

Kyiv National University of Construction
and Architecture (Ukraine)

Fachhochschule Dortmund (Germany)

Astana IT University (Kazakhstan)

Certificate of the State Registration
KB № 24827-14767 P dated 20.04.2021

ISSN 2617-0264 (print) ISSN 2664-2697 (online)

DOI: 10.32347/tit2021.41

Published once a year

TRANSFER OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES

Founded in December 2017

Vol 4, No 1 (2021)

EDITOR-IN-CHIEF

Mykhailo Sukach Dr.Tech.Sc., Prof., KNUCA, Kyiv

DEPUTY EDITOR

Sergey Bushuyev Dr.Tech.Sc., Prof., KNUCA, Kyiv

EDITORIAL BOARD

Volodymyr Cherniavskiy Dr. of Architecture, Prof.,
NAFAA, Kyiv

Volodymyr Golubets Dr.Tech.Sc., Prof., Ukrainian
National Forestry University, Lviv

Valery Guliaiev Dr.Tech.Sc., Prof., National Transport
University, Kyiv

Viktor Haidaichuk Dr.Tech.Sc., Prof., KNUCA, Kyiv

Valerii Jakovenko Dr.Tech.Sc., Prof., KNUCA, Kyiv

Mykola Jakovlev Dr.Tech.Sc., Prof., NAA Institute for
Modern Art Problems of Ukraine, Kyiv

Vitaly Kirilyuk Dr.Phys. and Math.Sc., Lead.Res., NAS
S. Tymoshenko Institute of Mechanics
of Ukraine, Kyiv

Svjatoslav Kravets Dr.Tech.Sc., Prof., National University
of Water and Environmental Engineer-
ing, Rivne

Petro Kulikov Dr.Econ.Sc., Prof., KNUCA, Kyiv

Vadym Kutsevich Dr. of Architecture, Prof., KNUCA, Kyiv

Leonid Lobanov Full member of NASU, Dr.Tech.Sc.,
Prof., NAS E.O.Paton Institute of Electric
Welding of Ukraine, Kyiv

Viktor Malyshev Dr.Chem.Sc., Prof., University Ukraine,
Kyiv

Ihor Ogirko Dr.Phys. and Math.Sc., Prof., Ukrainian
Academy of Printing, Lviv

Roman Rohatynskiy Dr.Tech.Sc., Prof., Ternopil Ivan
Puluy National Technical University

Volodymyr Romanov Dr.Tech.Sc., Prof., NAS V.Glushkov
Institute of Cybernetics of Ukraine, Kyiv

Valerii Samoilenko Dr.Phys. and Math.Sc., Prof., Taras
Shevchenko National University of Kyiv

Oleg Sleptsov Dr. of Architecture, Prof., KNUCA, Kyiv

Oleksandr Trofymchuk Corr.-member of NASU, Dr. Tech.
Sc., Prof., NAS Institute of Telecommu-
nications and the Global Information
Space of Ukraine,

Kostiantyn Zabolotnyi Dr.Tech.Sc., Prof., NTU of Ukraine
Dnipro Polytechnic, Dnipro

Oleksandr Zbrutskiy Dr.Tech.Sc., Prof., NTU of Ukraine,
Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute

Languages of the publications English, Ukrainian,
Russian

Original works and authoritative reviews of innovative tech-
nologies in construction, architecture, other fields of science
and technology. New solutions and methods for measuring,
predicting and studying the properties of materials, struc-
tures, technological processes. Different aspects of design,
production and operation of industrial, civilian objects, infra-
structure. Problems of energy, ecology, computer and infor-
mation technology

SUBJECT EDITORS

Tamara Panchenko (Construction, Architecture)
Dr. of Architecture, Prof., KNUCA, Kyiv

Sergey Bilyk (Engineering, Environmental Science)
Dr.Tech.Sc., Prof., KNUCA, Kyiv

Yurii Khlaponin (Information Technologies) Dr.Tech.Sc.,
Prof., KNUCA, Kyiv

INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD

Andrii Biloshchytskyi Dr.Tech.Sc., Prof., Astana IT
University, Nur-Sultan (Kazakhstan)

