

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
Физико-механический институт
Высшая школа теоретической механики и математической физики

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

Моделирование упруго-деформируемого состояния плотины
по дисциплине «Вычислительная механика»

Выполнила
студент гр.5030103/90301

М.А. Бенюх

Руководитель
доцент, к.ф.-м.н.

Е.Ю. Витохин

« 26 » мая 2022 г.

Санкт-Петербург
2022

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.	3
1. Информация об объекте моделирования.	4
2. Постановка задачи.	5
3. Алгоритм работы.	5
4. Результаты и анализ.	7
Заключение.	11
Список использованной литературы	11

Введение

В рамках данного курсового проекта будет проведено математическое моделирование упруго-деформируемого состояния действующей бетонной гравитационной плотины, результаты которого в дальнейшем могут послужить для работ по ее модернизации и снижения рисков по разрушению.

1. Информация об исследуемом объекте

Buffalo Bill Dam представляет собой бетонную арочно-гравитационную плотину на Река Шошон в США штат из Вайоминг. Он назван в честь известного Дикого Запада деятеля Уильяма «Буффало Билла» Коди, который основал соседний город Коди и владел большей частью земли, которая сейчас покрыта резервуар, образованный его постройкой. Плотина является частью проекта Шошонов, преемника нескольких дальновидных планов, продвигаемых Коди, по орошению бассейна Бигхорн и превращению его из полузасушливой покрытой полыньей равнины в продуктивные сельскохозяйственные угодья. Известная во время строительства как плотина Шошон, она была переименована в 1946 году в честь Коди.

Плотина представляет собой бетонная арочно-гравитационная плотина шириной 70 футов (21 м) у основания и 200 футов (61 м) на гребне, с первоначальной высотой 325 футов (99 м). Бетонная конструкция имеет глубину 108 футов (33 м) в основании, сужаясь до 10 футов (3,0 м) на гребне, с объемом бетона 82 900 кубических ярдов (63 400 м). Он закреплен в докембрийских гранитных породах с обеих сторон.



Рис.1. Фотография плотины (2008 г)

Водосброс представляет собой неконтролируемый водослив на южной стороне, шириной 298 футов (91 м), спускающийся через туннель в левом устье [1].

2. Постановка задачи

Требуется построить трёхмерную модель бетонной плотины Buffalo Bill. Нагрузить объекты собственным весом и гидростатическим давлением, создаваемым водой.

Получить поля распределения перемещений, напряжений и деформаций, возникающих в плотине и рельефе. В качестве исходных данных взять чертеж рельефа и водохранилища (Рис.2.)

