларнинг шу жумладан пўлатларнинг коррозияси бутун дунё бўйича ҳали тўлиқ ўрганилмаган энг долзарб муаммолардан бири бўлиб қолмоқда. Статистик маълумотларга кўра коррозияга қарши чора-тадбирлар қўрилмаган пўлат конструкцияларда йиллик коррозияланиш миқдори 3...5 % гача етиб борди. Демак, бунинг натижасида конструкциянинг айрим элементларининг юк кўтариш қобилияти йилига 3...5 % гача камайиб боради ва хизмат муддати ҳам мос равишда 2...3 марта камайиб кетади. Шунинг учун ҳам пўлат конструкцияларни лойиҳалашда ва қуришда уларнинг мустаҳкамлик ва деформация шартларидан ташқари коррозияга турғунлигига ҳам алоҳида эътибор бериш талаб этилади. [3-расм]



3-расм. Гидротехника иншоотлари затворларини нотекис коррозияланиши.

Пўлатларнинг коррозияланиши натижасида халқ ҳўжалигига келтирадиган зарари уларнинг бошқа сабабларга кўра бузилиши натижасида юзага келадиган зарарларга нисбатан бирнеча марта кўпроқ бўлади. Шунинг учун ҳам металл конструкцияларни коррозиядан ҳимоялашга қаратилган чора-тадбирларни ўз вақтида қўллаш уларнинг мустаҳкамлигини ва устиворлигини таъминлашда катта аҳамият касб этади. Айниқса, гидротехника ва гидромелиорация тизимидаги пўлат конструкцияларни лойиҳалашда коррозияга қарши чора-тадбирларни қўллаш нафақат техник ва иқтисодий балки ижтимоий аҳамиятга ҳам эга бўлади. Чунки, ушбу тизимлардаги пўлат конструкцияларнинг айрим қисмлари сурункали ҳаво таъсирида, айрим қисмлари сурункали сув таъсирида қолган қисмлари эса вақти – вақти билан ҳаво ва сув таъсирида бўлади. Ушбу қийин шароитда ишлайдиган конструкцияларни коррозиядан ҳимоялаш анча қийин кечади. Шунинг учун гидротехника ва гидромелиорация тизимидаги пўлат конструкцияларнинг коррозияланиши уларнинг ишончилиги ва ҳавфсизлигига салбий таъсир кўрсатувчи асосий омиллардан бири ҳисобланади.

Пўлат конструкцияларини коррозияланишдан химоялашга қаратилган чора-тадбирларни тизимли қўлланилиши мақсадга мувофиқ бўлади. Хозирги кунда пўлатларни коррозияланишдан муҳофаза қилишнинг турли усуллари мавжуд. Улардан амалий ахамиятга эга бўлган энг асосийларидан бири.

Конструктив чора-тадбирлар ҳисобланади. Конструкцияни аниқ ишлаш шароитини эътиборга олган ҳолда пўлатнинг турини ва маркасини тўғри танлаш; тинч совийдиган пўлатлардан фойдаланиш, пўлат конструкция элементларини ўзаро бириктириш усуллари тўғри танлаш катта ахамиятга эга.

Коррозия хавф юқори бўлган агрессив муҳитда ишлайдиган пўлат конструкцияларни барпо этишда иложи борича яхлит кесимли конструкция элементларини лойihalаш, акс ҳолда нояхлит кесимли элементлар қабул қилинса алоҳида элементлар ўлчамларини ошириб сонини қисқартириш керак бўлади. Бунда уларнинг техник ҳолатини аниқ кўздан кечириш, атмосфера чиқиндиларидан тозалаш ва ташқи сиртларини кичик механизация воситаларидан фойдаланиб бўйаш ишларини бажариш етарли даражада осонлашади.

Бундан ташқари пўлат конструкцияларни лойihalашда аксарият конструкция элементлари коррозияга нисбатан кам учрайдиган ҳолда лойihalаниши керак. Яъни, ташқи юзаси нисбатан кичикроқ бўлиши ва ёгингарчилик ҳамда чанг тўзон камроқ тўпландиган ҳолда лойihalаниши мақсадга мувофиқ бўлади.