Nikolaj Goranin PhD, Ass.Prof., Vilnius Gediminas
Technical University (Lithuania)

Miklos Hajdu PhD, Prof., Budapest University of Tech-
nology and Economics (Hungary)

Chuanbao Jia PhD, Ass.Prof., Shandong University,
Jinan, Shandong (China)

Ihor Loukiantchouk Dr.Phys. and Math.Sc., Prof.,
University of Picardie (France)

Mirosław Skibniewski PhD, Prof., University
of Maryland, College Park (USA)

Hiroshi Tanaka PhD, Prof., Okayama Prefectural
University (Japan)

José Ramón Otegi-Olaso PhD, Ass.Prof., University
of the Basque Country (Spain)

Pavel Urbanovich Dr.Tech.Sc., Prof., Belarusian State
Technological University (Belarus)

Carsten Wolff Dr.Tech.Sc., Prof., Fachhochschule
Dortmund (Germany)

Walery Wysoczanski PhD, Center for Integral
Ecology Laudato Si, Warsaw (Poland)

The journal is included in the List of scientific professional
editions of Ukraine in accordance with the Order of the
Ministry of Education and Science of Ukraine

Approved by Academic Council of Kyiv National
University of Construction and Architecture
24 June 2021, Protocol No 42

Content

To the conference participants.....	4
Working program.....	5
Preprint articles.....	19

Section 1. Construction, Architecture

Ірина Руднєва. Підсилення металевих конструкцій зовнішнім армуванням методом наклеювання високоміцних фіброармованих систем: аналітичний підхід.....	19
Ludmila Grigoryeva. Piezoelectric devices for energy harvesting in building structures.....	22
Валерій Товбич, Наталія Куліченко, Микола Сисойлов. Закон нормального розподілу ЗТРК-комплексів у структурі містобудівних утворень.....	25
Микола Осетрін, Тетяна Шилова. Облаштування вулиці – запорука поліпшення безпеки руху... ..	27
Ірина Булах. Формування архітектурного простору закладів охорони здоров'я на основі ландшафтного дизайну.....	29
Ірина Руднєва. Застосування лазерного сканування для моніторингу стану будівель та споруд при реконструкції.....	33
Анатолій Дружинін, Оксана Давиденко. Будівельне дипломне проектування за BIM-технологією.....	37

Section 2. Engineering, Environmental Science

Sergey Maksimov, Alla Radzievskaya, Liudmyla Nyrkova, Switlana Osadchuk. Corrosion resistance of welded joints made by underwater wet welding.....	41
Михайло Сукач, Анатолій Кравчук. Вдосконалення крано-маніпуляторної техніки для аварійно-рятувальних та відновлювальних робіт.....	47
Юрій Абрашкевич, Олександр Марченко. Навантаження абразивних армованих кругів при зміні технологічних параметрів.....	52
Богдан Пащенко, Олександр Литвиненко. Інструментальний програмний комплекс для імітаційного моделювання процесів мембранного розділення рідких дисперсних систем.....	56
Ігор Косминський. Застосування привантажувачів при виготовленні виробів з використанням сухих сумішей.....	60
Володимир Супонєв, Віталій Ругулін. Формування свердловин для підземних інженерних комунікацій гвинтовим робочим органом.....	63
Julia Świerżewska, Salomea Kaszczewska, Wojtek Młodziejewski. Aspekty medyczo-prawne dotyczące żywienia w kontekście bezpieczeństwa ekologicznego żywności.....	66
Олена Заміховська, Леонід Заміховський, Іван Левицький, Микола Николайчук. Геоінформаційна система моніторингу стану річкових вод.....	68
Вячеслав Приходько. Математичне моделювання екологічної безпеки на основі баз даних колективного дистанційного доступу. На прикладі зсувних ділянок Середнього Придніпров'я.....	72
Олексій Гопонов. Встановлення технічної продуктивності ланцюгового екскаватора з різцями, що працюють в умовах критичноглибинного різання ґрунтів.....	78

