

УДК 624.191.8.042/.044

Тютюкін О.Л., зав. каф. «Мости і тунелі», д.т.н., доц., Худан О. О., студ. гр. 152
Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, м. Дніпро, Україна

ЧИСЕЛЬНИЙ АНАЛІЗ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ШАХТНОГО СТОВБУРУ В ШАРУВАТИХ ПОРОДАХ

Наданий розрахунок проводиться для того, щоб визначити вплив шаруватості оточуючого масиву і відзначити її роль у формуванні напружено-деформованого стану (НДС) оправи стовбура і масиву [1-3]. Для цього була розроблена модель стовбура із взаємодією оточуючого масиву на основі реальних геометричних розмірів, результатів лабораторних досліджень та застосування розрахункового професійного комплексу Structure CAD for Windows, version 7.29 R.3 (SCAD) [4, 5] на основі плоского прототипу (рис. 1).

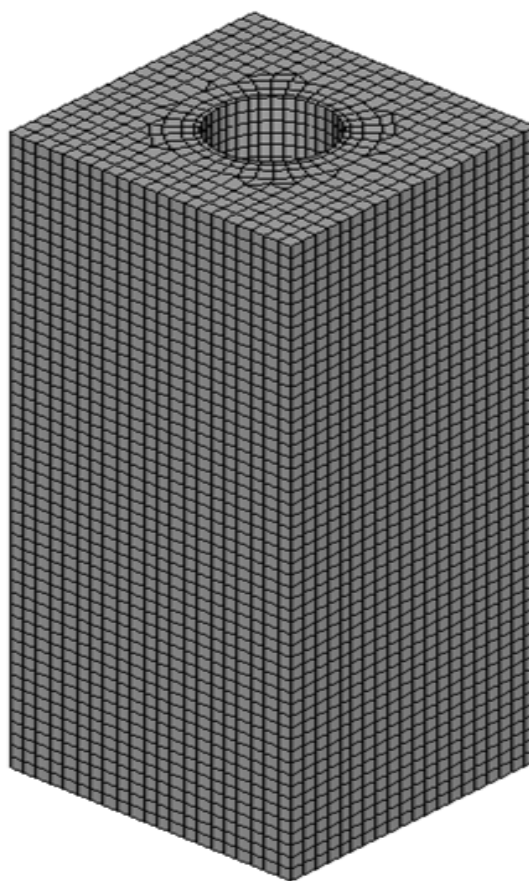


Рис. 1. Скінченно-елементна модель стовбура

Модель основана на об'ємних скінченних елементах (26180 вузлів, 23004 скінченних елементів), і більш повно відображає статичну роботу стовбура із оточуючим масивом.

Після створення просторової моделі їй надавалися деформаційні

характеристики (модуль пружності–деформації, коефіцієнт Пуассона), причому для ґрунтів, чавуну та залізобетону вони задавалися окремо (рис. 2).

