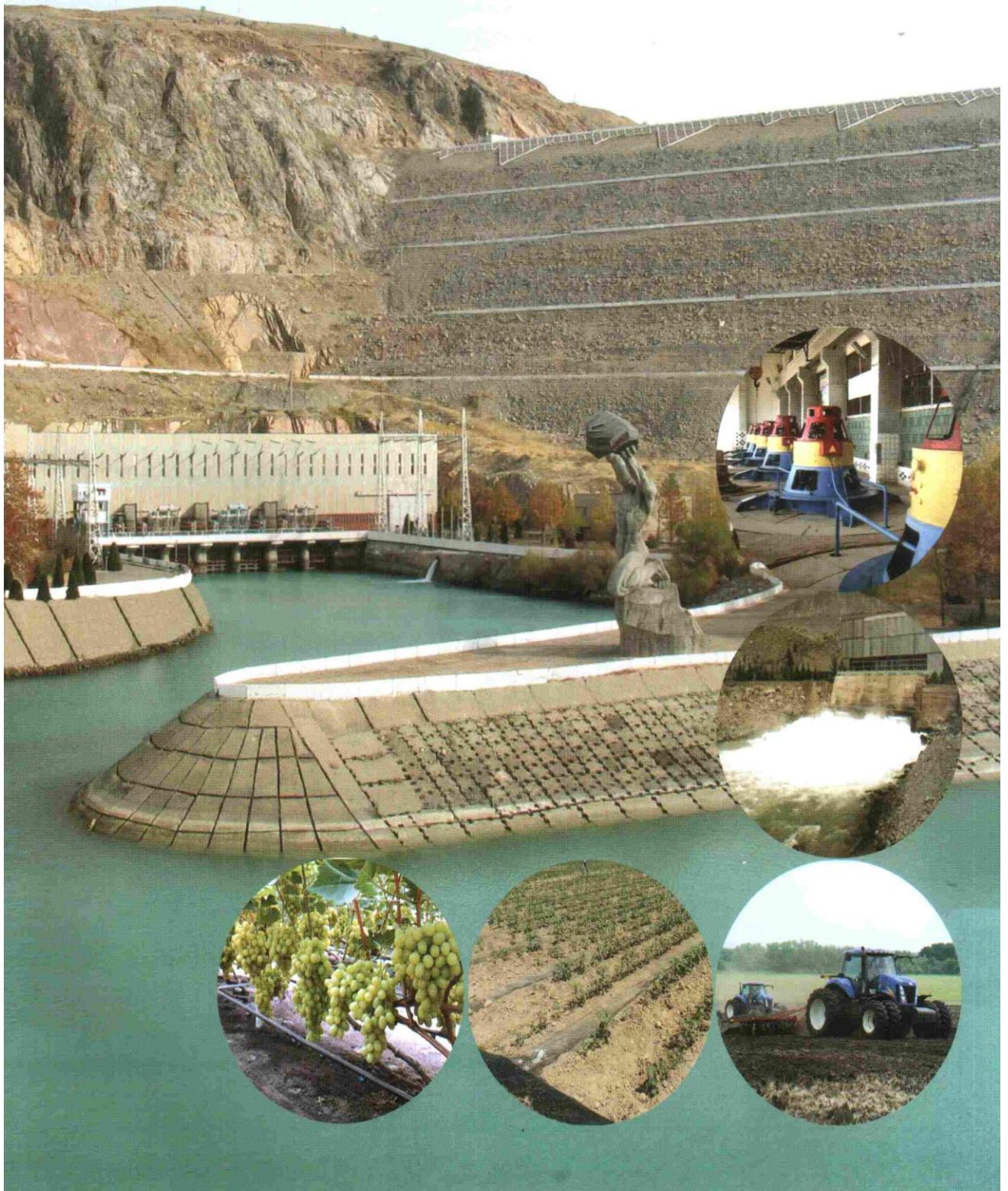


ISSN 2181-8584

IRRIGATSIYA va MELIORATSIYA

№3(13). 2018



Муассис:

Тошкент ирригация ва қишлоқ
хўжалигини механизациялаш
муҳандислари институти
(ТИҚХММИ)

Манзил: 100000,

Тошкент ш.,
Қори-Ниёзий, 39. ТИҚХММИ

Бош муҳаррир:

Султонов Тохиржон
Закирович

Илмий муҳаррир:

Салоҳиддинов
Абдулҳаким
Темирхўжаевич

Таҳрир ҳайъати:

проф. Ў. Умурзаков;
қ.х.ф.н. Ш. Ҳамраев;
т.ф.н. Х. Ишанов;
акад. М. Мирсаидов;
проф. М. Ҳамидов;
проф. М. Бакиев;
проф. О. Рамазанов;
т.ф.д. Б. Мирзаев;
проф. Ш. Раҳимов;
проф. О. Арифжанов;
проф. О. Гловацкий;
проф. Р. Икрамов;
проф. Б. Серикбаев;
проф. А. Чертовичкий;
проф. А. Султонов;
проф. З. Исмаилова;
т.ф.д. И. Махмудов;
қ.х.ф.д. С. Исаев;
А. Сулаймонов.

