



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ДГТУ)**

УТВЕРЖДАЮ:
Проректор по НИР и ИД
О.О. Полушкин
" 2 " 12 20 18 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

**по выполнению работ по расчёту прочности полимерных колодцев
торговой марки "НИС" в соответствии с техническим заданием
по договору № 4.6.16.25-162/18 от 17.09.2018 г.**

Начальник РЭУ
к.т.н., проф.

А.И. Шуйский

Руководитель договора,
д.т.н., профессор кафедры
«Соппротивление материалов»

Б.М. Языев

г. Ростов-на-Дону

20 18 г.

Результаты получены для статического расчета в пространственной постановке по комплексной расчетной схеме.

1. Нагрузки и воздействия.

Сбор нагрузок на сооружение выполнен согласно заданию на расчет и в соответствии с СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия».

По контуру трубы колодца выполняется плита перекрытия КП-12 из железобетона, доборное кольцо К-7-0,1 из железобетона, устанавливается чугунный люк. В совокупности на верхнюю кромку трубы действует нагрузка:

| № | Наименование | Нормативное значение, кН | γ_f | Расчетное значение, кН |
|---|------------------------------------|--------------------------|------------|------------------------|
| 1 | Плита перекрытия КП-12 | 4,20 | 1,1 | 4,62 |
| 2 | Кольцо доборное К-7-0,1 | 0,40 | 1,1 | 0,44 |
| 3 | Люк чугунный | 0,89 | 1,05 | 0,94 |
| | Итого постоянные на кромку: | 5,49 | | 6,00 |

Длина кромки колодца 3,14м, отсюда распределенная расчетная нагрузка:

$$q_1 = \frac{6,0 \text{ кН}}{3,14 \text{ м}} = 1,91 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$$

На поверхность дорожной одежды действует нагрузка А-14, нагрузка на ось $P=180 \text{ кН}$, на люк приходится $P/2=90 \text{ кН}$, отсюда распределенная нагрузка на кромку колодца:

$$q_2 = \frac{90 \text{ кН}}{3,14 \text{ м}} = 28,7 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$$

Итого на кромку трубы приходится нагрузка $q=30,6 \text{ кН/м}$.

В радиальном направлении на трубу колодца действует нагрузка от засыпки грунтом нарушенного строения. Грунт засыпки имеет следующие характеристики:

$$\gamma = 17 \text{ кН/м}^3$$

$$\varphi = 27^\circ$$

$$c = 0 \text{ кПа}$$

$$\lambda_a = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{27^\circ}{2} \right) = 0,38$$

| | | | | | | | |
|------|--------|------|---|---------|------|--|------|
| | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | 2 |
| Изм. | Кодуч. | Лист | № | Подпись | Дата | | |

Давление грунта в уровне верха трубы колодца:

$$\sigma_1 = 17 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3} \cdot 0,47\text{м} \cdot 0,38 = 3,1 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2}$$

$$\sigma_2 = 17 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3} \cdot 1,52\text{м} \cdot 0,38 = 9,8 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2}$$

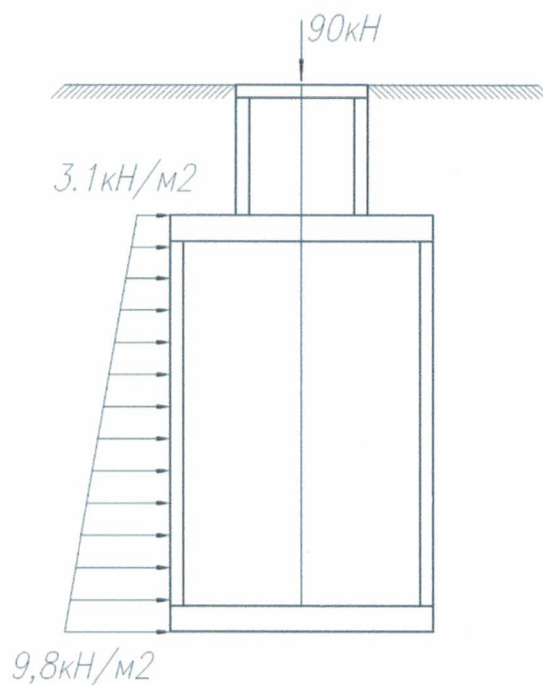
Приведенное давление $\sigma = 6,5\text{кПа}$

Выборка суммарных значений нагрузок по принятым нагружениям:

Постоянная нагрузка от собственного веса – 0,50кН.

Постоянная нагрузка от вертикальных нагрузок – 0,41кН.

Постоянная нагрузка от давления грунта засыпки – 0,01кН



| | | | | | | | |
|------|--------|------|---|---------|------|--|------|
| | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | 3 |
| Изм. | Кодуч. | Лист | № | Подпись | Дата | | |

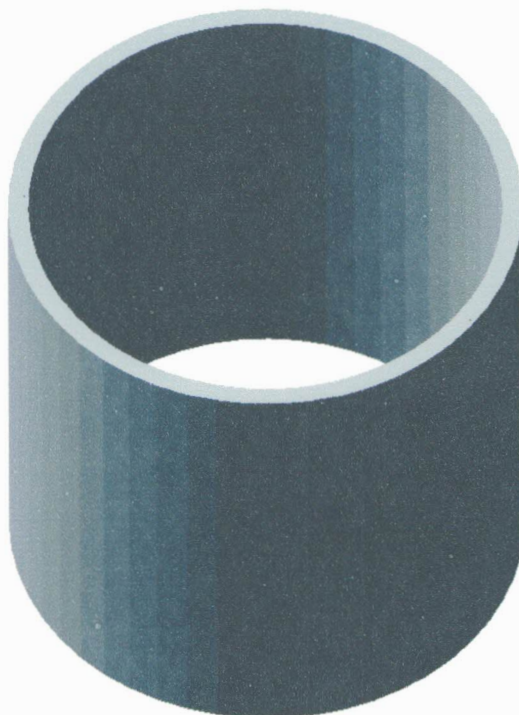
2. Расчетная схема.

