УДК 624.042.1

О.О. Сліпич, к.т.н., доцент
Київський національний університет будівництва та архітектури
О.І. Валовой, к.т.н., професор
К.М. Романенко, к.т.н., ст. викладач
ДВНЗ «Криворізький національний університет»
О.В. Цикунов, начальник ПКБ
ТОВ «Ферростроі»

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ АВАРІЙНОЇ ЄМНОСТІ В ПРОГРАМНОМУ КОМПЛЕКСІ «ЛІРА» ТА ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ЇЇ КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Наведено результати обстеження аварійної ємності. Виконано її математичне моделювання. За результатами розрахунків зроблено висновки щодо можливості проведення реконструкції.

Ключові слова: *результати обстеження, математичне моделювання, розрахунок, напружено-деформований стан.*

Вступ. Підприємство ВАТ «Полтавський ГЗК» планує реконструювати зачинену аварійну ємність у пульпонасосну станцію. Для здійснення цієї реконструкції необхідне попереднє математичне моделювання та дослідження напружено-деформованого стану конструктивних елементів аварійної ємності з урахуванням результатів обстеження й виявлених дефектів та пошкоджень.

Необхідно зауважити, що перевлаштування старих аварійних споруд (порівняно з будівництвом нових) веде до зниження витрачання трудових, матеріально-технічних і паливно-енергетичних ресурсів, а також до значного зниження шкідливих дій на навколишнє середовище. Саме тому дослідження напружено-деформованого стану споруди з урахуванням результатів обстеження й подальші висновки щодо можливості проведення її реконструкції є актуальним питанням.

Огляд останніх джерел досліджень і публікацій. Вивченню питань напружено-деформованого стану залізобетонних конструкцій при реконструкції присвятили свої роботи Л.В. Афанасьєва, А.Я. Барашиков, С.В. Бондаренко, Б.А. Боярчук, О.І. Валовой, О.Б. Голишев, О.Д. Журавський, П.І. Кривошеєв, Е.Ф. Лисенко, Г.А. Молодченко, Л.А. Мурашко, Й.П. Новаторський, Р.С. Санжаровський, П.О. Сунак, Г.Н. Хайдуков, О.Л. Шагін, В.С. Шмуклер, А. Касассбех, Г.В. Чанг, Л.М. Лі, М.А. Максур та інші.

Дослідження, пов’язані з визначенням напружено-деформованого стану конструкцій на різних етапах відновлення виконують у ВАТ «КиївЗНДІЕП», ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» та інших установах.

Автори статті досліджували напружено-деформований стан аварійної ємності з використанням сучасного програмного комплексу «ЛІРА».

Постановка мети і завдань дослідження. Метою досліджень є визначення напружено-деформованого стану конструктивних елементів зачиненої аварійної ємності (ЗАЄ) з урахуванням виявлених дефектів та пошкоджень, а також з’ясування сумарного навантаження на основу та тиску на ґрунт від конструкцій ємності. За результатами досліджень необхідно надати висновок щодо можливості виконання реконструкції.

Основний матеріал і результати. З огляду на зазначену мету було здійснено цілеспрямований математичний експеримент у програмному комплексі «ЛІРА 9.4» в модулях ЛИР-ВИЗОР та ЛИР-АРМ [1].

Об'єктом досліджень є ЗАЄ, яка належить до промислових споруд підприємства ВАТ «Полтавський ГЗК».

Вихідними параметрами для проектування споруди є дані, отримані за результатами її обстеження та з архівних креслень. Розрахунок виконаний з урахуванням інженерно-геологічних умов.

Результати обстеження

Несучі будівельні конструкції аварійної ємності знаходяться між відм. -16,600 і 0,000.

Конструктивна схема аварійної ємності представлена у вигляді безкаркасної конструкції колодязного типу з вертикальними стінами круглого контуру.

Розрахункова схема споруди – кругла в плані без опорних поясів, рам і розпірок. Стійкість цієї споруди забезпечується за рахунок роботи оболонки.

Аварійна ємність складається з надземної та підземної частин.

Підземна частина аварійної ємності складається з монолітних залізобетонних стінок, зведених способом «стіна в ґрунті», монолітного залізобетонного днища, збірних колон і ригелів, збірних плит покриття з монолітними ділянками.