Таҳрир кенгаши таркиби:

проф. Н. Ватин (Санкт-Петербург);
проф. Ю. Иванов (Россия);
проф. Д. Козлов (Москва);
акад. Б. Кизяев (Россия);
проф. J. Lubos (Словакия);
проф. П. Коваленко (Украина);
проф. Н. Ханов (Россия);
PhD. Krishna Prasad (Hennal);
E-mail: i_m_jurnal@e-tiame.uz
internet: www.jurnal.tiame.uz

«Irrigatsiya va Melioratsiya»
журнали илмий-амалий, аграр-
иқтисодий соҳага ихтисослашган.
Журнал Ўзбекистон Матбуот ва
ахборот агентлигида 2015 йил
4 мартда 0845-рақам билан
рўйхатга олинган.

Журнал «Sirius Class» тезкор матбаа
корхонасида тайёрланди.
Манзил: Тошкент ш., Чилонзор
тумани, Олмазор даҳаси, 14-уй.
«Vorix Print» МЧЖ босмахонасида
чоп этилди.

Адади: 1970 нусха. Буюртма № 4.
Босишга топширилди: 23.08.2018 й.

Муҳаррир:

т.ф.н. С.С. Ходжаев.

Дизайнерлар:

М.П. Ташханова;
О.Э. Норбеков.

Обуна индекси: 1285

ИРРИГАЦИЯ ВА МЕЛИОРАЦИЯ

- И.Т. Карабаев, Ф.М. Хасанова
Ўсимлик қолдиқларини қолдиришнинг тупроқнинг сув
ўтказувчанлиги ҳамда экинларнинг ўсиб- ривожланишига
таъсири..... 5

ГИДРОТЕХНИКА ИНШОТЛАРИ ВА НАСОС СТАНЦИЯЛАР

- М.Р. Бакиев
Анализ проблем надежной и безопасной эксплуатации
грунтовых плотин водохранилищных гидроузлов..... 10
- М. Мамажонов, Б.М. Шакиров, Н.А. Мамажонова
Полигонал кесим юзали сув олиш иншоотини гидравлик
иш тартиби..... 14
- М.М. Мирсаидов, Т.З. Султанов, Ж.А. Ярашов, Э.С. Тошматов
Б.Ш. Юлдашев, Д.Ф. Руми
Оценка напряженно-деформированного состояния грунтовых
плотин с учетом геометрической нелинейности при
статических нагрузках..... 18
- Ш.О. Худайназаров, Б.Ш. Юлдашев, Б.Х. Уринов
Ж.А. Ярашов, Э.С. Тошматов
Исследование установившихся колебаний грунтовых
сооружений..... 24

- А.М. Клевцов, Э.Э. Скрыпник
Применение бетонного полотна для строительства и реновации
гидротехнических и ирригационных сооружений..... 30

Э.К. Кан

- Баланс потерь энергии в центробежном насосе при изменении
частоты вращения рабочего колеса..... 34

- А.Т. Базарбаев, М.К. Байекенова, Е.Д. Жапаркулова
М.С. Набиоллина, А. Аманбаев, Б.А. Зулпыхаров
Методика прогнозных расчетов волны прорыва при гидродина-
мических авариях водохранилищных плотин..... 38

М. Vacchelli, G. Lilliu

- The use of geomembranes to increase efficiency, reliability and
safety of hydrotechnical structures..... 42

И.А. Торгоев, Х.Б. Хавенит

- Геофизический мониторинг и оценка устойчивости
взрывонабросной плотины Камбаратинской ГЭС-2..... 48

ИРРИГАЦИЯ ВА МЕЛИОРАЦИЯ ИШЛАРИНИ МЕХАНИЗАЦИЯЛАШ

- Б.М. Кизяев, Н.Б. Мартынова
Система машин для комплексной механизации мелиоративных
работ. История создания и перспективы..... 53

УДК: 627.824:624.624.131

ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ГРУНТОВЫХ ПЛОТИН С УЧЕТОМ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ НЕЛИНЕЙНОСТИ ПРИ СТАТИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ

*М.М. Мирсаидов - д.т.н., профессор, академик
Т.З. Султанов - д.т.н., доцент, Ж.А. Ярашов - докторант
Э.С. Тошматов - ассистент, Б.Ш. Юлдашев - ст. преподаватель.
Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства
Д.Ф. Руми - к.т.н., старший научный сотрудник
Институт механики и сейсмостойкости сооружений АН РУз*