Формирование расчетной модели, загрузки каркаса и расчет методом конечных элементов выполнен в ПК «Лира САПР», в котором и была сгенерирована конечно-элементная сетка (основной шаг сетки 0,005x0,005x0,07м). При этом для моделирования использованы объемные конечные элементы. Порядок системы метода конечных элементов: узлов – 51153, элементов – 29120, уравнений – 271597.

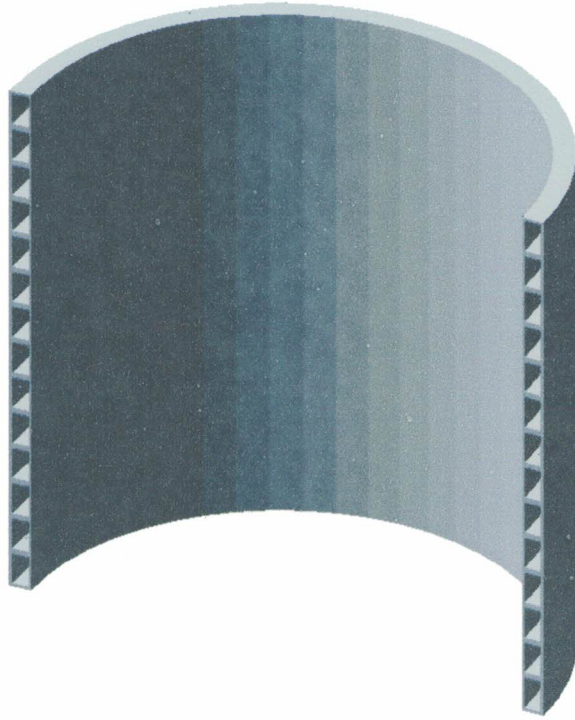
3. Задача расчета.

Задачи расчета включали в себя определение напряжений в трубе. Расчет выполнен методом конечных элементов по ПК «Лира САПР» (протокол статического расчета см. прил.2).

Колодец.3д

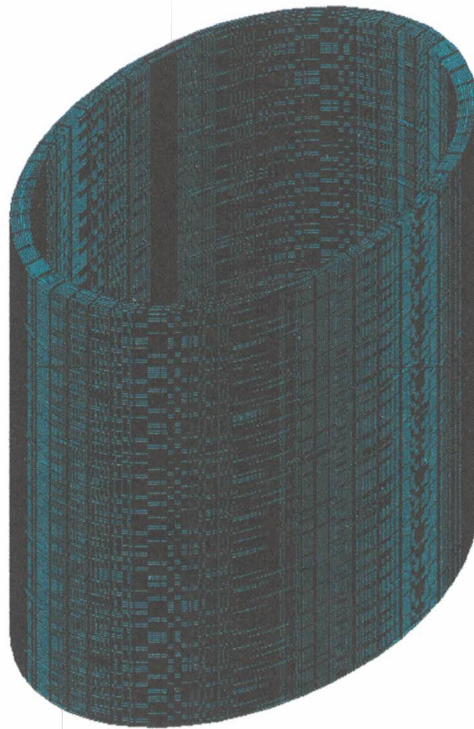


| | | | | | | | | |
|------|--------|------|---|---------|------|--|--|------|
| | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | 4 |
| Изм. | Колуч. | Лист | № | Подпись | Дата | | | |



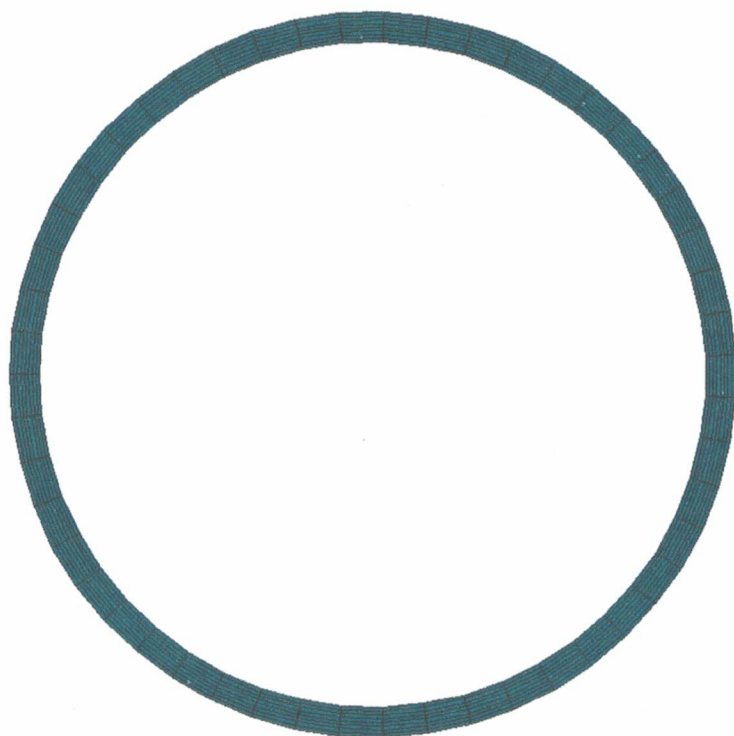
3-D изображение конечно-элементной модели