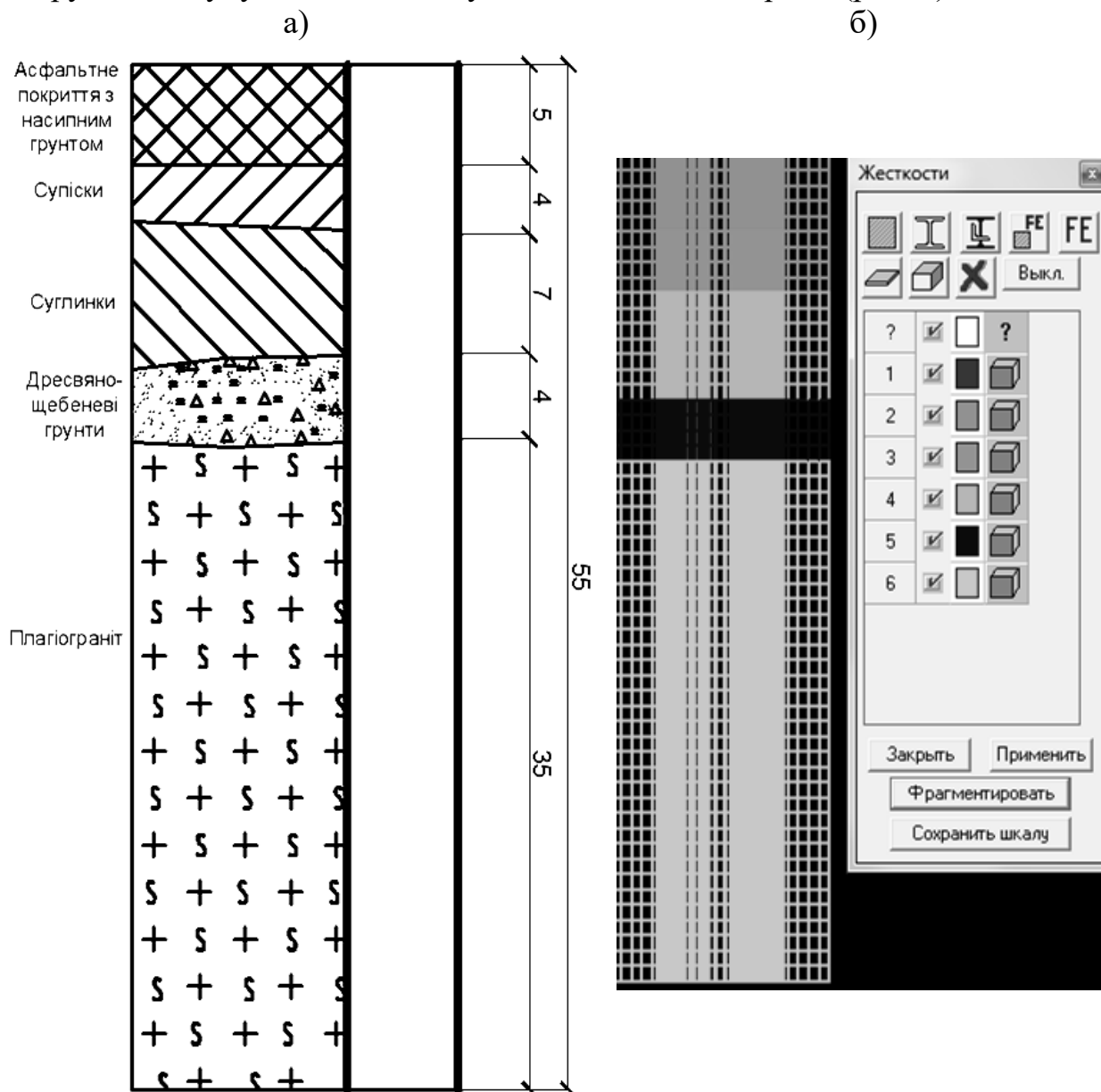


Рис. 2. Карта жорсткості моделі:
 а) стратиграфічна колонка; б) візуалізація у комплексі SCAD

Після надання деформаційних характеристик на модель накладалися граничні умови: 1) по нижній границі моделі – заборона по осях X; Y; Z; 2) по боках моделі (вздовж боків, які паралельні осі тунелю) – заборона по осях X та Y. Після цього виконувався розрахунок на власну вагу моделі і його результати піддавалися ґрунтовному аналізу.

На рис. 3-4 надані параметри деформованого стану моделі із кріпленням стовбура залізобетонним або чавунним тубінгом.