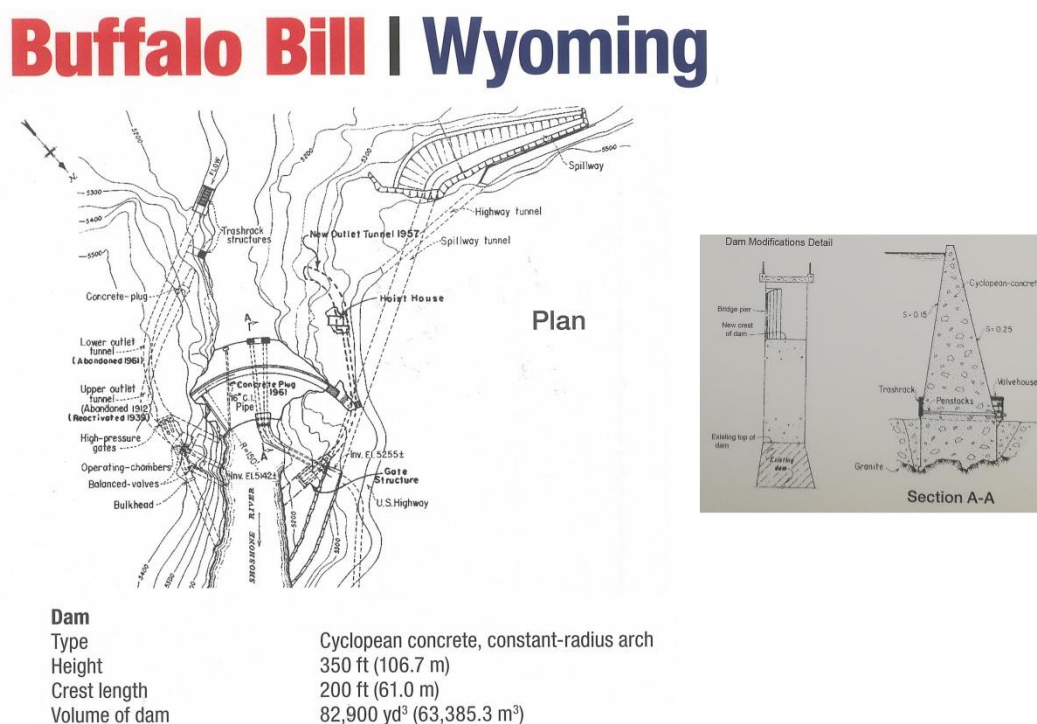


Рис.2. Чертеж плотины

3. Алгоритм работы

- В программном пакете AutoCAD Autodesk [2] восстановить рельеф по горизонталям и смоделировать плотину.

- Импортировать трехмерную модель в ABAQUS [3]. Задать материалы объектам. Определить НПУ, задать граничные условия и нагрузки. Получить поля распределения перемещений, напряжений и деформаций, возникающих в плотине и рельефе.
- Провести анализ результатов.

Параметры задачи:

- Плотность плотины (бетон) – $2700 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$
- Модуль упругости плотины – 19000 Мпа
- Коэффициент Пуассона плотины – 0.2
- Плотность участка рельефа (Камень) – $2500 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$
- Модуль упругости плотины – 22000 Мпа
- Коэффициент Пуассона плотины – 0.2
- Ускорение свободного падения – $9.8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$
- Плотность воды - $1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

Задание нагрузок и граничных условий:

- $U_1 = UR_2 = UR_3 = 0$ – Запрещаем перемещения по оси Oх и вращательные степени свободы
- $U_2 = UR_1 = UR_3 = 0$ - Запрещаем перемещения по оси Oy и вращательные степени свободы
- $U_2 = UR_1 = UR_3 = 0$ - Запрещаем перемещения по оси Oz и вращательные степени свободы
- Гидростатическое давление $P = \rho g(h - Y)$, действующее на сторону плотины и окружающий рельеф
- Сила тяжести $F = -mg, g = 9.8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