Загрузка 1

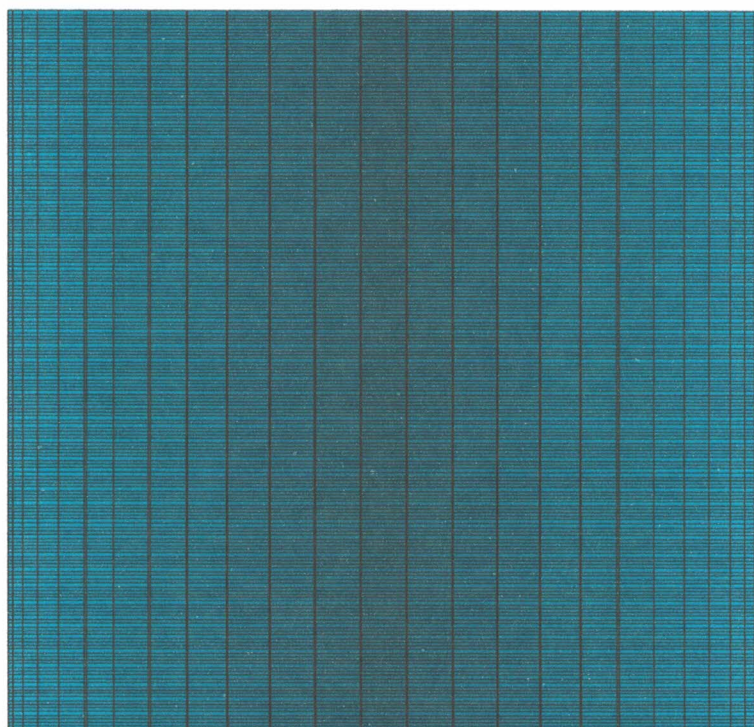


| | | | | | | | |
|------|--------|------|---|---------|------|--|------|
| | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | 5 |
| Изм. | Колуч. | Лист | № | Подпись | Дата | | |

Загружение 1

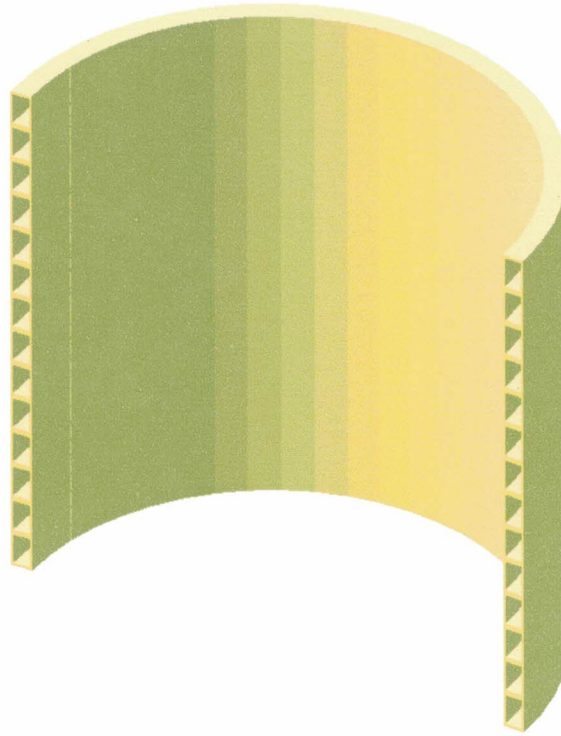


Загружение 1

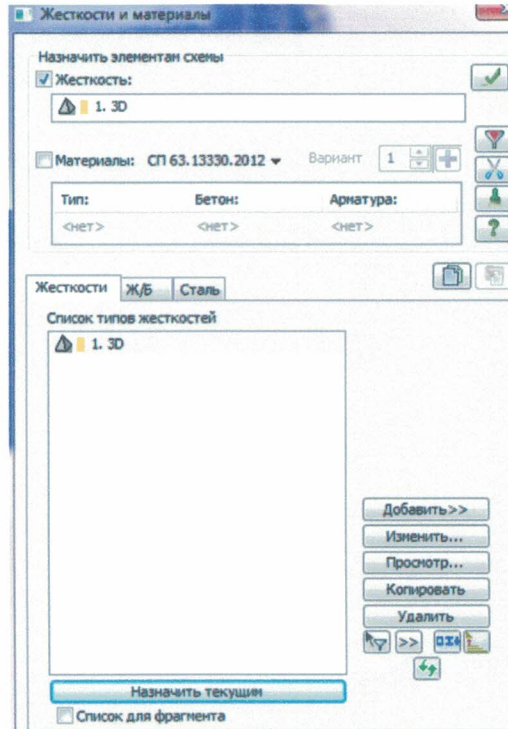


3-D изображение конечно-элементной модели

| | | | | | | | | |
|------|--------|------|---|---------|------|--|--|------|
| | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | 6 |
| Изм. | Колуч. | Лист | № | Подпись | Дата | | | |



Графическое изображение жесткостей



| Таблица жесткостей | | |
|--------------------|-----|---|
| Тип жесткости | Имя | Параметры (сечения- (мм) жесткости- (кН, м) расп. вес- (кН, м)) |

