

Шаповал А. А., Стрельцова Ю. В.

РЕСУРСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ Й ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНИХ ТЕПЛОВИХ ТРУБ

Двофазні теплопередавальні пристрої, сконструйовані на основі теплових труб (ТТ) та їхніх різновидів – термосифонів (ТС), є ефективними конструктивами, перспективними для застосування в нових видах хіміко-енергетичного обладнання та устаткування. Теплофізичні характеристики ТТ і ТС значною мірою залежать від фізико-технічних параметрів і характеристик капілярних структур (КС). Металоволокнисті капілярні структури (МВКС), розроблені й досліджені в Інституті проблем матеріалознавства НАН України, є одними з кращих КС. Ці структури за низкою теплофізичних і гідродинамічних характеристик є кращими, аніж КС, виготовлені із сіткових і порошкових матеріалів. Технологічні проблеми виготовлення МВКС, в основному, є вирішеними. Проте питання стабільності основних експлуатаційних характеристик ТТ, зокрема їхнього термічного опору теплопровідності $R_{\text{ТР}}$ і працездатності за довготривалої експлуатації, є вивченими недостатньо. Отримання таких даних та їхній аналіз є актуальною задачею.

Дослідження впливу часу на теплофізичні характеристики теплових труб низькотемпературного діапазону й визначення термічних опорів $R_{\text{ТР}}$ за малосерійного виготовлення цих пристроїв є метою цієї статті.

Створено експериментальний стенд, до складу якого входять шість теплових труб із мідними та іржос-тійкими корпусами та капілярними структурами, електролічильник, призначений для контролю ресурсу роботи ТТ, автотрансформатор напруги та запобіжні пристрої. Робоча рідина-теплоносіє – дистильована вода. Результати досліджень свідчать, що мідні ТТ із мідними КС безвідмовно та надійно функціонують протягом тривалого часу. Для збільшення ресурсу й тривалості стійкої роботи ТТ рекомендовано використання сталей із вмістом вуглецю до 0,03 %. Доцільним методом є легування сталей молібденом і створення захисних поверхневих шарів травленням. Також ефективними є створення шарів пасивних матеріалів на внутрішніх поверхнях ТТ (тривале низькотемпературне окислювання та оміднення).

Ключові слова: теплові труби, ресурс, довговічність, надійність.

Список використаної літератури

1. *Справочник по теплообменникам* : в 2 т. / пер. с англ. под ред. О. Г. Мартыненко и др. – М. : Энергоатомиздат, 1987. – Т. 2. – 352 с.
2. *Чи С.* Тепловые трубы. Теория и практика / С. Чи ; пер. с англ. – М. : Машиностроение, 1981. – 204 с.
3. *Васильев Л. Л.* Теплообменники на тепловых трубах / Л. Л. Васильев. – Мн : Наука и техника, 1981. – 143 с.
4. *Теплові труби з капілярної структури на основі композиційних градієнтних матеріалів для теплообмінних систем космічного та авіаційного призначення* / А. Р. Косторнов, А. А. Шаповал, Р. А. Фролов та ін. // *Космічна наука і технологія*. – 2012. – Т. 15. – № 2. – С. 69-79.

УДК 662:004.92

ВАНІН В. В., д.т.н., проф.; ВІРЧЕНКО Г. А., д.т.н., доц.; ВІРЧЕНКО Г. І., здобувач
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

ЗАСТОСУВАННЯ СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ НАФТОПЕРЕРОБНОГО ОБЛАДНАННЯ

Проаналізовано можливість застосування комп'ютерного структурно-параметричного моделювання для удосконалення автоматизованого проектування нафтопереробного обладнання. Зроблено посилання на досвід створення складної продукції, розв'язання конструкторсько-технологічних задач виготовлення композиційно-волокнистих матеріалів, реалізації варіантного формоутворення в архітектурі й будівництві. Показано, що структурно-параметрична методологія значною мірою є інваріантним компонентом сучасних комп'ютерних технологій, відносно різних проєктованих об'єктів. Для успішного впровадження її потрібно адаптувати до умов використання. Розглянуто проведення комплексної оптимізації продукції на основі застосування комп'ютерних структурно-параметричних моделей, що є узгоджувальними, інтегруючими для інших моделей, наприклад, міцності, технологічних, експлуатаційних тощо. Гнучкий і продуктивний усебічний автоматизований аналіз достатньо великої кількості проєктних варіантів створюваних об'єктів суттєво підвищує їхню якість. Запропоновані підходи проілюстровано на конкретних прикладах

моделювання конструкцій і виробничих процесів уповільненого коксування. Окреслено перспективи подальших досліджень та ефективного впровадження їхніх результатів.