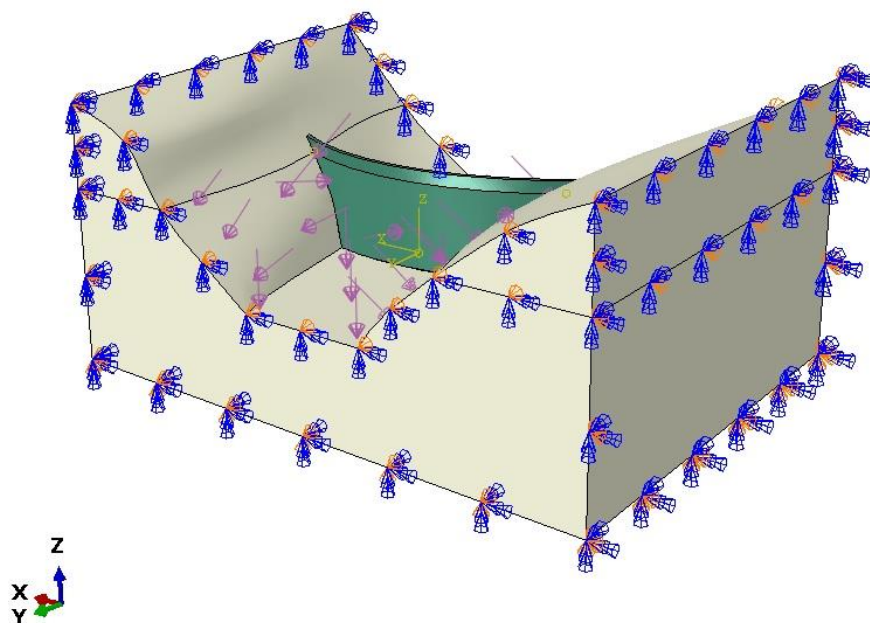


Рис.3 Граничные условия и нагрузки

4. Результаты

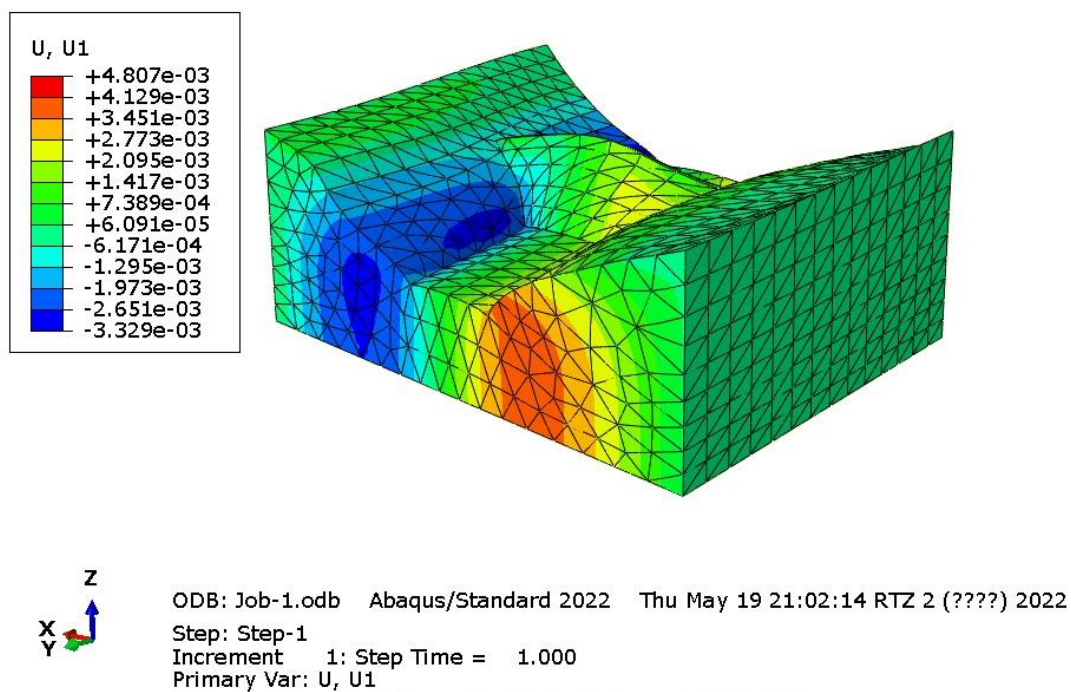
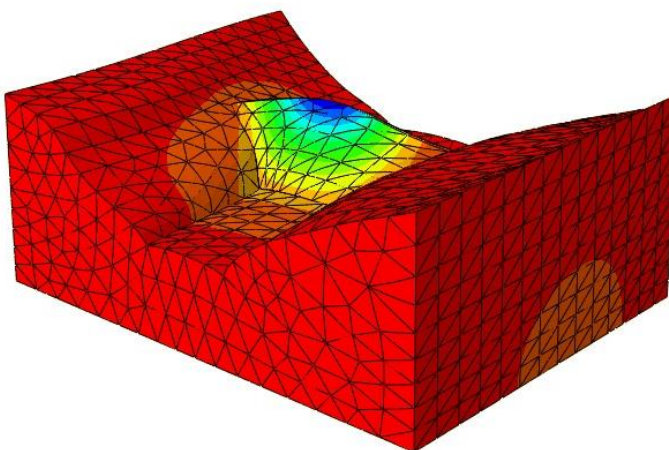
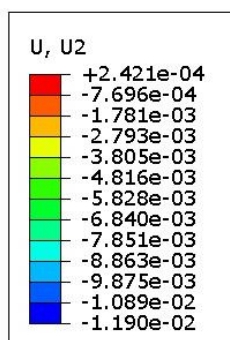
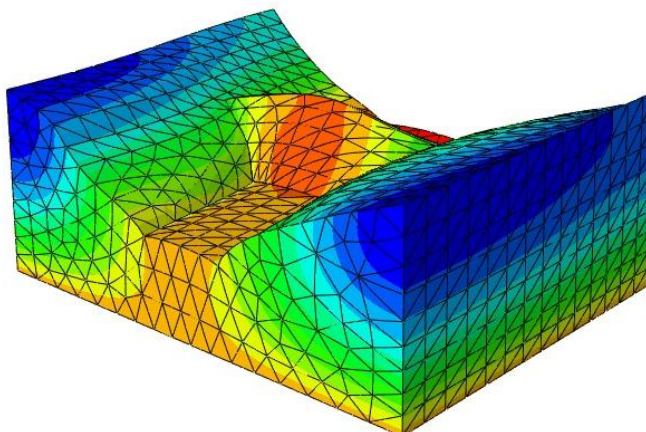
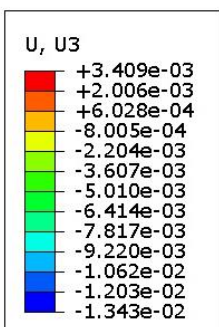