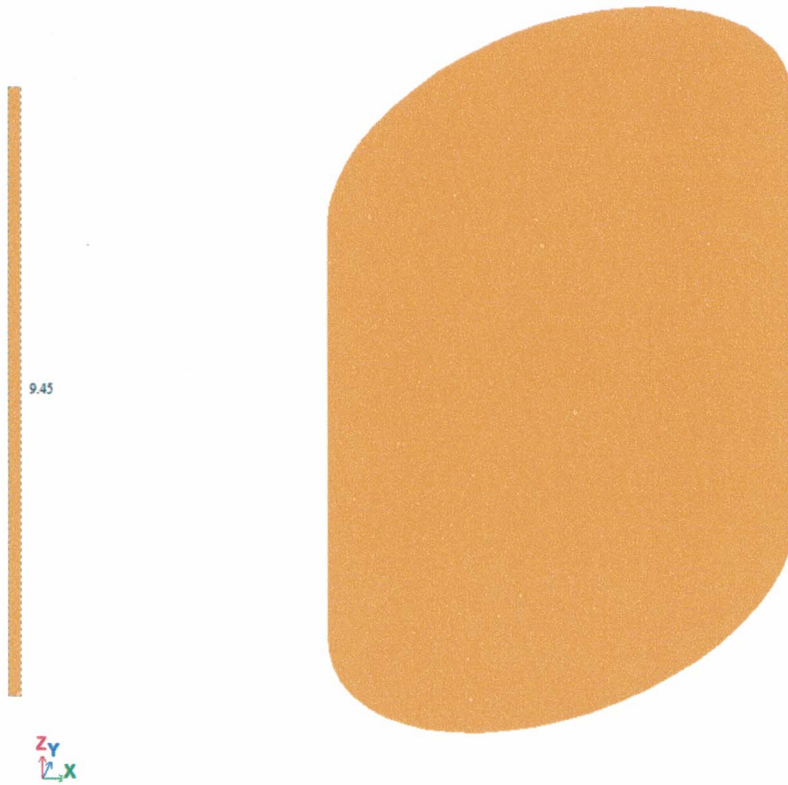
| | | | | | | | |
|------|--------|------|---|---------|------|--|------|
| | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | 7 |
| Изм. | Колуч. | Лист | № | Подпись | Дата | | |

Описание материалов и сечений конечно-элементной модели

| | | | | | | | |
|------|--------|------|---|---------|------|--|------|
| | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | 8 |
| Изм. | Колуч. | Лист | № | Подпись | Дата | | |

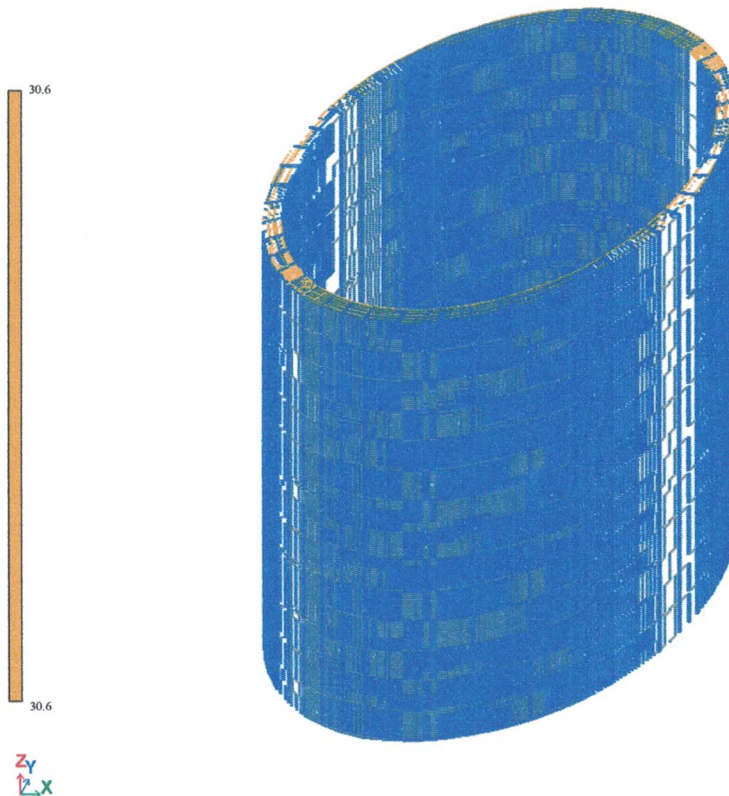
Описание нагрузок по принятым загрузкам

Собственный вес
 Мозаика q(объем) вдоль оси Z(G)
 Единицы измерения - кН/м**3



Загрузка 1. Постоянные нагрузки от собственного веса
 (учитывается автоматически заданием объемного веса конечных элементов)

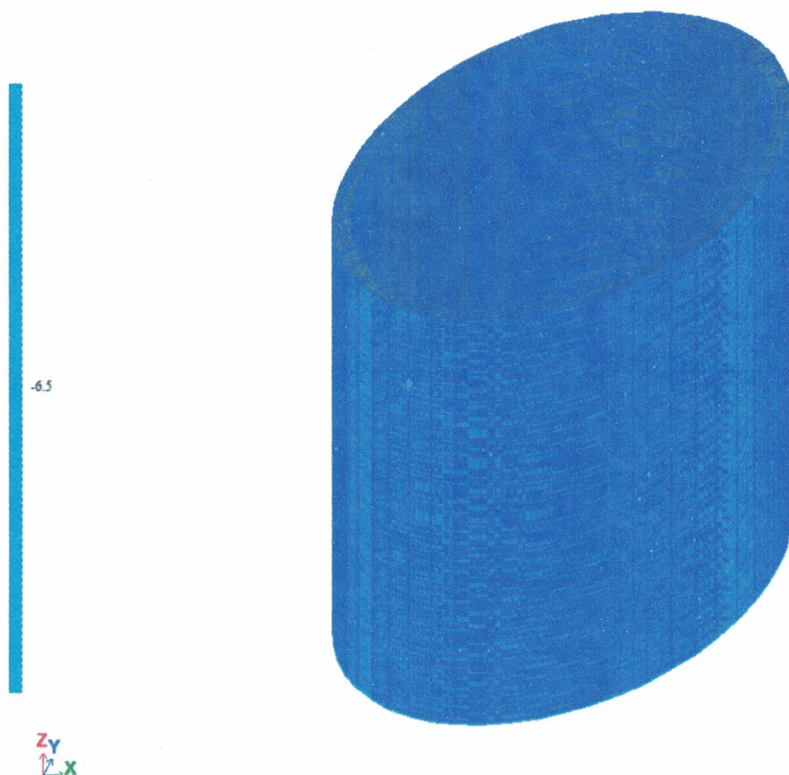
Вертикальная
 Мозаика q(плотн.) вдоль оси Z(G)
 Единицы измерения - кН/м**2