Аннотация

В данной работе приводится математическая постановка, методы и алгоритмы оценки напряженно-деформированного состояния грунтовых сооружений с учетом геометрического нелинейного деформирования грунта при статических воздействиях. В ходе исследований выявлено, что учет геометрически нелинейной деформации грунта приводит к заметному изменению НДС в высотных сооружениях и приводит к увеличению всех компонент напряжений. При этом в верхней части стыка ядра с переходной зоной и верховым откосом наблюдается большая концентрация напряжений являющаяся причиной нарушения прочности в этих зонах грунтовых плотин.

Ключевые слова: грунтовые плотины, напряженно-деформированное состояние, нелинейность, неоднородность напряжения, деформация, прочность.

ГЕОМЕТРИК ЧИЗИҚСИЗЛИКНИ ҲИСОБГА ОЛГАН ҲОЛДА СТАТИК КУЧЛАР ТАЪСИРИДАГИ ГРУНТЛИ ТЎҒОНЛАРНИНГ КУЧЛАНГАНЛИК ДЕФФОРМАЦИЯ ҲОЛАТЛАРИНИ БАҲОЛАШ

*М.М. Мирсаидов, Т.З. Султанов, Ж.А. Ярашов
Э.С. Тошматов, Б.Ш. Юлдашев, Д.Ф. Руми*

Аннотация

Ушбу мақолада грунтнинг геометрик чизиқсиз деформацияланишини ҳисобга олган ҳолда грунтли иншоотларнинг кучланганлик – деформация ҳолатларини баҳолаш масаласининг математик қўйилиши, ечиш усули ва алгоритми келтирилган. Тадқиқотлар давомида грунтнинг геометрик чизиқсиз деформацияланишини ҳисобга олиниши баланд иншоотларнинг барча кучланиш компонентларини ортиши ва кучланганлик – деформация ҳолатларини сезиларли даражада ўзгартириши аниқланди. Бунда тўғоннинг юқори қисмидаги ядро билан туташ жойлар ва юқори призмада кучланишлар концентрациясини ортиши ва тўғоннинг бу жойларида мустаҳкамликнинг бузилишига олиб келиш ҳолатларини кузатилиши аниқланди.

Таянч сўзлар: грунтли тўғон, кучланганлик деформация ҳолати, чизиқсизлик, бир жинссизлик, кучланиш, деформация, мустаҳкамлик.

ASSESSMENT OF STRESS-STRAIN STATE OF EARTH DAMS WITH ACCOUNT OF GEOMETRICAL NONLINEARITY UNDER STATIC LOADS

*M.M. Mirsaidov, T.Z. Sultanov, Zh.A. Yarashov
E.S. Toshmatov, B.Sh. Yuldoshev, D.F. Rumi*

Abstract

Mathematical formulation, methods and algorithms for estimating the stress-strain state of earth structures with account of geometric nonlinear strain of soil under static effects are given in the paper. In the course of studies it was revealed that an account of geometrically nonlinear strain of soil leads to a noticeable change in stress-strain state of high-rise structures and to an increase in stress components. High concentration of stresses, which are the cause of strength damage in the zones of earth dams, is observed in the upper part of the kernel joint with the transition zones and the uphill slope.

Key words: earth dams, stress-strain state, nonlinearity, heterogeneity, stress, strain, strength.

действует давление воды, а на Σ_p поверхности гребня Σ_p - приложена внешняя нагрузка.

Здесь: $V = V_1 + V_2 + V_3$ - объем тела плотины (V_1, V_3 - объемы верхней и нижней упорных призм, V_2 - объем ядра); Σ_1, Σ_2 - поверхности береговых склонов, Σ_0 - поверхность основания по дну, а $\Sigma \cdot \Sigma_p \cdot \Sigma_s$ - поверхности упорных призм и гребня.

Для моделирования процесса деформирования и динамики плотин (рис.1) в пространственной постановке используем вариационное уравнение Лагранжа, основанное на принципе Даламбера, для неоднородных деформируемых трехмерных тел:

$$\int_{V_1} \sigma_{ij} \delta \varepsilon_{ij} dV - \int_{V_2} \sigma_{ij} \delta \varepsilon_{ij} dV - \int_{V_3} \sigma_{ij} \delta \varepsilon_{ij} dV - \int_V \bar{f} \delta \bar{u} dV + \int_{\Sigma_p} \bar{p} \delta \bar{u} dS + \int_{\Sigma_s} \bar{P} \delta \bar{u} d\Sigma = 0, \quad i, j = 1, 2, 3. \quad (1)$$