Ключові слова: автоматизоване проектування, комплексна оптимізація, нафтопереробне обладнання, структурно-параметричне моделювання.

© Ванін В. В., Вірченко Г. А., Вірченко Г. І., 2016.

Постановка проблеми. Розвиток нафтопереробної промисловості полягає в оптимальному розв'язанні складних задач випуску якісної продукції в потрібних обсягах і заданій номенклатурі на основі ресурсозберігаючих технологій із дотриманням технічної й екологічної безпеки виробництва [1]. Успішному розв'язанню цих задач сприяє активне впровадження комп'ютерних інформаційних технологій, що значно підвищують продуктивність праці під час створення технічних об'єктів і суттєво покращують їхню якість.

Науковою школою прикладної геометрії Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» приділяється особлива увага автоматизованому проектуванню технічної продукції [3–13]. Це стосується теоретичних засад варіантного формоутворення [3, 7, 11, 12], їхнього застосування для комплексної оптимізації проектування й виробництва об'єктів машинобудування [4, 5, 8, 9], виготовлення композиційно-волокнистих матеріалів [6], розроблення будівельних споруд [10, 13] тощо.

Наведені джерела засвідчують стрімкий розвиток методології структурно-параметричного моделювання від *статичного* відображення варіантного формоутворення – до *динамічного*, від проектування окремих деталей і складаних одиниць машинобудування й технологічних процесів їхнього виготовлення – до опрацювання складних об'єктів протягом їхнього життєвого циклу. Важливим є розширення сфер застосування методології, що полягає в розробці композиційно-волокнистих матеріалів, використанні в архітектурі, будівництві тощо.

Розглянутий підхід є значною мірою інваріантним відносно проєктованих об'єктів і процесів, і для його успішного впровадження потрібна належна адаптація до наявних умов і вимог.

Метою статті є встановлення на прикладі коксової камери можливостей застосування сучасної методології комп'ютерного структурно-параметричного моделювання для автоматизованого проектування нафтопереробного обладнання.

Викладення основного матеріалу дослідження. *Сповільнене коксування* – один з ефективних способів використання важких нафтових залишків, що дозволяє довести глибину перероблення нафти до 95 %. Свою назву цей процес отримав унаслідок того, що нагріта в печі сировина швидко перекачується в неопалювальні камери (рис. 1), де поступово стає твердим коксом з утворенням газів, бензину й гасогазойлевих фракцій. Кокс, що є цінним матеріалом для багатьох галузей промисловості, далі вивантажують із камер, після чого його дроблять і сортують.