Загрузка 2. Нагрузка на кромку колодца

| | | | | | | | | |
|------|--------|------|---|---------|------|--|--|------|
| | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | 9 |
| Изм. | Кодуч. | Лист | № | Подпись | Дата | | | |

Грунт
 Мозаика q(плоск.) вдоль оси X(L)
 Единицы измерения - кН/м**2



Загружение 5. Приведенная нагрузка от давления грунта

Расчетные сочетания нагрузок

СП 20.13330.2011 Не учитывать сейсмику для II-го ПС Не учитывать особое загруз. для II-го ПС

| | N загруз. | Наименование | Вид | Знакоперем. | Взаимоискл. | Козф. надежн. | Доля длителън. | РСН1 |
|---|-----------|-----------------|----------------|-------------|-------------|---------------|----------------|------|
| 1 | 1 | Собственный вес | Постоянное (P) | + | | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| 2 | 2 | Вертикальная | Постоянное (P) | + | | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| 3 | 3 | Грунт | Постоянное (P) | + | | 1.0 | 1.0 | 1.0 |

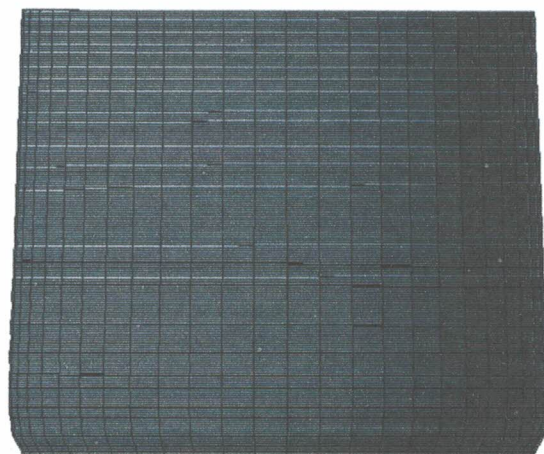
Основное сочетание (I ПС)
 Особое сочетание (I ПС)
 Основное сочетание (II ПС)
 Особое сочетание (II ПС)

$$P^d + \psi_{11} \cdot P_{11}^d + \sum_{i=2}^{n1} \psi_{1i} \cdot P_{1i}^d + \psi_{11} \cdot P_{11}^d + \psi_{12} \cdot P_{12}^d + \sum_{j=3}^{nt} \psi_{1j} \cdot P_{1j}^d$$

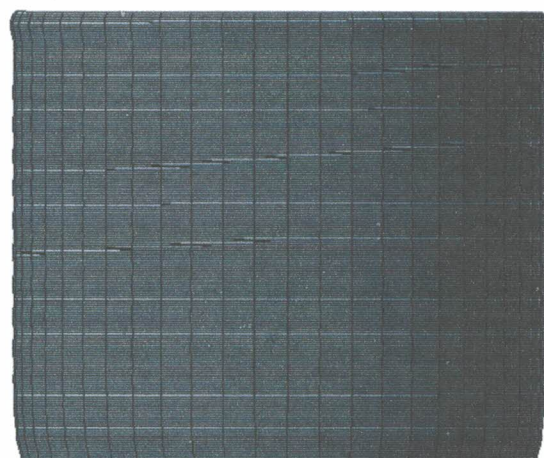
Козффициенты

Добавить

Исходные данные для формирования таблиц Расчетных Сочетаний Нагрузок

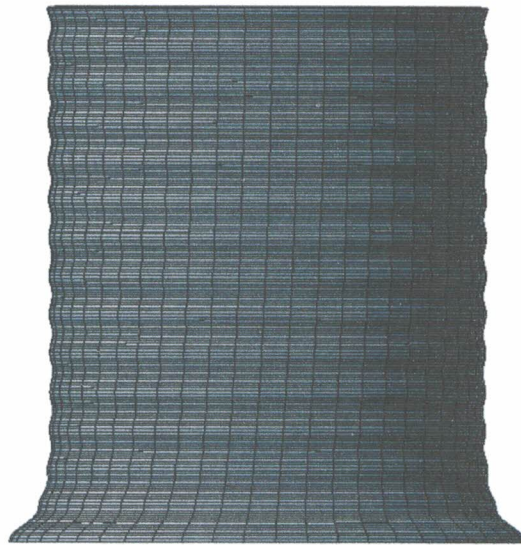


Деформированная схема от собственного веса

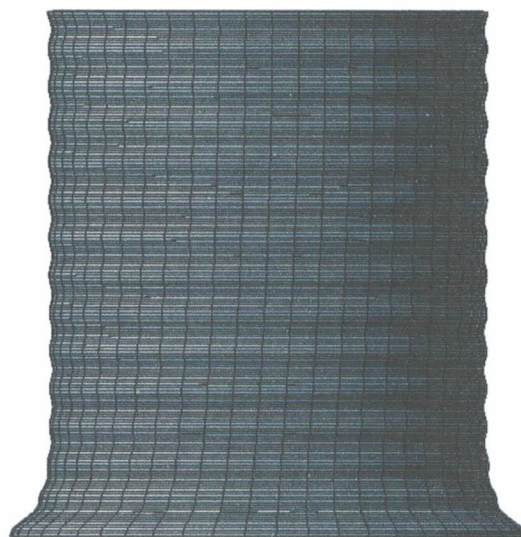


Деформированная схема от вертикальной нагрузки

| | | | | | | | | |
|------|--------|------|---|---------|------|--|--|------|
| | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | 11 |
| Изм. | Копуч. | Лист | № | Подпись | Дата | | | |