Здесь, \bar{u} , ε_{ij} , σ_{ij} - соответственно, вектор перемещений, тензоры деформаций и напряжений; $\delta \bar{u}$, $\delta \varepsilon_{ij}$ - изохронные вариации перемещений и деформаций; ρ_n - плотность материала элементов рассматриваемой системы (индекс $n = 1, 2, 3$ означает часть системы, к которой относится данная величина); \bar{f} - вектор массовых сил; \bar{P} - вектор внешних сил, приложенных к площади Σ_p ; \bar{p} - давление воды (сумма гидродинамического и гидростатического давлений [21]), возникающее в результате взаимодействия сооружения с водной средой и определяемое в точке (x_i, x_j) .

Далеко не все вопросы работы грунта под нагрузкой выяснены до конца. На этот счет существует много различных теорий, более или менее сложно реализуемых в решении конкретных задач. Одна из важных проблем здесь - учет нелинейного деформирования сооружений, в частности, геометрически нелинейного деформирования, т.е. конечной деформации [14, 18, 19].

В теоретическом плане геометрически - нелинейное деформирование при решении конкретных задач заключается в удержании в компонентах тензора деформации ε_{ij} не только линейных, но и квадратичных членов от производных перемещений по координатам, т.е.:

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2} (u_{i,j} + u_{j,i} + u_{i,j} * u_{i,j}), \quad i, j, \ell = 1, 2, 3 \quad (2)$$

Во всех рассматриваемых задачах вектор перемещений в пространственной системе координат $\bar{x} = \{x_1, x_2, x_3\} = \{x, y, z\}$ имеет три компоненты $\bar{u} = \{u_1, u_2, u_3\} = \{u, v, w\}$.

Далее при создании математических моделей учитываются следующие граничные условия:

$$\bar{x} \in \Sigma_0: \bar{u} = 0 \quad (3)$$

Теперь общую вариационную задачу можно сформулировать следующим образом: необходимо определить поля перемещений \bar{u} , деформаций ε_{ij} и напряжений σ_{ij} в нелинейной неоднородной пространственной системе (рис.2.7), возникающие под действием массовых (\bar{f}), внешних сил (\bar{P}), а также давления воды \bar{p} , удовлетворяющие уравнениям (1), (2) и соответствующие граничным условиям (3) при любом возможном перемещении $\delta \bar{u}$.

1.2. Метод и алгоритм решения задачи

1.2.1. Для неоднородной линейной упругой системы (рис.1), находящейся под действием статической нагрузки, вариационное уравнение (1) с использованием процедуры метода конечных элементов сводится к

решению системы линейных алгебраических уравнений N - ого порядка -

$$[K] \{u\} = \{F\} \quad (4)$$

в которой элементы матрицы жесткости системы постоянны и зависят только от упругих физико-механических параметров материала сооружения.

1.2.2. Для геометрически нелинейных неоднородных упругих систем (рис.1), находящихся под действием статической нагрузки, вариационное уравнение (1) с использованием процедуры метода конечных элементов [[8,22]], сводится к решению системы нелинейных алгебраических уравнений N - ого порядка -

$$[K(u)] \{u\} = \{F\} \quad (5)$$

в которой элементы матрицы жесткости $[K(u)]$ переменны и зависят не только от геометрических и физических параметров сооружения, но и от узловых перемещений; $\{u\}$, $\{F\}$ - вектор внешней нагрузки от массовых сил, гидростатического давления воды.

Далее система нелинейных алгебраических уравнений (5), заменяется эквивалентной системой вида [8,23]:

$$[K] \{u\} = \{F\} - [K_n(u)] \{u\} \quad (6)$$

где $[K]$ - матрица жесткости линейно-упругой задачи; $[K_n, \{u\}]$ - нелинейная часть матрицы жесткости, зависящая от перемещения узлов системы, полученная в результате выделения из матрицы $[K(u)]$ ее линейной составляющей $- [K]$.

Для решения уравнения (6) используется метод последовательного приближения [23], сходимость которого определяется выбором начального приближения $\{u_0\}$. В качестве начального приближения используется решение линейно-упругой задачи:

$$[K] \{u_0\} = \{F\} \quad (7)$$

Дальнейшие приближения находятся по формуле:

$$[K] \{u_{s+1}\} = \{F\} - [K_n, \{u_s\}] \{u_s\}, \quad s = 0, \dots, n \quad (8)$$

Критерием окончания итерации является выполнение условия:

$$|u_{i,s+1} - u_{i,s}| \leq \varepsilon \quad (9)$$

где ε - заданная точность.