Інструментальний програмний комплекс для імітаційного моделювання процесів мембранного розділення рідких дисперсних систем

Богдан Пащенко¹, Олександр Литвиненко²

Національний університет харчових технологій МОН України
Володимирська вул. 68, Київ, Україна, 01601

¹Hoykke@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9623-9061>
²litvinen_nuft@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8975-2265>

Отримано 22.04.2021, прийнято 19.05.2021
<https://doi.org/10.32347/tit2141.0204>

ВСТУП

Однією з основних проблем соціально-економічного розвитку сучасного суспільства у XXI є вдосконалення структури харчової промисловості, як однієї з провідних ланок світового господарства. Для досягнення цієї мети потрібно забезпечити вирішення цілого спектру наукових, технічних, економічних та екологічних питань, що потребує комплексного поєднання декількох сучасних технологій. Особливе місце серед них посідають мембранні, що використовуються для розділення дисперсних систем на багатьох харчових підприємствах і дозволяють створювати енергетично- та екологічно раціональні варіанти розділення та концентрування розчинів із застосуванням широкого спектру фільтрувальних елементів на основі неорганічних матеріалів. Важливу роль в їх дослідженні відіграє комп'ютерне моделювання. Сучасний технічний рівень програмного забезпечення дозволяє вирішити цю проблему, але тільки при наявності комплексної методики дослідження на базі інформаційних технологій проектування. Це забезпечить найбільш повне врахування усіх аспектів технологічного процесу.

МЕТА І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою роботи є створення цифрової (імітаційної) моделі процесу мембранного розділення дисперсних систем (ДС) за допомогою розробленого інструментального програмного комплексу PLAST-POR-M+GiD, що складається з двох підсистем:

1) PLAST-POR-M, яка призначена для проведення обчислювальних експериментів по дослідженню процесів мембранного розділення з врахуванням напружено-деформованого стану мембранних елементів;

2) PLAST-POR-M+GiD, призначена для проведення обчислювальних експериментів по визначенню кількісних параметрів незворотного деформування шару осаду та визначення його коефіцієнту проникності.

Цифрова модель PLAST-POR-M, у свою чергу, складається з наступних основних складових:

1) графічного редактора для створення геометричної моделі пористого каркасу;

2) сіткового генератора для автоматизованого генерування скінченно-елементної моделі пористого каркасу;

3) визначення початкових та граничних умов згідно розрахункової схеми технологічного процесу;

4) обчислювального процесора, що реалізує рівноважні та нерівноважні режими деформування ДС з відповідними розрахунками технологічних параметрів;

5) візуалізації результатів розрахунків у вигляді кольорової карти досліджуваних функцій;

6) засобів моніторингу, що здійснюють взаємодію підсистем;

7) бази даних для зберігання результатів обчислювальних експериментів.

PLAST-POR-M це комплекс із програми для створення кінцево-елементних сіток і пре/постпроцесингу (Pascal з використанням векторної графіки), розрахункової програми, що базується на методі кінцевих елементів – МКЕ (fortran) і оптимізатора

сіток на основі обраної моделі пористого середовища [1]. Взаємодія між цими програмами здійснюється за допомогою командного рядка.

Рівняння (1, 2) описують поведінку суміші в динамічній постановці. Розв'язання цих рівнянь пов'язано із значними математичними труднощами. Завдяки комплексу програм PLAST-POR-M задача автоматизованого опису процесу мембранного розділення ДС чисельно розв'язується в квазістатичній постановці на основі розв'язання рівняння (3) із використанням заданого розподілення тиску ΔP в об'ємі ДС та математичної моделі процесу.

$$k = \frac{P(t)Vc_1}{\mu\Delta P}; \quad (1)$$

$$\tau = \frac{V}{Q} = \frac{\pi r^2 l}{\pi r^4 \Delta P / 8\mu l} = \frac{8\mu \cdot l}{\pi r^2 \Delta P}, \quad (2)$$

де k – коефіцієнту проникності каркасу мембрани, $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{Па})$; τ – час до критичного зниження питомої продуктивності, с; V – об'єм ДС у порі, (м^3); P – пористість каркасу мембрани, n – число пор, що припадають на одиницю площі фільтрації; r – радіус часточок осаду, м; S – площа фільтрації, м^2 ; ΔP – рушійна сила процесу, МПа; μ – коефіцієнт в'язкості осаду, l – довжина пори, м, Q – питома продуктивність мембранної комірки, $\text{л}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$; c_1 – об'ємний вміст фази у ДС.