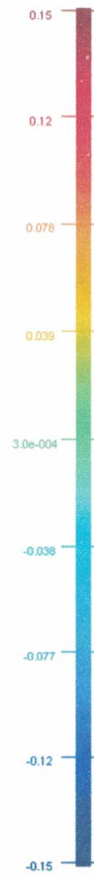
Деформированная схема от давления грунта засыпки



Деформированная схема от совокупности воздействий

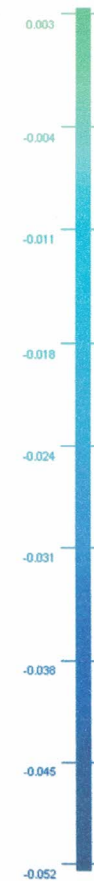
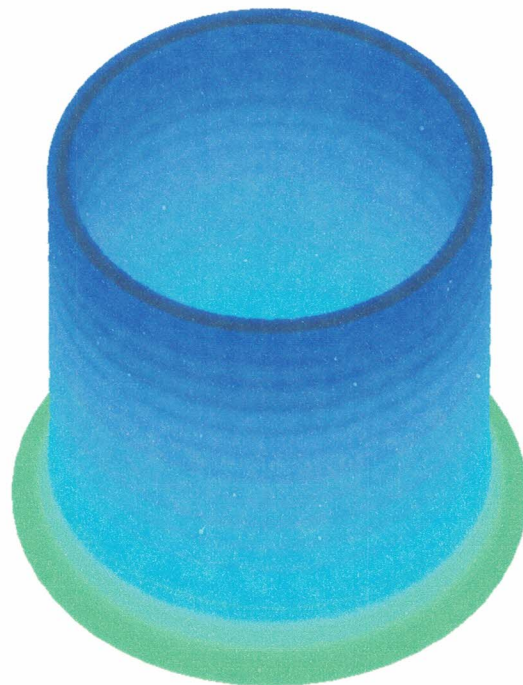
| | | | | | | | | |
|------|--------|------|---|---------|------|--|--|------|
| | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | 12 |
| Изм. | Колуч. | Лист | № | Подпись | Дата | | | |

Колодец3д
1
Изополю перемещений по Y(Y)
Единицы измерения - мм



Горизонтальные перемещения вдоль оси X

Колодец3д
1
Изополю перемещений по Z(Z)
Единицы измерения - мм



Горизонтальные перемещения вдоль оси Y

| | | | | | |
|------|--------|------|---|---------|------|
| | | | | | |
| Изм. | Кодуч. | Лист | № | Подпись | Дата |

Колодец3d
1
Изополю перемещений по X(O)
Единицы измерения - мм

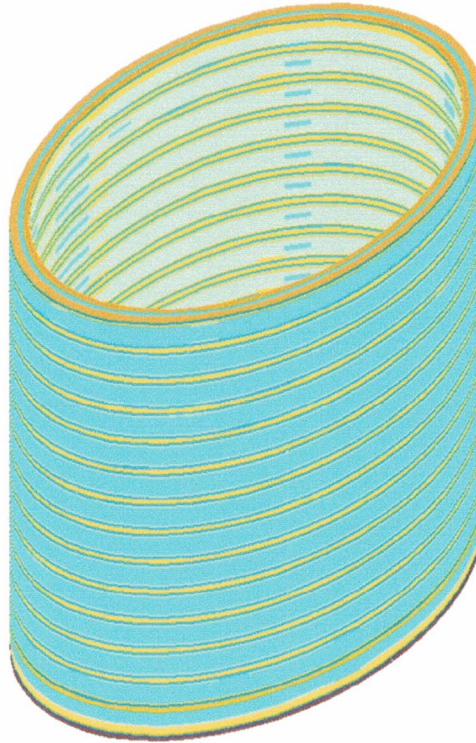
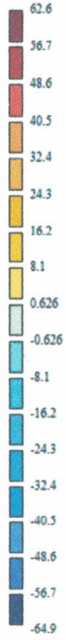


Вертикальные перемещения

| | | | | | | | | |
|------|--------|------|---|---------|------|--|--|------|
| | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | 14 |
| Изм. | Колуч. | Лист | № | Подпись | Дата | | | |

Главные и эквивалентные напряжения

ЛИТЕРА
1
Мозаика главных напряжений N1
Средний слой
Единицы измерения - кНм**2

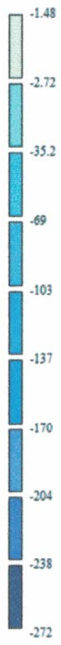


ЛИТЕРА
1
Мозаика главных напряжений N2
Средний слой
Единицы измерения - кНм**2



| | | | | | |
|------|--------|------|---|---------|------|
| Изм. | Колуч. | Лист | № | Подпись | Дата |
|------|--------|------|---|---------|------|