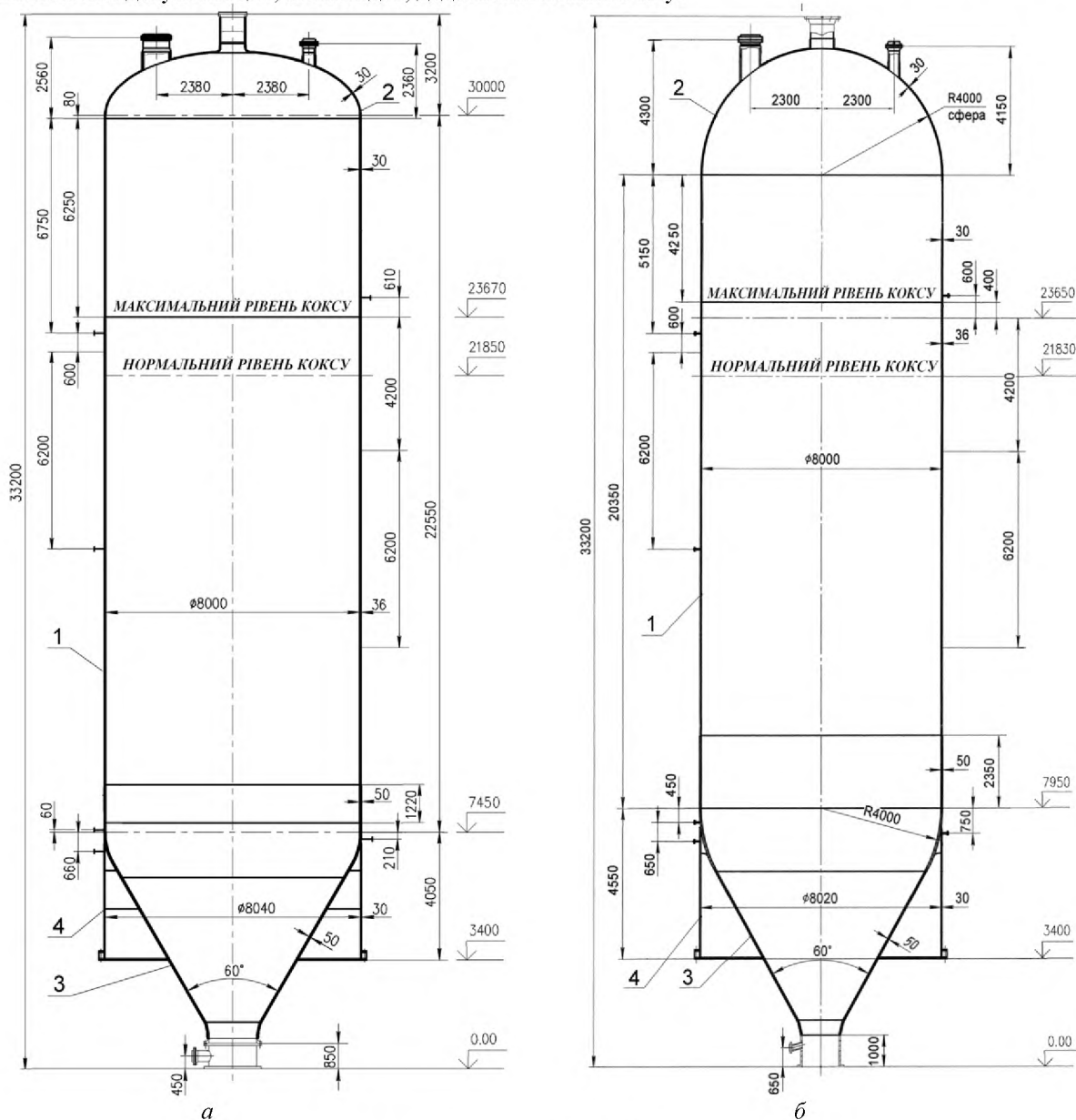
Установка сповільненого коксування має, зазвичай, парну кількість камер, що працюють по чергову. Заповнення сировиною одних відбувається, коли з інших вивантажують готовий кокс. Розміри камер визначаються продуктивністю установки та приймаються з додержанням умов щоденного вивантаження готової продукції в однаковий час. Перемикання камер забезпечує неперервне подавання сировини й періодичне вивантаження коксу.

Кількість і властивості одержуваних разом із коксом газів, бензинів і гасогазойлевих фракцій залежать [2] не лише від якості сировини (її хімічного складу, густини тощо), але й від режимних параметрів технологічного процесу, тобто температури й тиску в реакційній камері, коефіцієнта рециркуляції, витрати турбулізатора тощо. На установках сповільненого коксування підтримують, зазвичай, такі умови: температура сировини на виході з печі – 490...510 °С, тиск у верхній частині камери – 0,15...0,4 МПа, коефіцієнт рециркуляції – 1,2...1,8. Підвищення температури, тиску й коефіцієнта рециркуляції збільшує вихід газу, бензину, легкого газойля та коксу, але зменшує кількість важкого газойля. Головними чинниками, що впливають на роботу обладнання, є температура, тиск і тривалість контакту. Експлуатація коксових камер характеризується циклічними змінами температури.

Як об'єкти моделювання (рис. 1) коксові камери є вертикальними звареними циліндричними обичайками 1 із верхніми 2 і нижніми 3 днищами. Обичайки мають штуцери для підведення сировини й антипінних присадок, відведення парів, а також пристрої контролю рівня заповнення й температури. Іззовні їх теплоізолюють і встановлюють на опори 4.

На рис. 1, б наведено змінений, порівняно з рис. 1, а, варіант коксової камери, де верхнє днище має не еліптичну, а сферичну форму, а також виконані деякі інші модифікації, головною причиною яких стали вимоги заводу-виробника щодо поліпшення технологічності виготовлення обладнання. Зазначені обставини

спрочинили потребу у виконанні нових розрахунків на міцність, допрацюванні конструкторсько-технологічної документації і, як наслідок, додаткових коштів і часу.



*а – з еліптичним верхнім днищем; б – зі сферичним верхнім днищем
1 – обичайка; 2 – верхнє днище; 3 – нижнє днище; 4 – опора*

Рис. 1 – Варіанти коксових камер Р-101А/В

Окреслених та інших труднощів, пов'язаних із необхідністю адаптації типових проєктів нафтогазового обладнання до конкретних умов його виготовлення та експлуатації, можна було б уникнути, використовуючи гнучке варіантне структурно-параметричне комп'ютерне моделювання технічних об'єктів [3-10]. Цей підхід також варто застосовувати для підвищення продуктивності технологічних установок, зменшення витрат енергоносіїв і шкідливих викидів, збільшення надійності й міжремонтного ресурсу обладнання тощо.