Рис.4. Поле перемещений U_1 , м



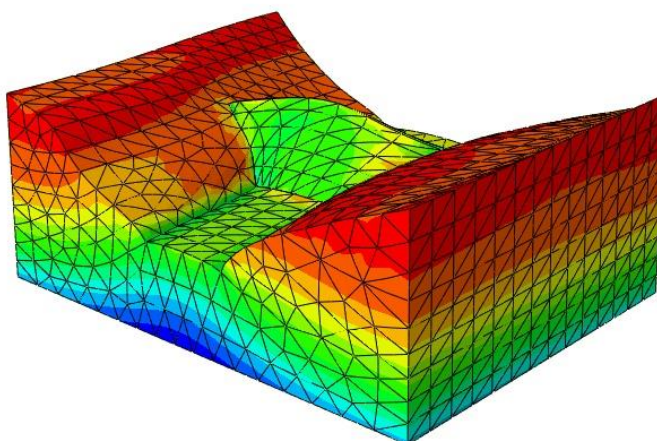
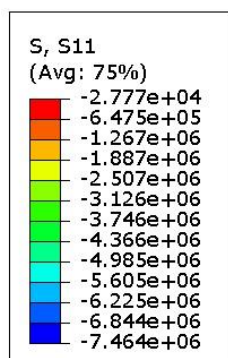
ODB: Job-1.odb Abaqus/Standard 2022 Thu May 19 21:02:14 RTZ 2 (????) 2022
 Step: Step-1
 Increment 1: Step Time = 1.000
 Primary Var: U, U2