Надземна частина представлена безкаркасними надбудовами у вигляді приміщень входу і насосної. Внутрішній діаметр ємності в нижній частині – 34,0 м. Зовнішній діаметр насосної – 7,1 м.

Стіни ємності представлені монолітним залізобетонним кільцем, розділеним по висоті на секції різної товщини. Нижня секція заввишки 4,6 м, завтовшки 1,7 м. Середня секція висотою 4,8 м, завтовшки 1,3 м. Верхня секція заввишки 3,8 м, завтовшки 1,0 м.

Колони змонтовані збірними залізобетонними з жорстким закріпленням у пазах днища. Переріз колон – 800х800 мм.

Днище ємності виконане з монолітного залізобетону поверх асфальтового розчину. Асфальтовий розчин (гідроізоляція) укладений на бетонну підготовку, яку влаштовано по ущільненому піщаному ґрунту. Товщина днища – 1,5 м. По поверхні днища виконана гідроізоляція з асфальтового розчину з бетоном для утворення проектного ухилу. У місці влаштування насосів товщина днища 2,5 м.

Ригелі змонтовані прямокутного і таврового перерізу з розташуванням полиці зверху. Виконані вони збірними залізобетонними. Ригелі сприймають навантаження від конструкції покриття й передають його на колони; ригелі змонтовані заввишки 950 мм.

Покриття ємності змонтоване збірними залізобетонними плоскими плитами суцільного перерізу завтовшки 250 мм. Плити змонтовані зі спиранням на ригелі внутрішнього каркаса. Часткове покриття виконано монолітним залізобетонним. По конструкції покриття виконана гідроізоляція з бетону з проектним ухилом, бітумним складом і асфальтовим розчином.

Надземні споруди змонтовані за безкаркасною схемою із зовнішніми несучими стінами.

За результатами обстеження будівельних конструкцій ЗАЄ ВАТ «Полтавський ГОК» встановлено:

– у конструкціях стінок, днища, колон і покриття, які обстежувалися, а також у вузлах їх сполучення відсутні пошкодження та деформації, котрі впливають на їх несучу здатність (тому в статті не наведені). Виявлені пошкодження за способом усунення відносяться до поточного ремонту;

– залізобетонні конструкції знаходяться в задовільному, а сталеві – у працездатному стані.

Моделювання й розрахунок

При розрахунку конструкцій ЗАЄ були прийняті такі навантаження:

1 – власна вага конструкцій ЗАЄ;

2 – постійні навантаження від конструкцій покриття;

3 – бічний тиск ґрунту на стінки аварійної ємності.

Постійні навантаження від конструкцій покриття діяли на балки покриття у вигляді рівномірно розподілених з урахуванням ширини вантажної площі. Навантаження від тиску ґрунту прикладалося горизонтально у вигляді трапеції до стінок ємності. При розрахунку конструкцій прийняті 9 типів жорсткостей, наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Жорсткості конструктивних елементів ЗАЄ

Тип	Назва	Параметри переріз (см), жорсткість (тм), розподілена вага (тм)
1	Пластина Н 150 (дно)	E=2e+006, V=0.3, H=150, Ro=2.5
2	Пластина Н 170 (Стінка 1 (нижня))	E=2e+006, V=0.3, H=170, Ro=2.5
3	Пластина Н 130 (Стінка 1 (середня))	E=2e+006, V=0.3, H=130, Ro=2.5
4	Пластина Н 100 (Стінка 1 (верхня))	E=2e+006, V=0.3, H=100, Ro=2.5
5	Кільце 80х0 (Колона)	Ro=2.5, E=2e+006, GF=0, D=80, d=0, EF=1.00531e+006, EIy=40212.4, EIz=4.02e+004, GIk=3.41e+004, Y1=0.1,Y2=0.1, Z1=0.1,Z2=0.1
6	Брус 40х80 (Балка Б1 (кільцева))	Ro=2.5, E=2e+006, GF=0, B=40,H=80, EF=640000, EIy=34133.3, EIz=8.53e+003, GIk=1.01e+004, Y1=0.0667, Y2=0.0667, Z1=0.133, Z2=0.133
7	Брус 40х70 (Балка Б2 (радіальна))	Ro=2.5,E=2e+006,GF=0, B=40, H=70, EF=560000, EIy=22866.7, EIz=7.47e+003, GIk=8.28e+003, Y1=0.0667, Y2=0.0667, Z1=0.117, Z2=0.117
8	Брус 40х80 (Балка Б3 (допоміжна))	Ro=2.5, E=2e+006, GF=0, B=40,H=80, EF=640000, EIy=34133.3, EIz=8.53e+003, GIk=1.01e+004, Y1=0.0667, Y2=0.0667, Z1=0.133, Z2=0.133
9	Пластина Н 40 (Стінка насосної (цегла))	E=200000,V=0.3,H=40,Ro=1.5