4-расм. Металл конструкция элементларини коррозиядан химоялаш усуллари

Сурункали ёки вақти – вақти билан сув таъсирида бўладиган (затворлар) пўлат конструкцияларни

лойihalашда сувни тез оқиб кетишини таъминловчи конструктив ечимлар қабул қилиши мақсадга мувофиқ бўлади. Чунки элемент сиртида сув тўпланиб қолса, унинг таркибда турли хилда кимёвий таркибга эга бўлган чўкиндилар бўлиши мумкин. Ушбу эритмалар аксарият ҳолатларда электродитлар вазифасини бажаради ва коррозияни тезлатиб юборади. Шунинг учун кўндаланг кесими корета шаклидаги элементларни сувнинг тез оқиб кетишини таъминлайдиган махсус тешиклар билан таъминлаш коррозияланишни сезиларли даражада камайтириб, элементнинг хизмат муддатини оширади. Қуйдаги 4-расмда хозирги кунда металл конструкция элементларини коррозиядан химоялашнинг асосий усуллари келтирилган.

Юқоридаги 4-расмда келтирилган диаграммага асосан энг салмоқли химоя усули металл конструкция элементлари сиртини лак-бўёқлар билан бўйаш ҳисобланади (ўртача 39.5% ҳолларда). Лекин ушбу усул усти берк бўлган бино ва иншоотдаги конструкциялар учун наф келтириши мумкин. Лекин, сурункали ёки вақти – вақти билан сув таъсирида бўладиган гидротехника иншоотларининг механик ускуналари учун фақат ушбу усулни қўллаш етарли бўлмайди. Чунки, гидротехника иншоотларининг механик ускуналари шу жумладан затворлар турли даражада шўрланган сув ва тўпроқ таъсирида бўлади. Бундан ташқари сувдаги абразив заррачалар ва бошқа жисмлар конструкция элементларини механик емирилишига сабаб бўлади. Бу эса металл қопламалари ёки лок-бўёқ қопламаларини жуда тез муддатда емириб, коррозияни тезлатиб юборади.

Хулоса қилиб шуни таъкидлаш жоизки, гидротехника иншоотлари металл конструкцияларини лойihalашда ва қуришда ҳар бир элементнинг коррозияга турғунлигини таъминлаш чора – тадбирлари назарда тутилиши керак. Шундан келиб чиққан ҳолда затвор элементлари учун тўғри материал танланиши, яъни қуйи ва ўртача легирилган пўлатлардан фойдаланиш мақсадга мувофиқ бўлади. Чунки ушбу пўлатларнинг коррозияга турғунлиги оддий кам углеродли пўлатларнинг коррозияга турғунлигидан қариб 3...10 марта юқори бўлади. Бу эса эксплуатацион харажатларни камайтириб, мос равишда конструкциянинг хизмат муддатни оширади.

Бундан ташқари гидротехника иншоотларидаги металл конструкцияларни лойihalашда уларда сув ва лойқа тўпланиб қолишига қарши конструктив чора – тадбирларни қўллаш мақсадга мувофиқ бўлади ва гидротехника иншоотларининг мустаҳкамлигини, устуворлигини ва ишончилигини таъминлашга асос яратилади.

ҲОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР:

- 1.Ф.Горифулин, Г.Фелисов Материаловедения и технология металлов. изд.Оникс. 2009 йил 624 с.
- 2.Селленова И.В.,Флорианович Г.М. Коррозия и защита от коррозии. Изд.М.Физматлит. 2002. 33 с.
- 3.Андреев И.Н. “Введение в коррозиологию” Казань 2004 –йил. 140 с.
- 4.Англи Р. “Коррозия и защита от коррозии: пер. С. Англ Изд.Интеллект. 2013 йил 344 с

THEORETICAL-METHODOLOGICAL BASES OF ENSURING SUSTAINABILITY IN EMERGENCY SITUATIONS IN HYDRO-TECHNICAL CONSTRUCTIONS

Gulnoza MURTAZAEVA, ass. Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers.