Нижче проаналізовано деякі аспекти використання методології структурно-параметричного моделювання [3-6], її сучасних здобутків у вигляді нових способів і прийомів комбінаторно-варіаційного [7-10] та динамічного формування [11-13].

Проектування нафтопереробного обладнання має забезпечувати необхідну потужність, якість продуктів, економію ресурсів, екологічну безпеку тощо. Однак при цьому жодна технологічна установка не може переробляти будь-яку нафту, що відрізняється за своєю якістю. Звідси випливає необхідність в адаптуванні проектів типового обладнання до умов його експлуатації.

Однією з сучасних тенденцій є створення та застосування високопродуктивних комбінованих установок поглибленого перероблення нафти, в яких інтегровано типові проекти окремих технологічних процесів.

Комбінуванням декількох технологічних процесів в єдину установку досягають:

- *економії капітальних вкладень* завдяки компактному розташуванню обладнання та скороченню інженерних комунікацій;
- *скорочення експлуатаційних затрат* завдяки зменшенню питомих витрат енергоресурсів і підвищенню продуктивності праці персоналу, завдяки вищому рівню механізації та автоматизації;
- *скорочення шкідливих викидів у навколишнє середовище*.

Апарати нафтопереробних підприємств характеризуються великою номенклатурою та обладнані багатьма специфічними пристроями. Проте, це обладнання має й типові конструкційні елементи – циліндричні корпуси з однієї або декількох обичайок, днища, опори, кришки, люки, штуцери для трубопроводів, пристрої для засобів контролю тощо.

Високопродуктивним способом розроблення цих деталей і вузлів є комп'ютерне параметричне твердотільне проектування. Цей підхід дозволяє отримувати гнучкі та наочні геометричні моделі, зручні для необхідних модифікацій. Побудовані на зазначених прийомах окремі віртуальні об'єкти, у разі використання певних структурних моделей і методів їхньої оптимізації [3–13], дозволяють реалізовувати комплексне раціональне формування складних технічних систем.

Перспективним напрямом комп'ютерного варіантного формоутворення, подальшим розвитком структурно-параметричної методології моделювання є комбінаторно-варіаційний підхід [7–10], спрямований на автоматизовану побудову та аналіз великої кількості різновидів проектованої продукції. Його застосування не лише підвищує продуктивність розроблення техніки, а й суттєво покращує його якість. Багатообіцяючим є також динамічне варіантне геометричне моделювання [11–13], призначене для дослідження процесів та явищ. Зазначені способи та прийоми дозволяють ефективно відтворювати не тільки твердотільні об'єкти, але й поведінку рідин і газів. Останнє особливо важливо для дослідження технологічних процесів нафтоперероблення.

Висновки. Методологія комп'ютерного варіантного структурно-параметричного, комбінаторно-варіаційного й динамічного моделювання забезпечує зручне високопродуктивне варіювання конструкції обладнання, можливість дослідження впливу технологічних параметрів перероблення нафти на якість одержуваної продукції, успішне вирішення завдань реалізації необхідної надійності та довговічності устаткування, проведення економічного аналізу його варіантів та їхньої комплексної оптимізації. Окреслений у публікації загальний підхід потребує проведення подальших досліджень для впровадження результатів у виробничу практику.

Список використаної літератури

1. *Ахметов С. А.* Технология и оборудование процессов переработки нефти и газа / С. А. Ахметов, Т. П. Сериков, И. Р. Кузеев и др. ; под ред. С. А. Ахметова. – СПб. : Недра, 2006. – 868 с.
2. *Бендеров Д. И.* Процесс замедленного коксования в необогреваемых камерах / Д. И. Бендеров, Н. Т. Походенко, Б. И. Брондз. – М. : Химия, 1976. – 176 с.
3. *Ванін В. В.* Визначення та основні положення структурно-параметричного геометричного моделювання / В. В. Ванін, Г. А. Вірченко // Геометричне та комп'ютерне моделювання : зб. наук. пр. – 2009. – Вип. 23. – С. 42–48.
4. *Ванін В. В.* Комп'ютерне структурно-параметричне геометричне моделювання як основа для комплексної оптимізації процесів проектування та виробництва об'єктів машинобудування / В. В. Ванін, Г. А. Вірченко, Г. П. Грязнова // Восточно-Европейский журн. передовых технологий. Технологии машиностроения. – 2010. – № 5/1 (47). – С. 54–57.
5. *Ванін В. В.* Структурно-параметричні геометричні моделі як засіб інтеграції автоматизованого проектування сучасного літака / В. В. Ванін, Г. А. Вірченко // Вісн. Херсон. нац. техн. ун-ту : наук. журн. – 2014. – Вип. 3 (50). – С. 571–574.
6. *Конструкторско-технологическое проектирование технических средств для получения реактопластичных композиционно-волокнистых материалов на базе структурно-параметрического моделирования /*