Для визначення напружено-деформованого стану конструкцій ЗАЄ від одночасної дії всіх навантажень формувалося розрахункове сполучення навантажень (РСН1), згідно з чинними нормами [2].

У результаті розрахунку були визначені напружено-деформований стан конструкцій ЗАЄ, внутрішні напруження і зусилля, горизонтальні та вертикаль-ні переміщення, а також сумарне навантаження від конструкцій ЗАЄ на основу.

На рисунках 1 і 2 наведені ізополя напружень у стінах аварійної ємності від розрахункового сполучення навантажень 1, 2 й 3 (РСН1).

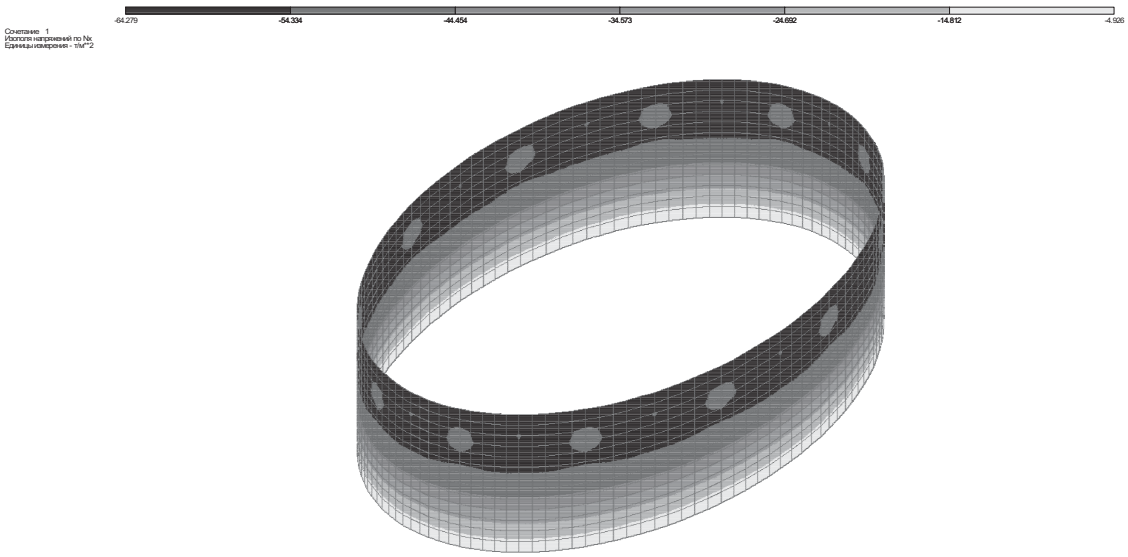

Рисунок 1 – Ізополя напружень N_x від РСН1

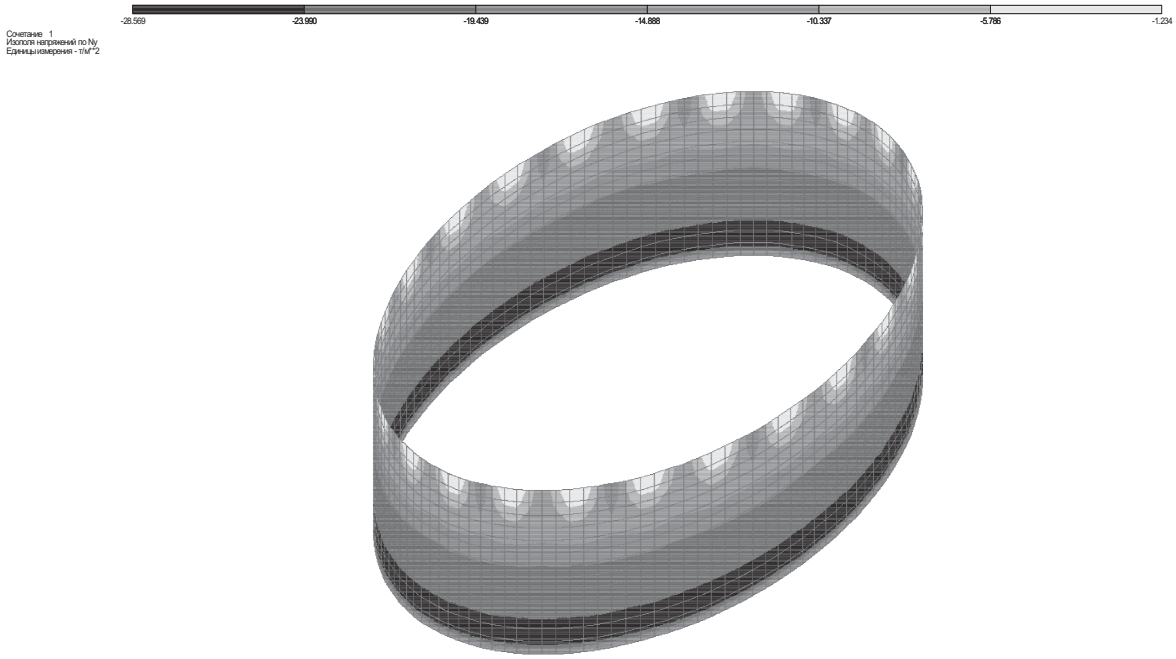

Рисунок 2 – Ізополя напружень N_y від РСН1

Для днища фундаменту наведені найбільші значення внутрішніх нап-ружень (рис. 3 – 5), а також ізополя напружень ґрунту під плитою ЗАЄ (рис. 6).

Сумарне навантаження від конструкцій аварійної ємності на основу складає 7730 т.