Abstract: *A reservoir emergency may be an accident in a particular area, as well as a result of a hydro technical accident that has caused damage to human settlements and the environment near the reservoir.*

Аннотация: *Сув омборидаги фавқулодда вазият муайян ҳудуддаги аварияга олиб келиши мумкин бўлган, шунингдек, гидротехника иншоотининг аварияси натижасида вужудга келган бўлиб, сув омбори яқинидаги аҳоли яшаш масканларига ва атроф муҳитга зарар етказилишига олиб келган вазиятдир.*

Аннотация: *Аварийная ситуация в водохранилище может быть аварией в конкретной области, а также результатом гидротехнической аварии, которая нанесла ущерб населению и окружающей среде вблизи водохранилища.*

Ключевые слова: *dams, hydraulic structures, risk, stability, water level, durability, security.*

Damage to hydro technical structures at reservoirs will lead to accidents and catastrophes, as well as loss of life, destruction of industrial and agricultural facilities, and disturbance of life in the flooded areas.

There are many hydro dynamically hazardous facilities in the country, which are a source of danger to the population and the region, and in certain conditions can become a source of emergencies.

Hydro dynamically hazardous facilities are structures or natural structures that make a difference in the pre- and post-water levels along a stream. Most hydraulic structures consist of artificial and natural dams.

They have the following signs.

1. Dam
2. High bef
3. Lower bef

Bef is a part of the river adjacent to the pressure structure:

Upper bef is the pre-flow section of a river or canal, or the upper surface area of the river and the area it occupies:

The lower beam is the lower part of the river or canal following the flow structure, or the lower level of the water and the area occupied by it.

Dams in hydraulic structures can be natural and artificial. Artificial dams are built by people for their own needs. Natural dams are formed by landslides, mudflows, landslides, earthquakes.

The causes of emergencies in hydraulic structures are always affected by the following decomposing forces: water flow, vibration, earthquakes, static and dynamic forces, metal rusting, concrete mixing, and so on.

Some of the hydraulic structures are located near large cities and large populated areas, and are highly hazardous facilities. Damage to hydraulic structures can lead to flooding of large areas, including cities and towns. This results in huge economic losses.

Hydraulic structures may be damaged as a result of:

1. Dangerous natural phenomena natural disasters (earthquakes, landslides).
2. Natural wear and tear of equipment.
3. Design and construction errors.
4. Violation of Terms of Use.
5. Dam perforation A small hole in the dam body.
6. Dam failure
7. Washing the dam

All hydraulic hazardous facilities and potential flooding areas should be mapped out with appropriate damaging factors and indications.

These documents are in the offices and emergency departments, as well as in the ministries and departments that build and operate the hydraulic structures.

Consequences of hydro technical catastrophe:

1. Damage or damage of the hydraulic structure and short or long term failure
2. Wave waves can damage people and destroy various objects and structures

3. Damage to property, land, crops, structures, buildings and other infrastructure by flooding the area

The nature and extent of the disasters that may occur depends on the following factors:

- Indicators of hydraulic structures (water volume, dam height, equipment, durability);
- The nature and extent of the disorder;
- The characteristic of the hit wave;
- Surface relief, plants, structures;
- Season, day and night, weather conditions;
- Availability of protection structures (circulating ducts, discharges, elevations);
- Availability, functioning and efficiency of the system with limited reporting;
- Excellent management, organization and efficiency of emergency rescue and other emergency operations within emergency situations;
- Preparation of industrial facilities and population for possible emergency situations;

In addition to the initial damages and their consequences in hydraulic engineering facilities, the following secondary factors are:

- Contamination of water and surface by various harmful substances;
- Loss of durability of buildings and structures;
- Environmental disturbances in the environment;
- Other negative effects related to the site of the accident and specific conditions in the area.