2. Результаты оценки напряженно-деформированного состояния

В данном разделе с помощью разработанной методики, алгоритма и программы расчета на ЭВМ исследуется напряженно-деформированное состояние грунтовых плотин при различных статических нагрузках с учетом геометрической нелинейности: 1) Гиссаракская плотина: высота $H = 138.5$ м, ширина гребня $b_g = 16.0$ м, заложение откосов $m_1 = 2.2$ и $m_2 = 1.9$; 2) Пачкамарская плотина: высота $H = 70.0$ м, ширина гребня $b_g = 8.0$ м, заложение откосов $m_1 = 2.0$ и $m_2 = 2.0$. При конкретных расчетах учитывались неоднородность, конструктивные особенности, реальная геометрия и упругие характеристики материала для каждого отдельного участка сооружения.

2.1. Определялись компонент напряжений для моделей однородных грунтовых плотин различной высоты ($H = 25$ м; $H = 50$ м; $H = 70$ м). Остальные геометрические и физико-механические параметры моделей оставались неизменными: $m_1 = 2.0$; $m_2 = 2.0$; $E = 83500$ тс/м²; $\gamma = 1.9$ тс/м³; $\mu = 0.3$. После проведения расчетов сравнивались результаты, полученные с учетом и без учета геометрической нелинейности.

На рис.2 показано относительное различие (в %) результатов линейного и нелинейного расчета компонент

напряжений в центральном сечении плотин под действием собственного веса сооружения. Разница определялась по формуле $((\sigma_{ij}^{nl} - \sigma_{ij}^l) * 100\%) / \sigma_{ij}^l$. Здесь: σ_{ij}^l - компонента напряжений линейного расчета, σ_{ij}^{nl} - компонента напряжений с учетом геометрической нелинейности.

Результаты (рис.2), полученные для однородных плотин различной высоты показывают, что учет геометрической нелинейности увеличивает напряжения при каждом двадцатиметровом увеличении высоты сооружения приблизительно на 2% по сравнению с линейным расчетом.

2.2. Рассмотрено НДС однородной Гиссаракской грунтовой плотины под действием собственного веса с учетом геометрической нелинейности.

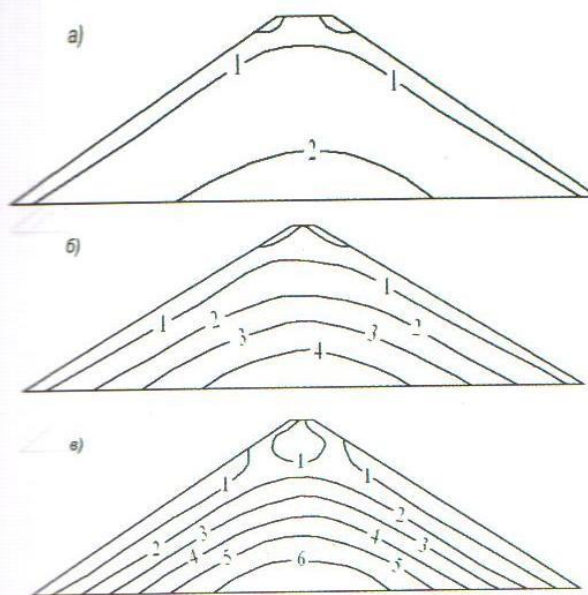


Рис.2. Изолинии разницы (в %) линейного и нелинейного расчета напряжений σ_{22} в сечении однородных плотин различной высоты: H=25м - (а); H=50м - (б); H=70м - (в)

На рис.3 показаны изолинии напряжений σ_{11} в однородной Гиссаракской плотине под действием собственного веса сооружения с учетом геометрической нелинейности (рис.3 а) и изолинии разницы (в %) между результатами линейного и геометрически нелинейного расчетов - (рис.3б).

На рис.4 показаны изолинии напряжений σ_{22} для рассматриваемой плотины с учетом геометрической нелинейности (рис.4а) и разницы (в %) между линейным и геометрически нелинейным расчетами - (рис.4б).

Анализ результатов рис.3 и рис.4 показывает, что в высоких сооружениях проявляются нелинейные составляющие деформации. Учет нелинейных составляющих при расчете дает отличие по сравнению с линейным расчетом в 15-20%, что подтверждает сделанные ранее выводы по результатам рис.2 для однородного сооружения, что с увеличением высоты на каждые 20 м учет геометрической нелинейности увеличивает значения компонент напряжений примерно на 2%.