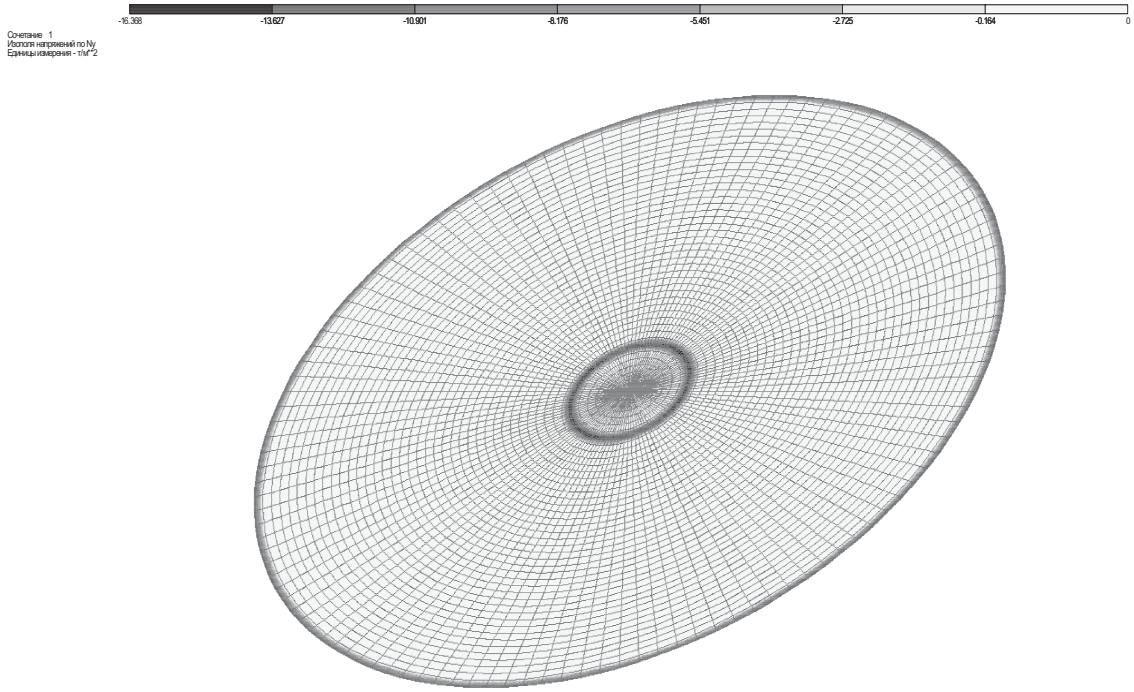

Рисунок 3 – Ізополя напружень N_y від РСН1

Висновки. За результатами виконаного обстеження та розрахунків можна зробити такі висновки:

– виявлені під час обстеження дефекти й пошкодження не впливають на технічний стан та експлуатаційну придатність ЗАЄ;

– існуючі дефекти й пошкодження не перешкоджають заходам з реконструкції, передбаченим за проектом, розробленим державним інститутом «УкрНДІводоканалпроект» у 2012 році під шифром 13105.Р90/241;