Рис.5. Поле перемещений U2, м



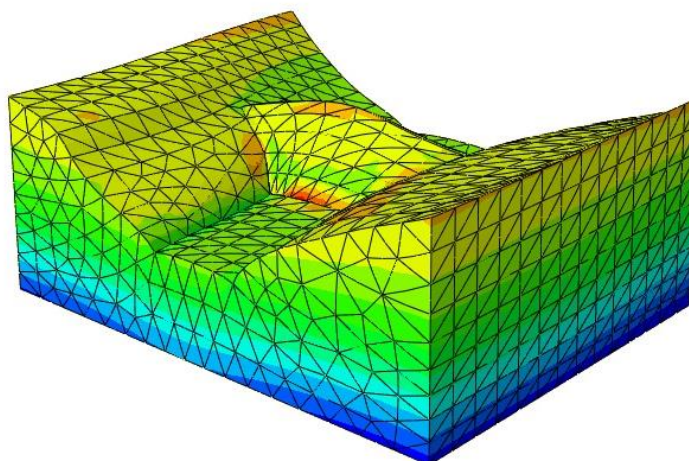
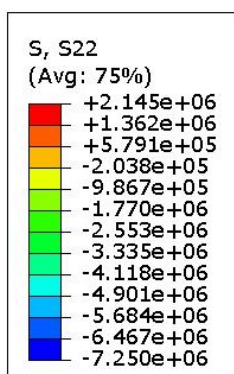
ODB: Job-1.odb Abaqus/Standard 2022 Thu May 19 21:02:14 RTZ 2 (????) 2022
 Step: Step-1
 Increment 1: Step Time = 1.000
 Primary Var: U, U3

Рис.6. Поле перемещений U3, м



ODB: Job-1.odb Abaqus/Standard 2022 Thu May 19 21:02:14 RTZ 2 (????) 2022
 Step: Step-1
 Increment 1: Step Time = 1.000
 Primary Var: S, S11

Рис.7. Поле напряжений S11, Па



ODB: Job-1.odb Abaqus/Standard 2022 Thu May 19 21:02:14 RTZ 2 (????) 2022
 Step: Step-1
 Increment 1: Step Time = 1.000
 Primary Var: S, S22

