

SECTION 1 STRENGTH OF MODERN MATERIALS AND STRUCTURES
СЕКЦІЯ 1 МІЦНІСТЬ СУЧАСНИХ МАТЕРІАЛІВ І КОНСТРУКЦІЙ

УДК 620.284

О. Повстяной, д.т.н., проф., Р. Полінкевич, к.т.н., доц., Н. Редько, асп.
Луцький національний технічний університет

**ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ ПОРИСТИХ ПРОНИКНИХ МАТЕРІАЛІВ
МЕТОДАМИ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ**

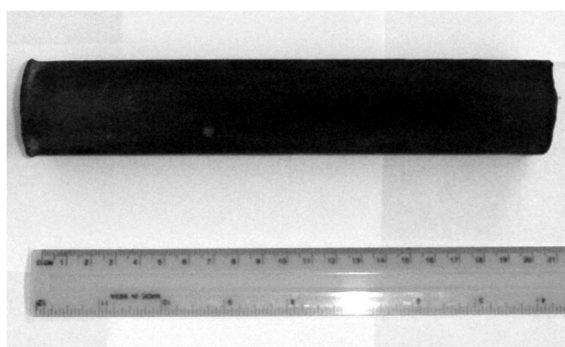
O. Povstianoi, Dr., Prof., R. Polinkevich, Ph.D, Assoc. Prof., N. Redko, graduate student
Lutsk National Technical University

**RESEARCH OF THE STRENGTH OF POROUS PERMEABLE MATERIALS USING
COMPUTER SIMULATION METHODS**

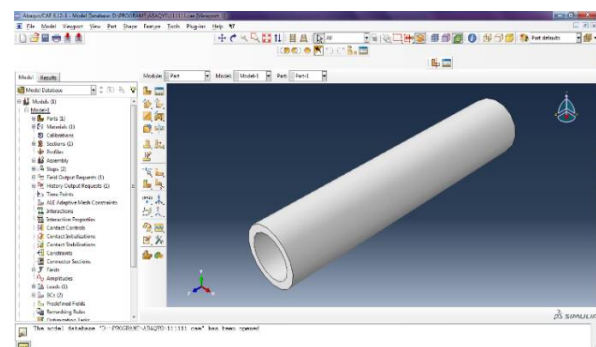
Abstract. The strength of porous permeable materials significantly affects the quality of the final product, and therefore, among the new methods of its determination, the use of computer modeling is important, which is based on the finite element method, and with which it is possible to predict the quality indicators of the final product and analyze the stress-strain state under the influence of mechanical loads.

Аналіз міцності пористих проникних матеріалів (ППМ) за допомогою комп'ютерних технологій проводили науковці у своїх дослідженнях[1-3]. Особливість цих робіт в тому, що за допомогою тих чи інших математичних моделей, програмних комплексів, а також розроблених алгоритмів розглядається структура уже сформованих ППМ під дією механічних навантажень.

Моделювання та дослідження міцності ППМ проводили у програмному комплексі ABAQUS. Досліджувався пористий проникний матеріал зовнішнім діаметром 40 мм, внутрішнім діаметром 30 мм і довжиною 220 мм, виготовлений із матеріалу – порошок сталі ШХ15 (рис.1) і навантажений силою $P=10$ кПа, яка прикладена до тіла ззовні та зсередини.



а)



б)

Рис. 1. Загальний вигляд (а) та модель (б) ППМ виготовленого з порошку ШХ15

Візуальне відображення прикладання тиску ззовні представлено на рис.2.

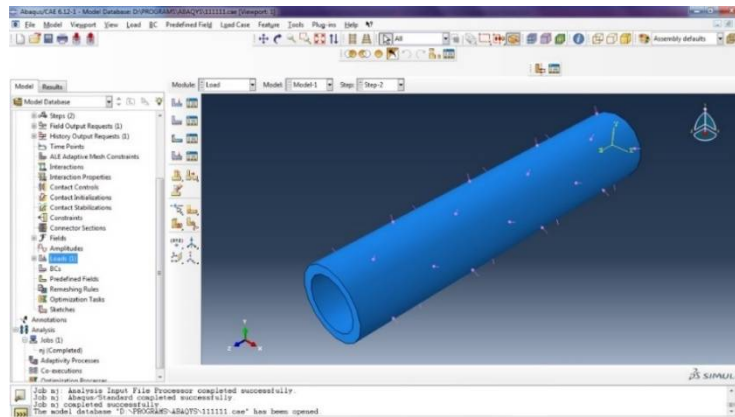


Рис. 2. Модельне відображення прикладених до ППМ навантаження

Як критерій міцності у програмному комплексі ABAQUS цього разу вибираємо кількість питомої потенціальної енергії формозміни, накопиченої zdeформованим ППМ. Небезпечний стан (текучість) у загальному випадку напруженого стану виникає тоді, коли питома потенціальна енергія формозміни досягне свого критичного значення. Еквівалентне напруження за четвертою теорією Губера-Мізеса буде рівним:

$$\sqrt{\frac{1}{2}[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]} \leq [\sigma] \quad (1)$$

Далі проводяться розрахунки та отримуються результати прикладання тиску ззовні (рис.3).