ЛИТЕРА
1
Модель главных напряжений N3
Средний слой
Единицы измерения - кН/м**2



| | | | | | | | | |
|------|--------|------|---|---------|------|--|--|------|
| | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | 16 |
| Изм. | Колуч. | Лист | № | Подпись | Дата | | | |

Протокол расчета

Дата: 10.10.2018

GenuineIntel Intel(R) Core(TM) i5 CPU 760 @ 2.80GHz 4 threads

Microsoft Windows 7 Ultimate Edition RUS Service Pack 1 (build 7601), 64-bit

Размер доступной физической памяти = 1532055040

14:45 Чтение исходных данных из файла C:\Users\Public\Documents\LIRA SAPR\LIRA SAPR 2013 NonCommercial\Data\Колодец.txt

14:45 Контроль исходных данных основной схемы

Количество узлов = 51153 (из них количество неудаленных = 51153)

Количество элементов = 29120 (из них количество неудаленных = 28560)

ОСНОВНАЯ СХЕМА

14:45 Оптимизация порядка неизвестных

Количество неизвестных = 152082

РАСЧЕТ НА СТАТИЧЕСКИЕ ЗАГРУЖЕНИЯ

14:45 Формирование матрицы жесткости

14:45 Формирование векторов нагрузок

14:45 Разложение матрицы жесткости

14:46 Вычисление неизвестных

14:46 Контроль решения

Формирование результатов

14:46 Формирование топологии

14:46 Формирование перемещений

14:46 Вычисление и формирование усилий в элементах

14:46 Вычисление и формирование реакций в элементах

14:46 Вычисление и формирование эпюр усилий в стержнях

14:46 Вычисление и формирование эпюр прогибов в стержнях

Суммарные узловые нагрузки на основную схему:

Загрузка 1 PX=0 PY=0 PZ=0.0510959 PUX=0 PUY=0 PUZ=0

Загрузка 2 PX=0 PY=0 PZ=0.449121 PUX=0 PUY=0 PUZ=0

Загрузка 3 PX=-0.000975108 PY=-9.25066e-008 PZ=0 PUX=0 PUY=0 PUZ=0

Расчет успешно завершен

Затраченное время = 2 мин

ВЫЧИСЛЕНИЕ ГЛАВНЫХ И ЭКВИВАЛЕНТНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ПО УСИЛИЯМ.
ЗАДАНИЕ ВЫПОЛНЕНО.

ВЫЧИСЛЕНИЕ ГЛАВНЫХ И ЭКВИВАЛЕНТНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ПО УСИЛИЯМ.

ВЫЧИСЛЕНИЕ ГЛАВНЫХ И ЭКВИВАЛЕНТНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ПО НАГРУЖЕНИЯМ.
ЗАДАНИЕ ВЫПОЛНЕНО.

| | | | | | | | | | |
|------|--------|------|---|---------|------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | 17 |
| Изм. | Кодуч. | Лист | № | Подпись | Дата | | | | |

Выводы.

4.1. В соответствии с расчетом, наибольшее напряжение в стенках трубы составляет 272кПа, что не превышает расчетной прочности стенки трубы 1000кПа (см. прил.№2 к техническому заданию). Коэффициент запаса прочности составляет 3,6.

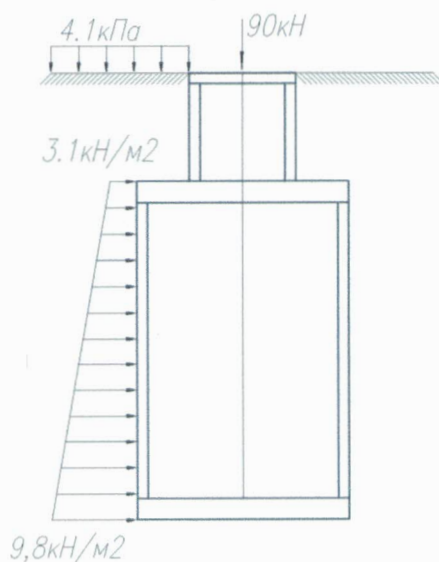
4.2. Для обеспечения равномерного распределения внешней нагрузки необходимо применять разгрузочные плиты типа КП-12 по РК 1101-87.

| | | | | | | | |
|------|--------|------|---|---------|------|--|------|
| | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | 18 |
| Изм. | Колуч. | Лист | № | Подпись | Дата | | |

Также был выполнен расчет на нагрузку приложенную к поверхности дорожной одежды в окрестностях колодца:

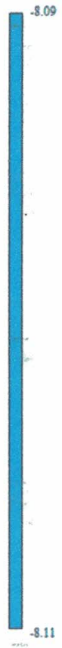
В соответствии с ГОСТ 32960-2014 нагрузка составляет $q = 5.4 \text{ К} = 54 \text{ кН}$ на площади $A = 3.8 \text{ м} \cdot 3.5 \text{ м} = 13.3 \text{ м}^2$, тогда равномерно распределенная нагрузка $q = \frac{54 \text{ кН}}{13.3 \text{ м}^2} = 4.1 \text{ кПа}$

Горизонтальная составляющая давления: $\sigma_{qh} = q \cdot \lambda_a = 4.1 \text{ кПа} \cdot 0.38 = 1.6 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2}$