Рис.8. Поле напряжений S22, Па

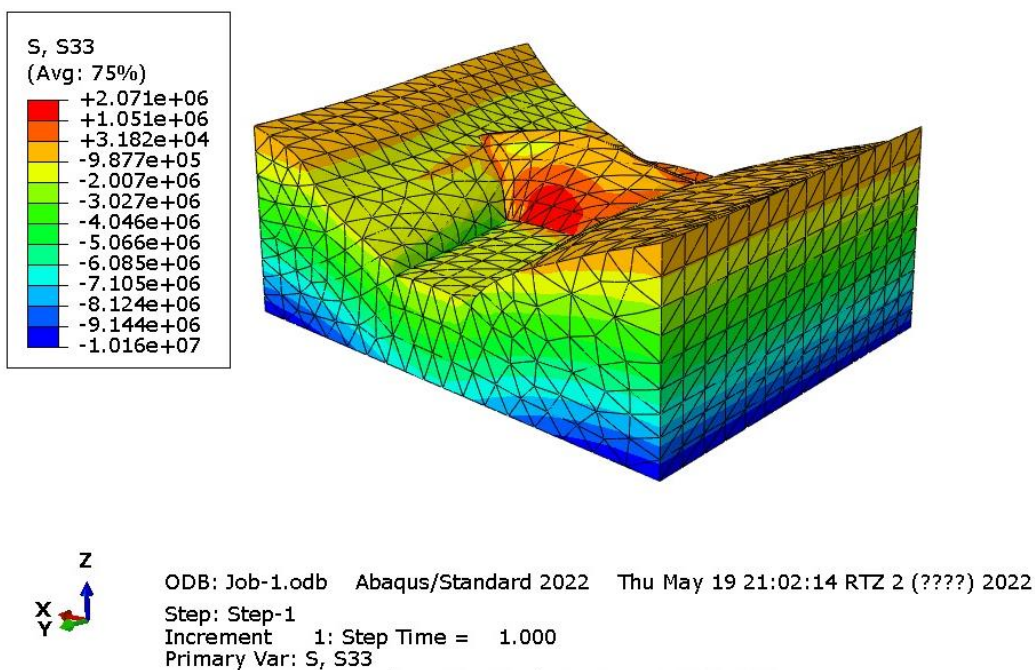


Рис.9. Поле напряжений S33, Па

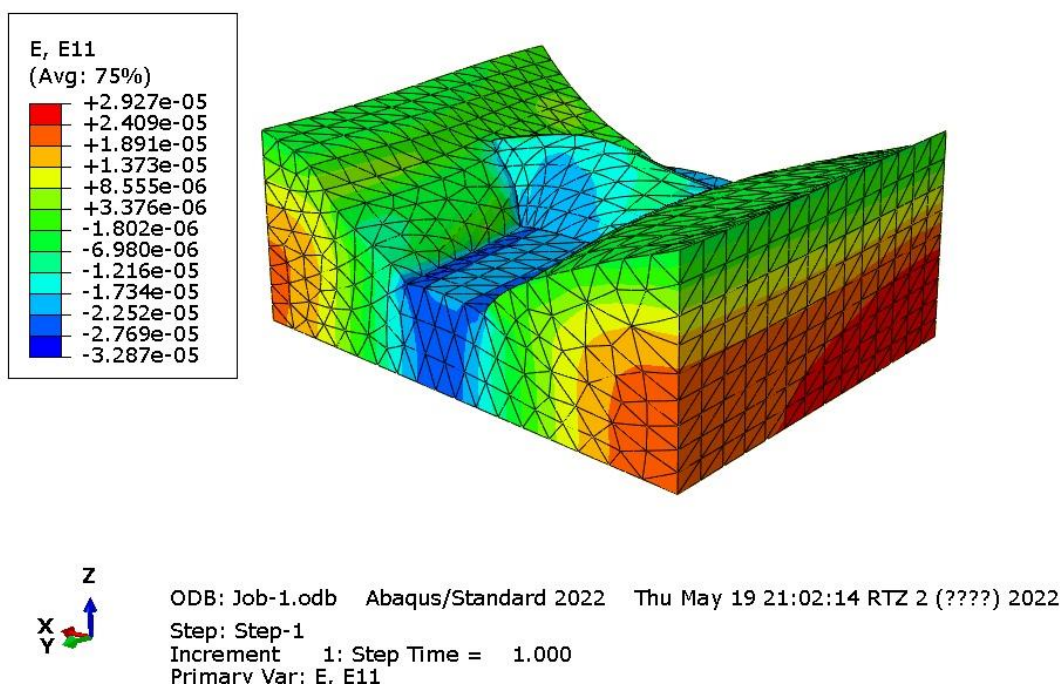


Рис.10. Поле деформаций E11

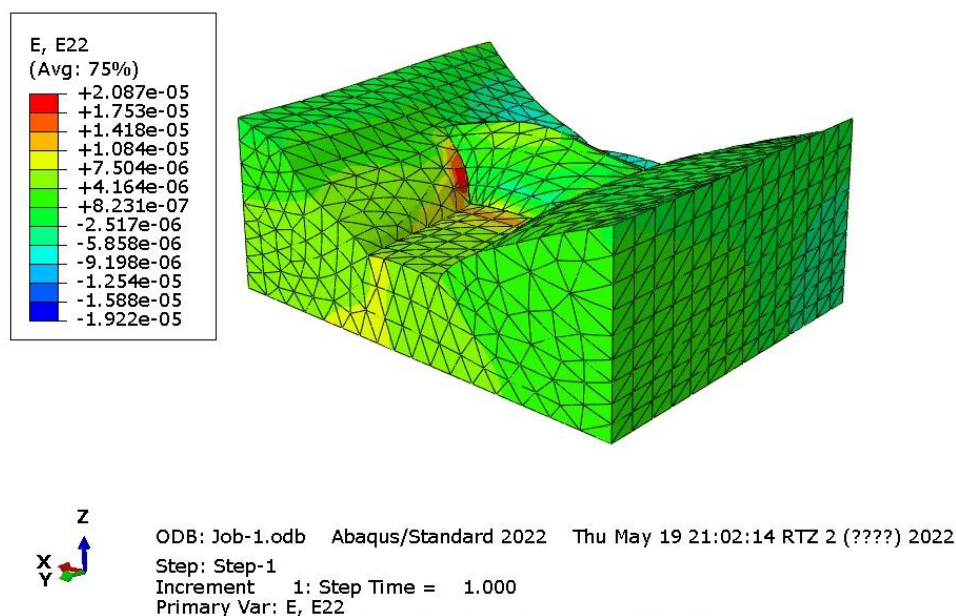


Рис.11. Поле деформаций E22

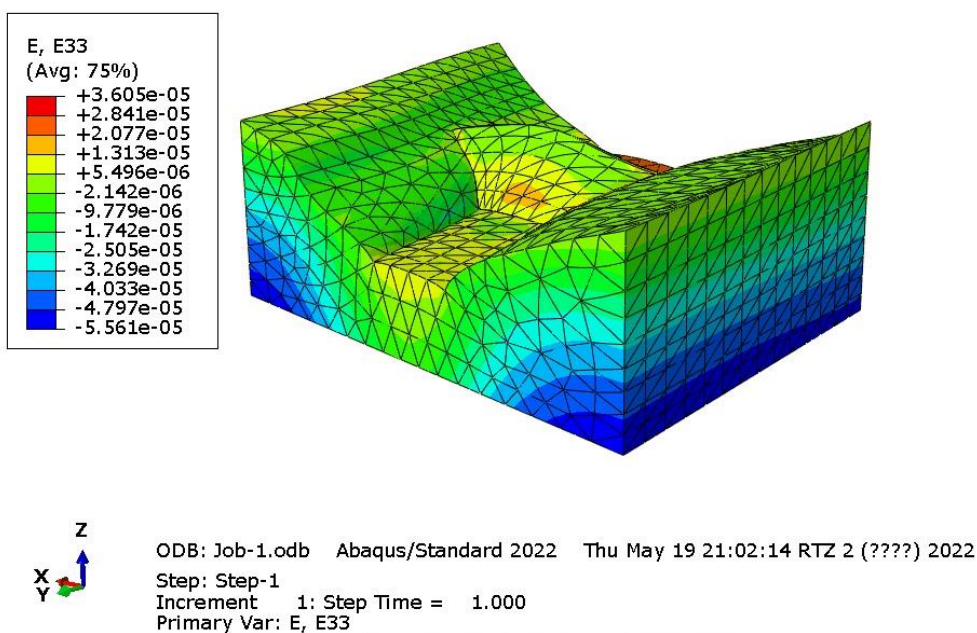


Рис.12. Поле деформаций E33

Анализ результатов

По Рис.4-12. видно, что численные результаты находятся в близком к реальности диапазоне. За счет влияния гидростатического давления, нагруженные части плотины и рельефа испытали перемещения по оси OY

(рис.5.), в результате чего плотина получила деформации в соответствующем направлении (рис.11.). Влияние силы тяжести особенно ощущается на плотине (рис. 9).

Заключение

В рамках курсового проекта была построена трёхмерная модель бетонной плотины Buffalo Bill по чертежу рельефа и водохранилища. Получены и проанализированы результаты после нагружения объектов собственным весом и гидростатическим давлением, создаваемым водой. По итогам были рассмотрены поля распределения перемещений, напряжений и деформаций, возникших в плотине и рельефе. Численные результаты находятся в близком к реальности диапазоне.

Список использованной литературы

- [1] - Волнин Б.А., «Высокие намывные и полунамывные плотины США», 1958. – 162 с
- [2] - Николай Полещук. AutoCAD 2016. Самоучитель / Вильга Савельева. — СПб.: БХВ, 2016. — 464 с.
- [3] – Электронное методическое пособие «SIMULIA Abaqus. Решение прикладных задач». – Москва: ТЕСИС, 2015. – 121 с.