Інтервал тривалості технологічного процесу дискретизується шляхом розподілу на певну кількість інтервалів Δt . Алгоритми PLAST-POR-M розв'язують задачу по визначенню напружено-деформованого стану ДС під дією рушійної сили процесу. В результаті визначається поле градієнту тиску ΔP в об'ємі ДС, а далі визначається поле відносних швидкостей твердої та рідкої фаз.

$$\Delta P = \frac{2k \cdot e}{r} \cdot ik, \quad (3)$$

де e_{ik} – швидкість деформування у точках шару осаду.

Процес створення матричної сітки пористого тіла з використанням лише цифрової моделі PLAST-POR-M не достатньо зруч-

ний та трудомісткий, що ускладнює процес вирішення завдань за допомогою цього програмного комплексу [2]. Разом з тим серед постійно зростаючого різноманіття різних сучасних CAE систем, комплекс PLAST-POR-M відрізняється якісним оригінальним математичним процесором, хоча і архаїчним у плані ергономіки інтерфейсом. Тому перед авторами постало питання про його модернізацію. Увага була приділена програмному комплексу GiD.

Комплекс GiD є графічним препроцесором з потужним апаратом геометричного моделювання, дискретизації геометричних моделей і широкими можливостями імпорту геометрії та сіток із інших CAE/CAD програм, гнучким графічним постпроцесором, що дозволяє аналізувати результати виконаних обчислень. Однією з особливостей та основною ідеєю GiD, яка обумовлює можливість використання даного пакету для описаних вище цілей є можливість додаткового використання компонентів сторонніх програм. Таким чином зазначений програмний комплекс є універсальним для вирішення поставленого спектру задач.

Для створення цифрової моделі використано мову програмування TCL, що дозволяє скомпілювати роботу алгоритмів програмного пакету PLAST-POR-M із відповідними алгоритмами графічного препроцесору GiD. Таке поєднання дозволило підвищити точність та зручність розробленого програмного комплексу.

Зважаючи на вище зазначене, було прийняте рішення про взаємодоповнення пре/постпроцесору використаного програмного комплексу, залишивши при цьому власну розрахункову програму деформації фільтрувального елемента на базі MCE – цифрову модель PLAST-POR-M (тут і надалі «вирішувач») [3].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Взаємодія між препроцесором GiD і «вирішувачем» здійснювалась шляхом обміну файлами даних. Тому для передачі інформації, про побудовану (або імпортовану) в препроцесорі модель у вхідний

файл «вирішувача», використовується система шаблонів.

Шаблон являє собою файл з розширенням .bas, написаний, відповідно до встановлених алгоритмів, який вказує препроцесору у якому вигляді потрібно записати дані про сітку у файл. Шаблон складається з набору певних символів, які, окрім ключових слів, сприймаються за символом «*». Такі дані GiD обробляє, як простий текст, і в тому ж вигляді передає у вхідний файл (Рис. 1).

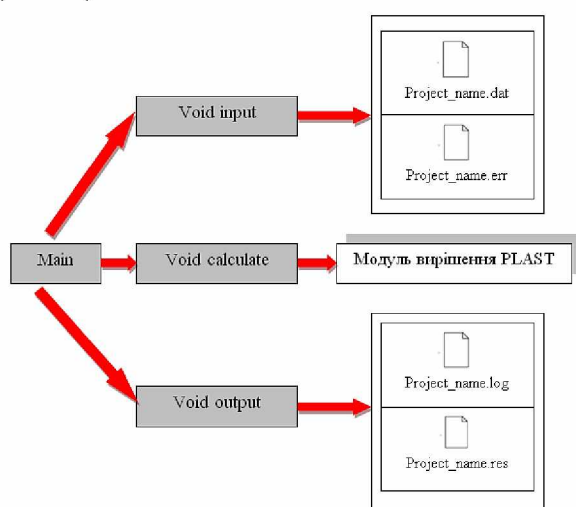


Рис. 1. Схема взаємодії елементів комплексів GiD та PLAST-POR-M

У даному наборі алгоритмів присутні стандартні цикли, умови, елементи та «message-бокси» для повідомлень про помилки, а також програмні процедури, написані мовою TCL.