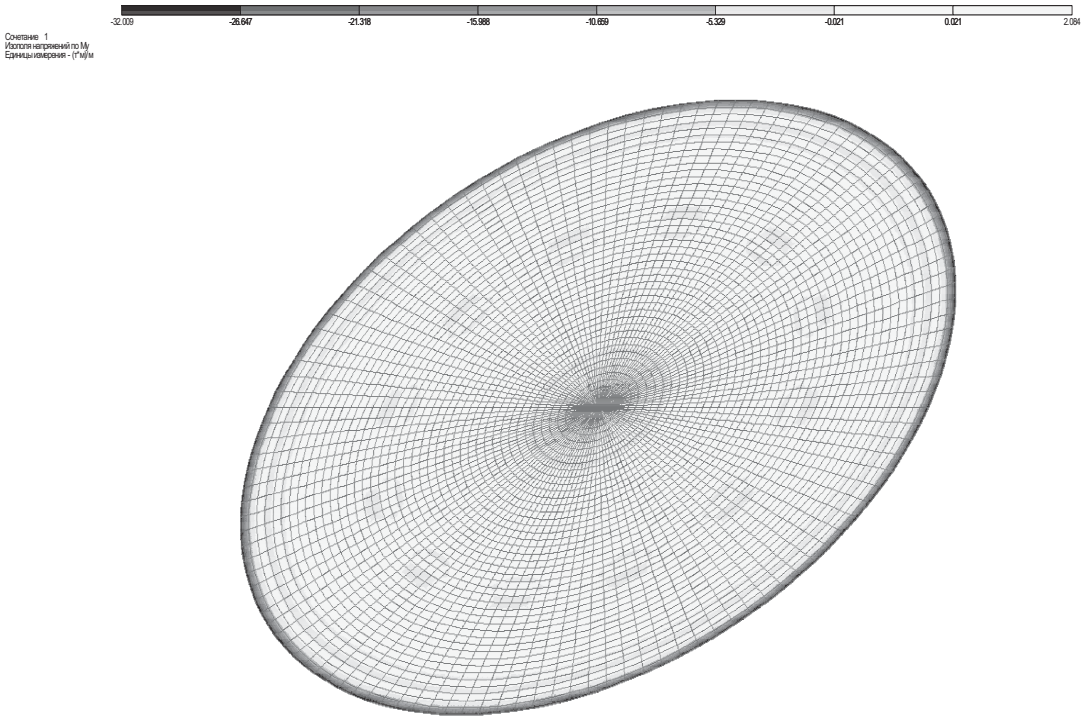

Рисунок 4 – Ізополя напружень M_y від РСН1

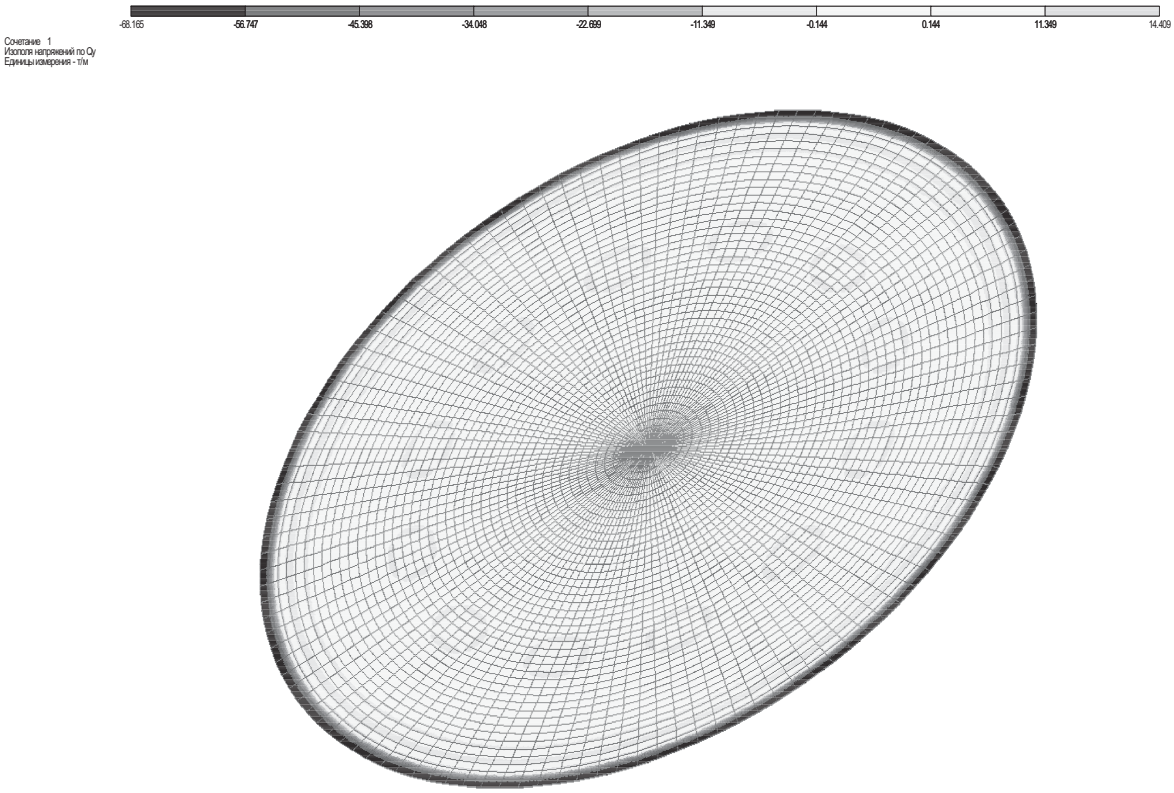

Рисунок 5 – Ізополя напружень Q_y від РСН1

– вимоги першої групи граничних станів (несуча здатність) та другої групи граничних станів (переміщення та відхилення) забезпечуються;

– тиск на ґрунт від конструкції ЗАЄ не перевищує допустимих значень;