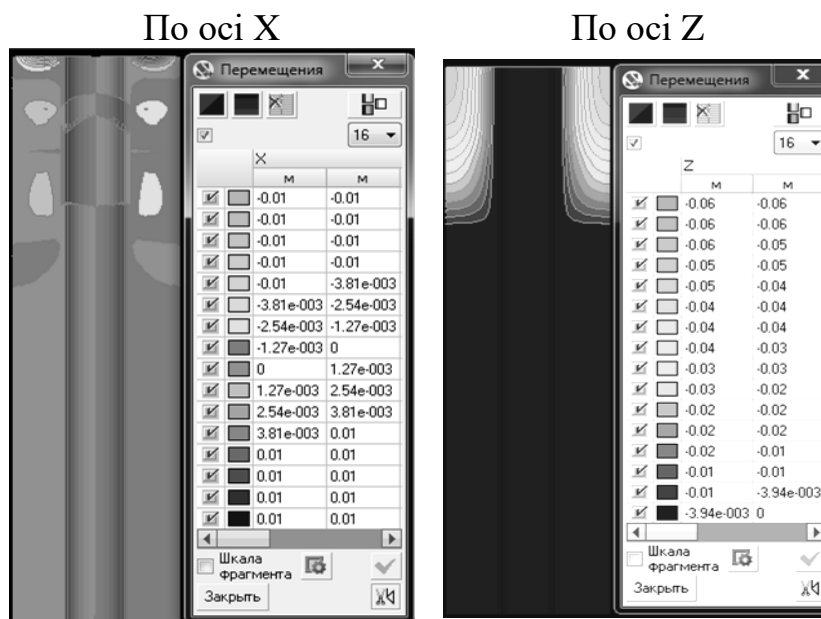


Рис. 3. Ізополя та ізолінії переміщень в моделі від власної ваги (з/б)

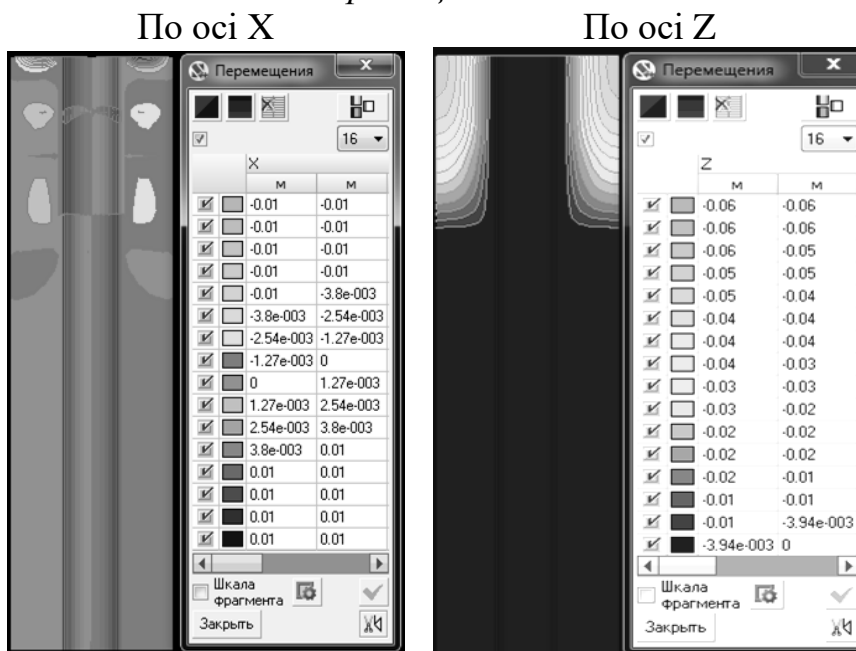


Рис. 4. Ізополя та ізолінії переміщень в моделі від власної ваги (чавун)

Аналіз рис. 3-4 свідчить про те, що наявність шаруватого масиву значно змінює класичну картину розподілу напружень і переміщень в оправі стовбура та навколишньому масиві. Велика деформативність шарів змінила картину переміщень, таким чином, що на межах шарів відбулися значні викривлення ізополів.

Для розрахунку на міцність наведемо презентаційні дані лише для конструкції оправі (рис. 5-6). Як видно із аналізу цих рисунків перевірку на міцність слід провести в площині, в якій закінчується нижній прошарок дресвяно-щебеневого ґрунту товщиною 4 метри, що можна визначити геометрично в моделі в місці із значним градієнтом напружень.