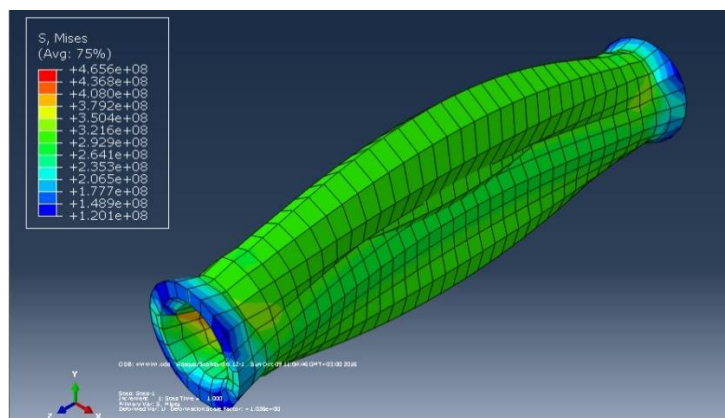


Рис. 3. Розподілення навантаження на ППМ за критерієм максимального напруження за Губером-Мізесом ззовні

У даному випадку ми отримуємо модельне уявлення розподілення навантаження на ППМ за критерієм максимального напруження за Губером-Мізесом. Деталь відображається в zdeформованому вигляді. Зеленим кольором показано допустимі навантаження на ППМ за критерієм максимального напруження за Мізесом, а червоним відображено перевищення гранично допустимих навантажень.

Змінимо критерій руйнування в ABAQUS) і відображуємо розподілення по тиску (рис.4).

У даному випадку ми отримуємо модельне відображення розподілення навантаження на ППМ за критерієм руйнування. Деталь відображається в zdeформованому вигляді. Зеленим кольором показано допустимі навантаження на ППМ, а червоним відображено перевищення гранично допустимих навантажень.

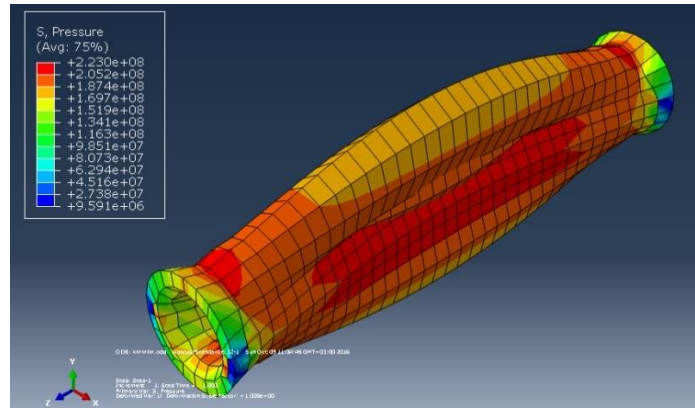


Рис. 4. Розподілення деформацій по ППМ під дією заданого тиску

Результати моделювання та дослідження міцності представлено у вигляді графічної залежності, яка представлена на рис.5.

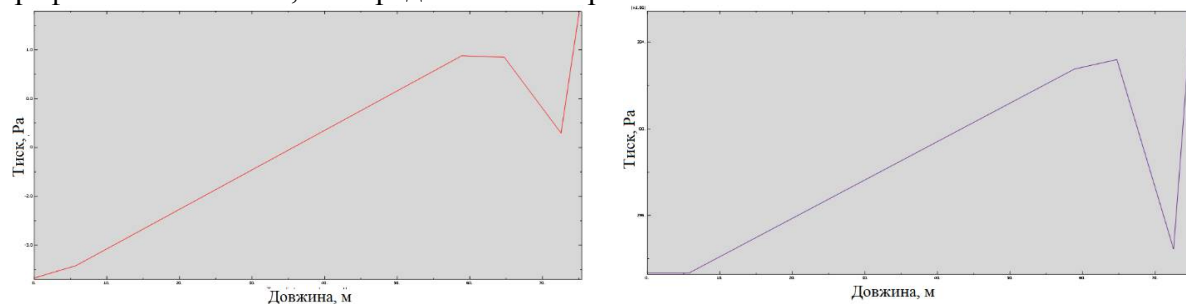


Рис. 5. Графіки залежності тиску, що діє на ППМ від довжини перерізу (а) та зсередини (б)

Як видно з рис.5 чим далі від зони закріплення ППМ діє навантажувальне середовище (вода, повітря, газ), тим більший тиск створюється у ППМ. У нашому випадку тиск зсередини при проходженні води менше діє на ППМ, ніж тиск, прикладений ззовні.

Організація програмного середовища моделювання ABAQUS надає можливість досліджувати та прогнозувати закономірності формування структури та властивості матеріалів з урахуванням розмірів структурних елементів, встановлення кореляційних зв'язків між складовими, будовою; а також використовується для аналізу напружено-деформованого стану під дією механічних та термічних навантажень, базою для яких слугує метод скінчених елементів.

Література

1. Повстяной О. Ю., Рудь В. Д., Імбірович Н. Ю., Гальчук Т. Н., Четвержук Т. І., Смаль М. В., Дзюбинський А. В. «Оптимізація властивостей багатопорових поруватих проникних матеріалів». Фізико-хімічна механіка матеріалів. 2020. Том 56. №4. С. 88-92
2. Chindaprasirt P., Hatanaka S., Mishima N., Yuasa Y., Chareerat T. Effects of binder strength and aggregate size on the compressive strength and void ratio of porous concrete. *Int. J. Miner. Metall. Mater.* 2009;16:714–719.
3. Lim E., Tan K.H., Fwa T.F. Effect of Mix Proportion on Strength and Permeability of Pervious Concrete for Use in Pavement. *J. East. Asia Soc. Transp. Stud.* 2013;10:1565–1575.