Hydro technical organizations have a number of obligations to ensure their safety. According to him, the design, construction and operation of such hazardous facilities include an analysis of the reasons for its security decline, and the development and implementation of potential accident prevention measures.

Sustainability is the ability of hydraulic structures to operate in the face of natural and man-made emergencies. This is the first time the building was built during the design of buildings and technological networks.

Sustainability of hydraulic structures is understood to be able to continue operating at a fixed rate in the event of partial destruction of facilities.

Sustainable operation of hydraulic structures in emergencies is defined as work capacity, safety of workers, reduction of material damage, short-term recovery of defective production, prevention of accidents and damages on the basis of safety plans, emergency response.

Preparation of hydraulic structures for emergency situations is the creation of conditions to prevent or reduce the risk of accidents and catastrophes, to reduce material damage, as well as to reduce the risk of emergencies, taking into account the risk of emergencies pre-arranged organizational, scientific, research and technological activities for emergency rescue operations

and other emergency operations meteorological and engineering and technical measures.

Issues of improving the sustainability of hydraulic structures should be addressed both nationally and in all production units of the national economy. The essence of the understanding of sustainable operation of hydraulic structures is to provide pre-planned organizational, research, technological, engineering and technical measures, to minimize any damage and losses, to create conditions for rescue and urgent work, and to break the production in the shortest possible time rehabilitation and scheduled maintenance.

Assessment of the sustainable operation of hydraulic structures is a comprehensive study of working conditions. This process is very complex and should be covered in the following areas:

- Assessment of the operation of the facility as a result of emergency situations;
- Definition of the description and degree of impact of secondary traumatic factors;
- Consideration of the availability of reserves, autonomous sources of resources in case of emergency situations and studying of other components that support the work process;

The following should be taken into consideration when evaluating the sustainability of hydraulic structures.

1. Performance evaluation
2. The description and degree of impact of secondary injury factors as a result of an emergency
3. Manufacturing systems of the object and its production links, their reliability
4. Availability of resources, autonomous sources of supplies
5. Reliability of management and reporting systems

Also, the importance and essence of hydraulic structures, their location in relation to potential damages, size and density of construction, technological

characteristics, organization of protection for workers and personnel, determination of emergency conditions, conditions of emergence, etc.

Assessment of the object's stability, its engineering and technical complexity, will be the ability of the object to cope with the secondary damages caused by an emergency.

Measures for the sustainable operation of hydraulic structures include:

- Organizational;
- Scientific research;
- Technological;
- Engineering technician;

Organizational activities are the development of a contingency plan for the protection of workers.

Research activities are carried out by the Ministry of Water Resources and the Statistical Committee. Development and planning of engineering and other measures to prevent accidents and catastrophes of ministries, agencies, provincial and city governments, to minimize material damage to the economy, to improve the sustainability of networks and critical facilities and offers for implementation.

Technological is the activity developed based on the nature of each reservoir, the techniques and technologies used.

Engineer-technicians are the most important long-term actions that require significant capital investments.

The engineering and technical complexes include hydraulic structures, public utilities, equipment, equipment, technological communications and other facilities.

In identifying such measures, it is important to analyze all the factors that influence sustainable operations. This should address all emergencies. This should be done at the regional, regional and national levels.

REFERENCES:

1. G.Murtazaeva. International scientific-practical conference "Problems and prospects of effective water management in the context of globalization" Tashkent-2017
2. G.Murtazaeva. Study of technical condition of water reservoirs improvement. Agro Ilim Issue 6 (56), 2018
3. T.Haydarov, A.Khodjiev, G.Murtazaeva. Issues of improving the safety of hydraulic structures. «Agro Ilim» №3 (59), 2019
4. G.Murtazaeva, Sh.Khodjieva. Effective use of innovative methods in teaching life safety for hydraulic engineers Proceedings of the International Scientific-Practical Conference "Promoting the Efficiency, Reliability and Security of Hydraulic Engineering Facilities", Vol. Tashkent - 2018
5. www.mchs.ru.