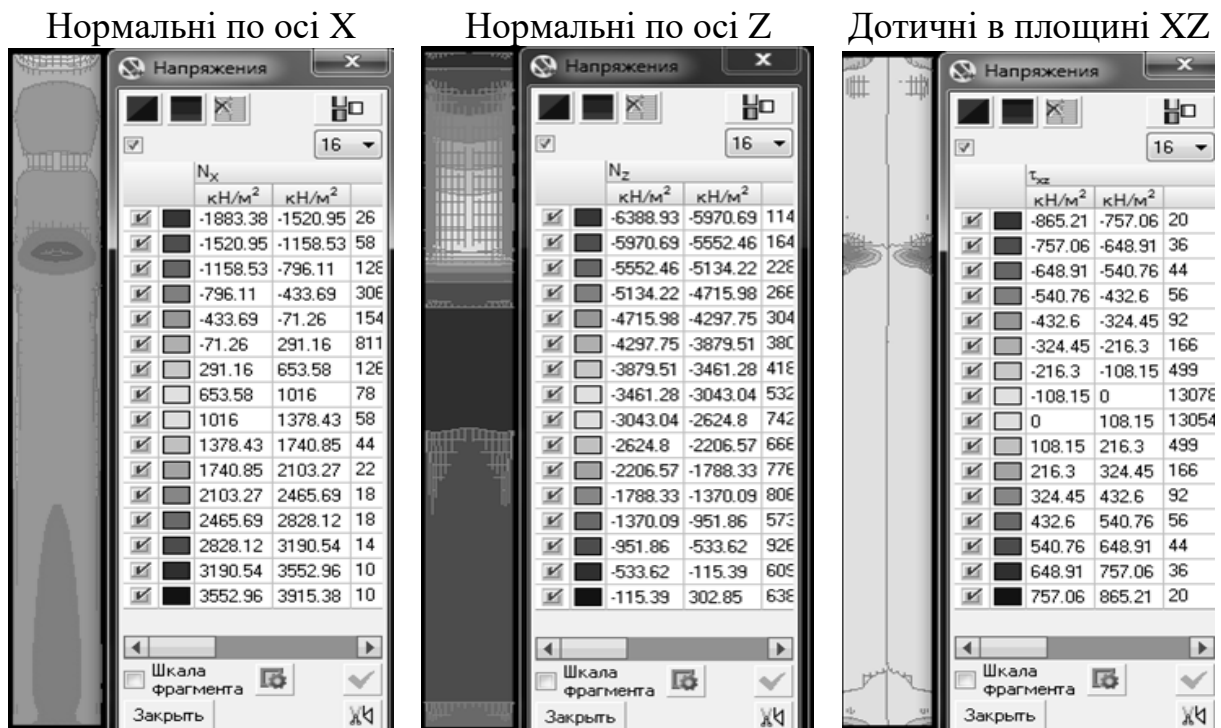


Рис. 5. Ізополя та ізолінії напружень в моделі від власної ваги (з/б)