Для вирішення конкретної задачі ущільнення шару осаду при мембранному розділенні, наявності різних типів (та способів їх опису) матеріалів, граничних умов та врахування структурно-механічних параметрів, були створені текстові файли з відповідними розширеннями для розміщення у відповідному каталозі комп'ютерної системи [4]. Роботу програмної структури комплексу PLAST-POR-M+GiD схематично відображено на Рис. 2.

Поєднання програмних алгоритмів моделі PLAST-POR-M з CAE-комплексом GiD дозволяє вирішити задачу чисельного опису процесу мембранного розділення з ущільненням шару осаду та визначенням

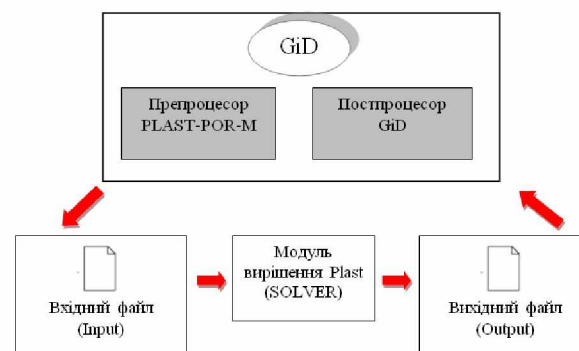


Рис. 2. Структурна схема програмного комплексу PLAST-POR-M+GiD

коефіцієнту проникності. Вона дозволяє, використовувати математичні моделі власної розробки та різного рівня складності реалізовані у вигляді власного «вирішувача». При цьому не потрібно ускладнювати розв'язання поставленої задачі складними та важкими програмними комплексами (наприклад, ANSYS, тощо). Розроблена цифрова модель є зручним засобом для повної візуалізації, прогнозування та отримання чисельних значень параметрів різноманітних технологічних процесів із заданими характеристиками та виконанням потрібних досліднику чи виробництву функцій [5]. Такий механізм дозволяє чисельно описати процес мембранного розділення рідкої ДС в «квазіплоскій» постановці, перетворити отримані дані у вигляд зрозумілий спостерігачеві та готовий до подальшої статистичної обробки.

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Проведена апробація розробленого програмного комплексу та цифрової моделі процесу мембранного розділення ДС на прикладі розділення модельного розчину за допомогою керамічної трубчастій мембрани «Inporog ultra» показала задовільні результати. Апробація проводилась шляхом порівняння отриманих числових значень питомої продуктивності процесу мембранного розділення, часу до повного блокування проходження рідкої ДС крізь пори мембрани, коефіцієнту проникності фільтрувального елемента та шару осаду, а також за статистичним критерієм Фішера. Він

становив 1,21, що задовольняє умову $F_p < F_{KP}$ ($F_{KP} = 3,79$ при відповідних дисперсіях вибірок даних), що свідчить про адекватність розробленого комплексу. При цьому ймовірність розрахованого критерію Фішера становила $\alpha_p = 0,41$, що відповідає наступній умові адекватності: $\alpha_p > \alpha$ ($\alpha = 0,05$). Отримані внаслідок апробації числові співвідношення значень імітаційного та фізичного моделювання мають розбіжність менше 9%, що свідчить про високу точність створеної математичної моделі та програмного комплексу на її основі (Табл. 1).