2.3. Проведена оценка НДС неоднородной Гиссаракской грунтовой плотины с учетом геометрически нели-

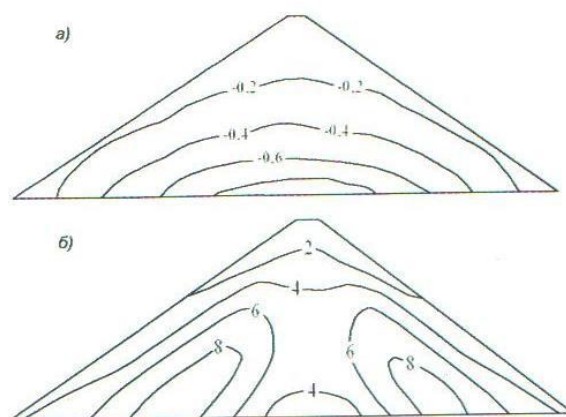


Рис.3. Изолинии горизонтальных напряжений σ_{11} (МПа) в сечении однородной плотины под собственным весом с учетом геометрической нелинейности-(а) и разницы (в %) между линейным и нелинейным расчетами - (б).

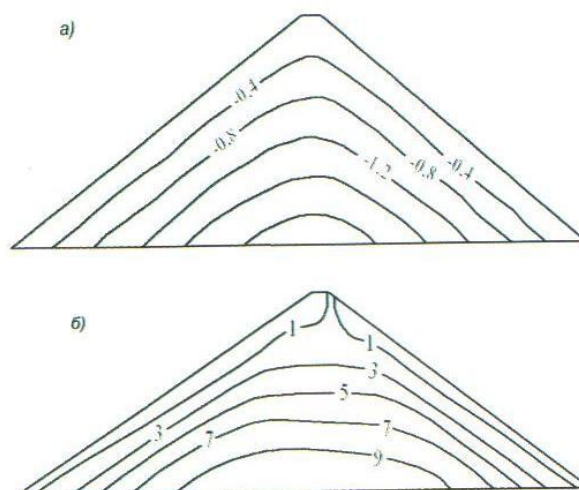


Рис.4. Изолинии горизонтальных напряжений σ_{22} (МПа) в сечении однородной плотины с учетом геометрической нелинейности (а) и разнице (в %) между линейным и нелинейным расчетами (б)

нейного деформирования. Неоднородность конструкции связана с наличием ядра в центре плотины.

На рис.5 показаны изолинии напряжений σ_{11} для неоднородной Гиссаракской плотины под собственным весом с учетом геометрической нелинейности - (а), а также различие в напряжениях по линейным и нелинейным расчетам (в %) - (б).

Анализ результатов рис.5 показывает, что для неоднородной плотины учет геометрической нелинейности приводит к некоторому изменению горизонтальных напряжений σ_{11} в откосах, в верховом откосе и ядре. При этом в нижней части верхового откоса появляется большая вероятность, по сравнению с упругим случаем, возникновения выпора грунта, а на границе с ядром - большая вероятность появления трещин.

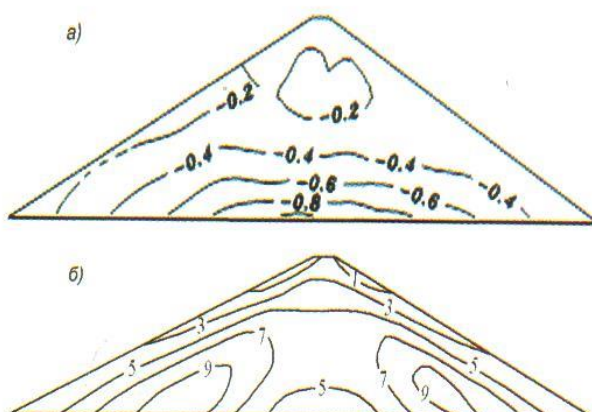


Рис.5. Изолинии горизонтальных напряжений $\sigma_{11}^н$ (МПа) в сечении неоднородной Гиссаракской плотины с учетом геометрической нелинейности (а) и разница между линейным и нелинейным расчетами (в %) – (б).

Изолинии главного напряжения в центральном сечении неоднородной плотины $\sigma_1^н$, полученные с учетом геометрической нелинейности, а также изолинии разницы между напряжениями $\sigma_1^н$ и $\sigma_1^л$ (в %), приведены на рис.6.

Здесь (рис.6б) также наблюдается отличие (до 10%) главных напряжений, полученных при нелинейном ($\sigma_1^н$) и линейном ($\sigma_1^л$) расчетах. Тем самым подтверждается, что учет неоднородности конструкции приводит к увеличению сжимающих напряжений, по сравнению с однородным сооружением по всему телу плотины, причем в большей степени – в центральной части ядра.

На рисунке 7 показаны изолинии интенсивности напряжений $\sigma_1^н$ в центральном сечении неоднородной Гиссаракской плотины под собственным весом: геометрически нелинейный расчет (рис.7а) и разница (%) между ($\sigma_1^л$) и ($\sigma_1^н$) - рис.7 б, а также между максимальными касательными напряжениями τ_{max} в линейном и нелинейном расчетах (рис.7в).