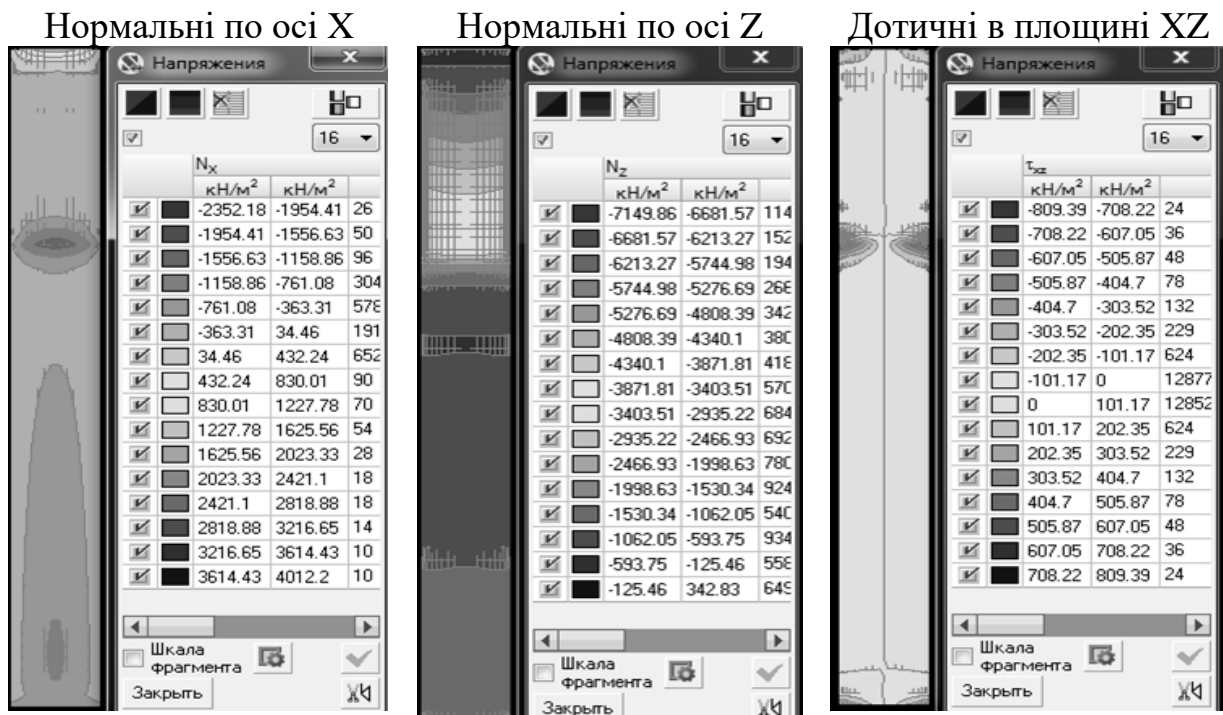


Рис. 6. Ізополя та ізолінії напружень в моделі від власної ваги (з/б)

Для подальшого розрахунку конструкції на міцність, який буде проводитися лише по бетону, тобто на тріщиностійкість, застосуємо формулу четвертої теорії міцності (енергетична) [6]:

$$\sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_x \sigma_z + \sigma_z^2 + 3\tau_{xz}^2} \leq [\sigma]$$

де σ_x та σ_z – компоненти нормальних напружень по глобальних осях X та Y; τ_{xz} – дотична компонента в площині XZ; $[\sigma]$ – межа міцності матеріалу, для бетону В30 межа міцності $[\sigma] = 21,0$ МПа.

Розраховані еквівалентні напруження (6,87 – для залізобетону та 6,06 – для чавуну) не перевищують розрахункову міцність бетону, що свідчить про те, що залізобетонні і чавунні елементи мають запаси міцності (2,8 – для залізобетону та 8,7 – для чавуну). Із аналізу НДС стовбура при взаємодії із шаруватим оточуючим масивом можна зробити висновок, що наявність шарів, що значно деформуються, ускладнює його роботу внаслідок значного стрибка модуля пружності і розвитку деформацій, що призводить до неоднорідного перерозподілу напружень і переміщень в масиві і в конструкції стовбура. В подальшому, як розвиток наданого дослідження, на основі наукового обґрунтування будуть запропоновані види кріплень для перехідних зон в шаруватих масивах, в яких дія шаруватості є більш відчутною.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Баклашов И. В. Механика подземных сооружений и конструкции крепей / И. В. Баклашов, Б. А. Картозия. – М.: Недра, 1984. – 415 с.
2. Булычев, Н. С. Проектирование и расчет крепи капитальных выработок / Н. С. Булычев, Н. Н. Фотиева, Е. В. Стрельцов. – М.: Недра, 1986. – 288 с.
3. Борщевский С. В. Расчет крепи ствола методом конечных элементов / С. В. Борщевский, В. Д. Петренко, А. Л. Тюткин, Е. Б. Антонов, М. С. Плешко. // Міжвід. зб. наук. праць «Геотехнічна механіка». – Дніпропетровськ: ІГТМ НАНУ ім. М.С. Полякова, 2006. – Вип. 66. – С. 89-96.
4. Перельмутер, А. В. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа / А. В. Перельмутер, В. И. Сливкер. – К.: Сталь, 2002. – 600 с.
5. SCAD для пользователя / В. С. Карпиловский, Э. З. Криксунов, А. В. Перельмутер и др. – К.: ВВП «Компас», 2000. – 332 с.
6. Тюткін, О. Л. Основи енергетичного підходу до аналізу напружено-деформованого стану системи «кріплення–масив» / О. Л. Тюткін. // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, Дніпропетровськ: Вид-во ДПТУ, 2009. – Вип. 26. – С. 141-146.