Таблиця 1
Співставлення результатів моделювання

Показники	Імітаційне моделювання		Фізичний експеримент	
Коефіцієнт проникності, $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{Па})$	2,39	1,65	1,94	1,32
Продуктивність, $\text{л}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$	31,7	24,5	27,6	20,7

Отримані результати та розробки можуть бути використані у проектувальних розрахунках при вдосконаленні апаратурно-технологічних схем очищення стоків харчових виробництв, у технологіях водопідготовки, тощо. Використання інструментального програмного комплексу PLASTPOR-M+GiD дозволить підвищити ефективність роботи відповідного технологічного обладнання харчових підприємств на 10...15%.

Ключові слова: комп'ютерне моделювання, програмний комплекс, мембранне розділення дисперсних систем.

ЛІТЕРАТУРА

1. Shtefan E., Pashchenko B., Blagenko S., Yastreba S. (2018). Constitutive Equation for Numerical Simulation of Elastic-Viscous-Plastic Disperse Materials Deformation Process. *Advances in Design, Simulation and Manufacturing: Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 1, 356-363. DOI: 10.1007/978-3-319-93587-4_37.
2. Пашенко Б.С., Литвиненко О.А., Штефан Є.В. (2019). Інформаційно-аналітична методика для прогнозування і розрахунку конструктивних параметрів мембранних фільтрувальних елементів. *Матеріали ІХ міжнарод. наук.-практ. конф. Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем*. Чернігів: ЧНТУ.
3. Пашенко Б.С., Штефан Є.В. (2018). Моделювання ущільнення шару осаду при мембранному розділенні. *Матеріали міжнарод. наук.-практ. конф. «Мембранні процеси та обладнання в харчових технологіях та інженерії»*. Київ: НУХТ.
4. Пашенко Б.С., Штефан Є.В. (2016). Визначення концентрацій фаз при мембранному фільтруванні рідких середовищ. *Наукові праці ОНАХТ*, 80 (1), 94-97.
5. Литвиненко О.А., Штефан Е.В. Пашенко Б.С. (2017). Особливості зношування конструкційних матеріалів у харчових середовищах. *Матеріали ІІ міжнарод. наук.-практ. конф. Системи розроблення та постановлення продукції на виробництво. Індустрія 4.0. Сучасний напрямок автоматизації та обміну даними у виробничих технологіях*. Суми: СумДУ.

Scientific Edition

TRANSFER OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES

Vol.4, No.1 (2021)

According to the VII International scientific and practical conference
Transfer of Innovative Technologies 2021

Articles is published in the author's wording

- ▶ Design, style and contents of the magazine are subject to copyright and are protected by law
- ▶ The authors of the publications are responsible for the content and validity of the data given there
- ▶ The editorial staff reserves the right to edit and reduce the materials submitted
- ▶ Proceedings of the conference are published online and are registered by DOI as an object of intellectual property
- ▶ Reprints of material placed in the journal are allowed only with the written consent of the editorial board

The journal is indexed in world databases

Google Academy <http://scholar.google.com.ua> CrossRef <https://www.crossref.org>
Index Copernicus www.journals.indexcopernicus.com Ulrichs Web <http://ulrichsweb.serialssolutions.com>
Web ИРБИС <http://irbis-nbuv.gov.ua>

The original layout is made in the editorial office of the journal
Transfer of Innovative Technologies

Responsible for the issue	Dmytro Mischuk
Linguistic consultant	Valery Gastinshchikov
Computer layout	Lev Sukach
Editing and proofing	Alexandra Danilina
Layout and cover	Tatyana Roschenko

Journal Editorial Staff

KNUBA, Povitroflotsky Avenue 31,
Labor. corp., of. 2313, Kyiv, Ukraine, 03037
+38 044 2454217, +38 095 6297417
www.tit.knuba.edu.ua, tit.edit@ukr.net

Publisher and manufacturer

Lesia Publishing House
Certificate No 892, ДК series from 08.04.2002
Kyiv, mailbox 115
phone/fax +38 050 4697485, +38 068 3408332
lesia3000@ukr.net

Signed for printing on June 10, 2021. Format 60×84 1/8
Paper offset. Printing offset. Times New Roman
Cond. print. sheets 13,95. Circulation 100 copies