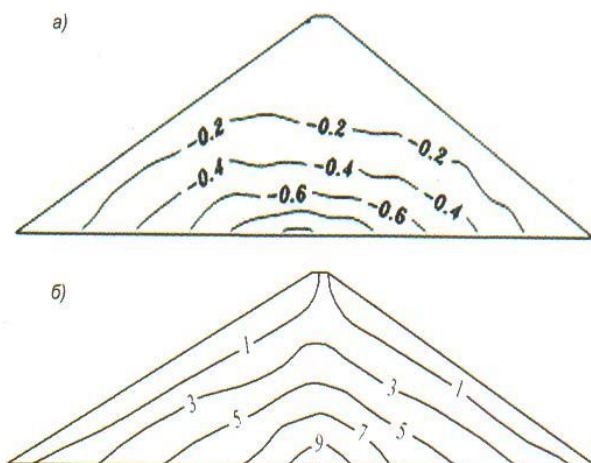


Рис.6. Изолинии главного напряжения $\sigma_1^н$ (МПа) в сечении неоднородной плотины с учетом геометрической нелинейности - (а) и изолинии различия (в%) между линейным и нелинейным расчетом - (б).

Из рис.7б также видно значительное (до 10%) отличие интенсивности напряжений $\sigma_1^н$ для неоднородных плотин с учетом геометрической нелинейности по сравнению напряжениями $\sigma_1^л$, полученными в рамках линейной задачи (для неоднородного сооружения) и отличие в значениях τ_{max} , максимум которого приходится на стыки ядра откоса, что может также привести к образованию трещин в пригребневой зоне и по стыкам разнородных по материалу (грунту) участков плотины.

Отмеченные эффекты возникают в высоких неоднородных плотинах. Поэтому при оценке прочности высоких сооружений необходим учет геометрически нелинейного деформирования и реальных конструктивных особенностей.

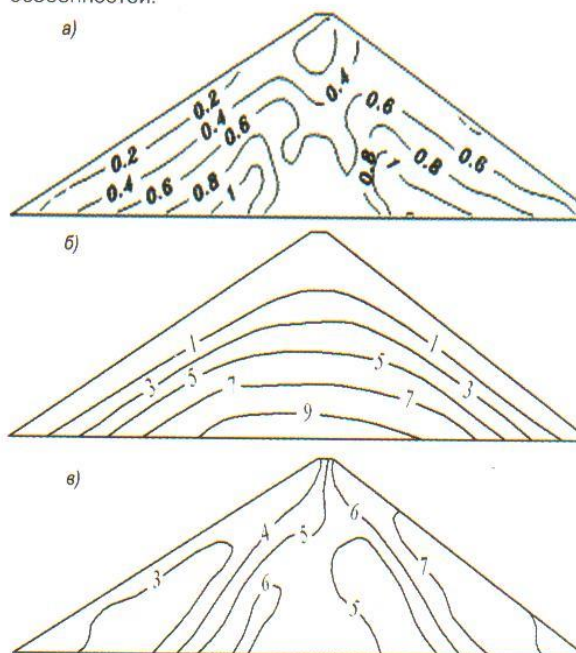


Рис.7. Изолинии интенсивности напряжений $\sigma_1^н$ (МПа) в сечении неоднородной Гиссаракской плотины с учетом геометрической нелинейности (а) и изолинии различия (в%) $\sigma_1^л$ - (б) и τ_{max} - (в)

Выводы.

1. Разработаны методы, алгоритмы и программы на ЭВМ для оценки напряженно-деформированного состояния неоднородных грунтовых плотин с учетом геометрической нелинейности при статических нагрузках.

2. Исследования НДС грунтовых плотин при статических воздействиях с учетом геометрически нелинейной деформации показали, что учет конечной деформации приводит к заметному изменению НДС в высотных сооружениях и приводит к увеличению всех компонент напряжений приблизительно на 2% (по сравнению с линейным случаем) при увеличении высоты сооружения на каждые 20 метров.

3. Учет конструктивной неоднородности и геометрической нелинейности сооружения при статических воздействиях приводит к изменению полей напряжений, по сравнению с однородным сооружением. При этом в верхней части стыка ядра с переходной зоной и верховым откосом наблюдается большая концентрация напряжений, являющаяся причиной нарушения прочности в этих зонах.

Данная работа была доложена на Международной научно-практической конференции «Повышение эффективности, надежности и безопасности гидротехнических сооружений» проведенная 22-23 мая 2018 года в г.Ташкенте и рекомендована к публикации в журнале "Irrigatsiya va melioratsiya".