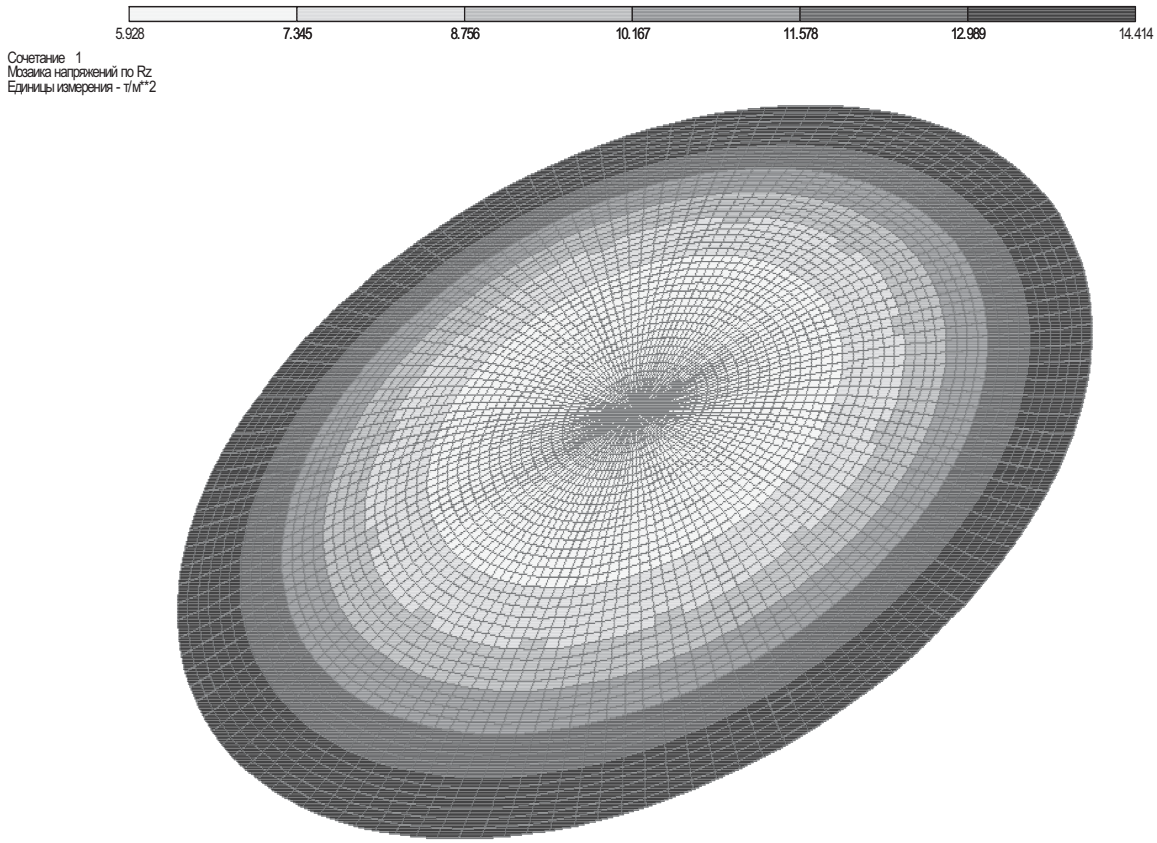

Рисунок 6 – Ізополя напружень R_z від РСН1

– при розробленні робочого проекту реконструкції ЗАЄ в технічних рішеннях необхідно враховувати особливості роботи конструкції за новим призначенням.

Література

1. *1. ЛИРА 9.2. Примеры расчета и проектирования: [учебное пособие]/ [М.С. Барабаш, Ю.В. Гензерский, Д.В. Марченко, В.П. Титок]. – К.: Факт, 2005. – 106 с.*
2. *2. Норми проектування. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи: ДБН В.1.2–2:2006. [Чинний від 2007-01-01]. К.: Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2006. – 60 с. – (Державні будівельні норми України).*

А.А. Слипич, к.т.н., доцент
Киевский национальный университет строительства и архитектуры
А.И. Валовой, к.т.н., профессор
Е.Н. Романенко, к.т.н., ст. преподаватель
ГВУЗ «Криворожский национальный университет»
А.В. Цикунов, начальник ПСБ
ООО «Ферростроий»

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АВАРИЙНОЙ ЕМКОСТИ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ «ЛИРА» И ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЕЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Приведены результаты обследования аварийной ёмкости. Выполнено её математическое моделирование. По результатам исследований сделаны выводы о возможности проведения реконструкции.

Ключевые слова: *результаты обследования, математическое моделирование, расчет, напряженно-деформированное состояние.*

A.A. Slipych, Ph.D.
Kyiv National University of Construction and Architecture
A.I. Valovoy, Ph.D.
K.N. Romanenko, , Ph.D.
Krivoy Rog National University
A.V. Cikunov, chief PEB
LTD «Ferrostroy»

THE MATHEMATICAL DESIGN OF EMERGENCY CAPACITY IN PROGRAMMATIC COMPLEX «LIRA» AND ITS CONSTRACTION ELEMENTS OF TENSION-DEFORMED STATE RESEARCH

The results of emergency capacity inspection are given. Its mathematical design is executed. On results researches the conclusions about the possibility of reconstruction are made.
Keywords: *results of inspection, mathematical modeling, calculation, tension-deformed state.*

Надійшла до редакції 22.07.2014
© О.О. Сліпич, О.І. Валовой, К.М. Романенко, О.В. Цикунов