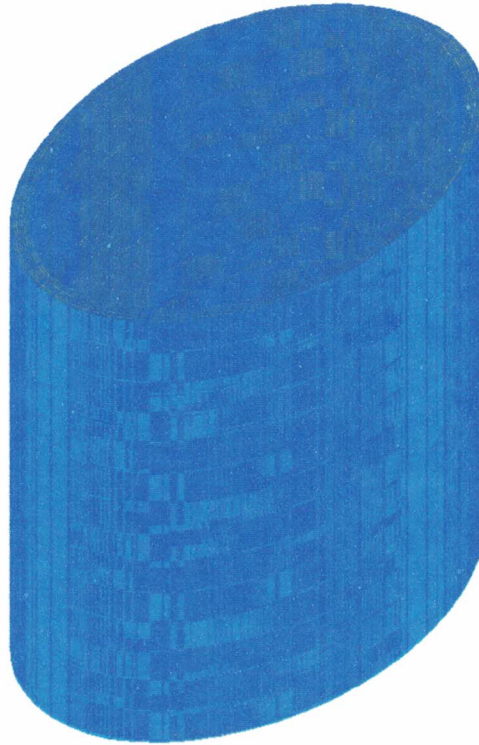


| | | | | | | | | | |
|------|--------|------|---|---------|------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | 19 |
| Изм. | Колуч. | Лист | № | Подпись | Дата | | | | |

Грунт
Мозаика q (плот.) вдоль оси X(L)
Единицы измерения - кН/м²



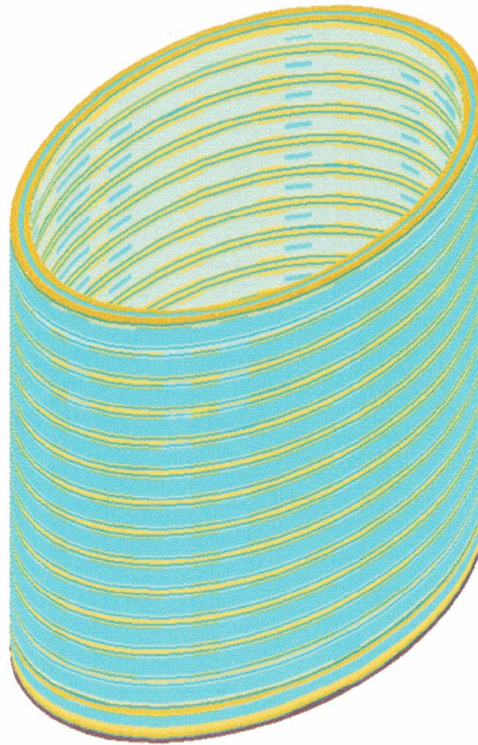
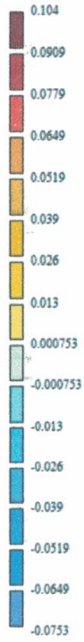
Zy
x



| | | | | | | | |
|------|--------|------|---|---------|------|--|------|
| | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | 20 |
| Изм. | Колуч. | Лист | № | Подпись | Дата | | |

Главные и эквивалентные напряжения

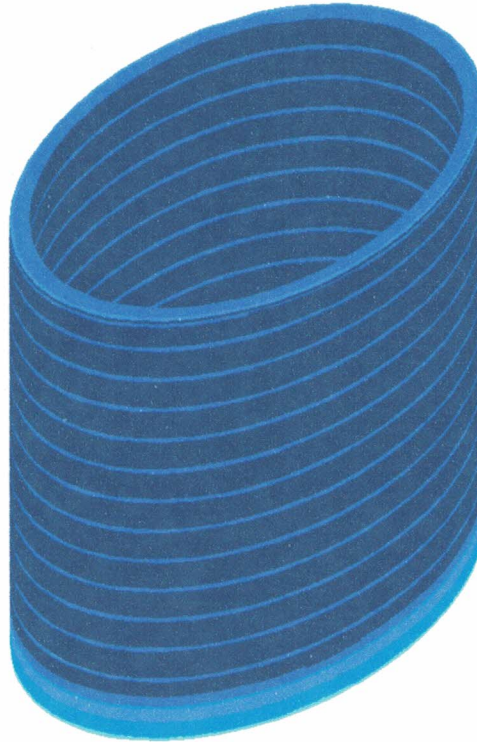
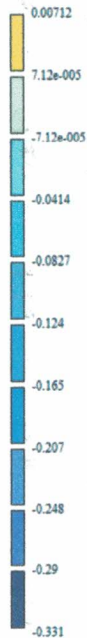
ЛИТЕРА
1
Мозаика главных напряжений N1
Средний слой
Единицы измерения - МПа



ЛИТЕРА
1
Мозаика главных напряжений N2
Средний слой
Единицы измерения - МПа



| | | | | | |
|------|--------|------|---|---------|------|
| | | | | | |
| Изм. | Колуч. | Лист | № | Подпись | Дата |



Выводы.

4.1. В соответствии с расчетом, наибольшее напряжение в стенках трубы составляет 331кПа, что не превышает расчетной прочности стенки трубы 1000кПа (см. прил.№2 к техническому заданию). Коэффициент запаса прочности составляет 3,0.

4.2. Для обеспечения равномерного распределения внешней нагрузки необходимо применять разгрузочные плиты типа КП-12 по РК 1101-87.

4.3. Так как остальные два варианта колодца выполнены с большей толщиной стенки (50 и 62мм), а также большей кольцевой жесткостью (4кН/м² и 8кН/м²), чем расчетный вариант исполнения, то отдельно проверять прочность остальных колодцев не требуется.

Исходя из полученных результатов расчета, конструкция колодцев из полимерных гофрированных труб может быть рекомендована к применению в дорожном строительстве для дорог общего пользования категории А14. Полимерные трубы обеспечивают безопасность и долговечность эксплуатации колодцев.

| | | | | | | | | | |
|------|--------|------|---|---------|------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | 22 |
| Изм. | Колуч. | Лист | № | Подпись | Дата | | | | |