Список использованной литературы:

1. Вступительное слово заместителя министра по чрезвычайным ситуациям Республики Узбекистан Т.Д. Турагалова. //Материалы Республиканской научно-практической конференции "Проблемы надёжности и безопасности гидротехнических сооружений", посвященной 60-летию факультета «Строительство и эксплуатация ирригационных гидротехнических сооружений», 22-23 ноября 2006 г. – Ташкент: «Узбекистан», 2006. – С.19-21.
2. Бакиев М.Р. Оценка надежности и безопасности водохранилищных гидроузлов. //Материалы Республиканской научно-практической конференции "Проблемы надёжности и безопасности гидротехнических сооружений" посвященной 60-летию факультета «Строительство и эксплуатация ирригационных гидротехнических сооружений», 22-23 ноября 2006 г. – Ташкент: «Узбекистан», 2006. – С.21-24.
3. Мирцхулава Ц.Е. Надежность гидротехнических сооружений. -М.: 1974.
4. Глаговский В.Б., Финагенов О.М. Оценка безопасности грунтовых гидротехнических сооружений при землетрясении//Известия ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. 2000. -Т. 238. -С. 28-33.
5. Зарецкий Ю.К., Ломбардо В.Н. Статика и динамика грунтовых плотин. М.: Энергоиздат, 1983.-256 с.
6. Красников Н. Д. Сейсмостойкость гидротехнических сооружений из грунтовых материалов.- М.: Энергоиздат, 1981.- 240 с.
7. Ляхтер В.М., Ивашенко И.Н. Сейсмостойкость грунтовых плотин. -М.: Наука, 1986. - 233 с.
8. Мирсаидов М.М. Теория и методы расчета грунтовых сооружений на прочность и сейсмостойкость.- Ташкент: Фан, 2010.-312 с.
9. Mirsaidov M. M., Sultanov T. Z. Theory and Methods of Strength Assessment of Earth Dams. Lambert Academic Publishing. Saarbrücken/ Deutschland \ Germany\ , 2015. 341 p.
10. Ахмедов М.А., Салямова К.Дж. Анализ и оценка повреждений гидротехнических сооружений.- Ташкент: "Фан ва технология", 2016, 160 с.
11. Рассказов Л.Н., Бестужева А.С. Сейсмостойкость грунтовых плотин / Гидротех.строительство. - М.:1997. - №3. - С.13-19.
12. 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.
13. Mirsaidov, M.M., Sultanov, T.Z., Khodzhaev, D.A. Assessment of the Stress-Strain State of Earth Dams. Civil-Comp Press, Stirlingshire, UK, Paper 108, 2012. doi:10.4203. Pp.100-118. URL: <http://www.ctresources.info/csp/paper.html?id=7248>.
14. Mirsaidov, M.M., Sultanov, T.Z. Assessment of stress-strain state of earth dams with allowance for non-linear strain of material and large strains. Magazine of Cive Engineering, 2014. No. 5. Pp.73-82. doi: 10.5862/MCE.49.8.
15. Sultanov, T.Z., Khodzhaev, D.A., Mirsaidov, M.M., The assessment of dynamic behavior of heterogeneous systems taking into account non-linear viscoelastic properties of soil. . Magazine of Cive Engineering, 2014. No. 1. Pp.80-89. doi: 10.5862/MCE.45.9.
16. Султанов К.С. Нелинейный закон деформирования мягких грунтов// Прикладная математика и механика. Т.62. -М., 1998. Вып.3. - С. 503-511.
17. Султанов К.С. Волновая теория сейсмостойкости подземных сооружений.-Ташкент: «Фан», 2016, - 392 с.
18. Koltunov M.A., Mirsaidov M., Troyanovskii I.E. Transient vibrations of axisymmetric viscoelastic shells. Polymer Mechanics. 1978. No.2. Pp.290-295.
19. Ishmatov A.N., Mirsaidov M. Nonlinear vibrations of an axisymmetric body acted upon by pulse loads// Soviet Applied Mechanics (Prikladnaya Mekhanika, Vol. 27, No. 4, 1991 Pp. 68-74.
20. Салямова К.Д. Нестационарные задачи грунтовых сооружений при сейсмических воздействиях с учетом упругопластических свойств материала // Ж.: Проблемы механики. – Ташкент, 2003. – №4. – С. 12-15.
21. Мирсаидов М., Маткаримов П.Ж. Динамическая задача для грунтовых сооружений, взаимодействующих с жидкостью // Доклады АН РУз. –Ташкент, 2007. – №1. – С. 25-28.
22. Бате К., Вилсон Е. Численные методы анализа и МКЭ. – Москва. – Стройиздат. 1982. – 448 с.
23. Калиткин Н.Н. Численные методы.– Москва: Наука. – 1978. – 512 с.