- А. Е. Колосов, Г. А. Вирченко, Е. П. Колосова, Г. И. Вирченко // Хим. и нефтегазовое машиностр. – 2015. – № 7. – С. 41–46.
7. Ванін В. В. Застосування структурно-параметричного підходу як методології комп'ютерної комбінаторно-варіаційної геометрії / В. В. Ванін, Г. А. Вирченко, В. Г. Вирченко // Прикладна геометрія та інженерна графіка : наук.-техн. зб. – 2011. – Вип. 87. – С. 12–17.
 8. Камаєв Ю. М. Автоматизоване комбінаторно-варіаційне геометричне моделювання деталей машинобудування в системі Solidworks / Ю. М. Камаєв, В. Г. Вирченко, С. Г. Вирченко // Праці Тавр. держ. агро-тех. університету. – 2012. – Т. 55. – Вип. 4. – С. 99–103.
 9. Virchenko V. G. Computer combinatorial-variation geometric modeling of engineering objects / V. G. Virchenko, I. P. Taras // The Scientific Bulletin of the “Politehnica” University of Timisoara, Transactions on Hydrotechnics. – 2013. – Т. 58 (72). – Р. 173–176.
 10. Ванін В. В. Применение комбинаторно-вариационного подхода для компьютерного геометрического моделирования инженерных конструкций и сооружений / В. В. Ванін, С. Л. Шамбина, В. Г. Вирченко // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. – 2013. – № 4. – С. 3–8.
 11. Ванін В. В. Варіантне моделювання геометричних об'єктів методом поліпараметризації / В. В. Ванін, Г. І. Вирченко, С. Г. Вирченко // Проблеми інформаційних технологій. – 2014. – № 2 (16). – С. 76–79.
 12. Вирченко Г. І. Динамічне варіантне формоутворення ліній, поверхонь і тіл методом поліпараметризації / Г. І. Вирченко // Наук. нотатки : міжвуз. зб. – 2015. – Вип. 48. – С. 45–48.
 13. Ванін В. В. Вариантное компьютерное макетирование оболочек на основе полипараметризации их срединных поверхностей / В. В. Ванін, С. Л. Шамбина, Г. И. Вирченко // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. – 2015. – № 6. – С. 3–8.

Надійшла до редакції 20.10.2015

Vanin V. V., Virchenko G. A., Virchenko G. I.

PROSPECTS FOR THE USE OF STRUCTURAL-PARAMETRIC MODELING FOR THE DESIGN OF OIL REFINING EQUIPMENT

Ability to apply the methodology of computing structural-parametric modeling to improve the computer-aided design of equipment for oil refining has been analyzed in this article. Theoretical methods of computer variant structural-parametric geometric modeling of complex technical objects were developed at the Department of descriptive geometry, engineering and computer graphics of the National Technical University of Ukraine “Kyiv Polytechnic Institute”. The main tasks solved by this methodology have been analyzed in this publication. Links to relevant experience the accumulated during creating of complex engineering products, in particular, aircrafts, were made. Also, links to the successful solution of engineering and technological problems of manufacturing composite-fiber materials and implementation of variant formation in architecture and building were given.

Structural-parametric methodology is largely invariant component of modern computer information technologies in relation to various projected objects. But for its successful implementation in certain industries need a proper adaptation to existing specific conditions.

Computer structural-parametric design models perform an integrating role for many other models, such as strength, technological, operational, and so on. This appointment is constantly growing in our time due to the relentless increase of computer capabilities and scientific achievements of engineering graphics. The questions of complex optimization of technical objects that are created by using of computer structural-parametric design models were analyzed in this article.

Flexible and efficient comprehensive automated analysis of a sufficiently large number of design variants of created objects significantly improves their quality. The proposed approach is illustrated by concrete examples of modeling of constructions and production processes of oil refining (delayed coking).

Prospects for further scientific research in this field and effective implementation of their results in practice were outlined in detail in this publication.

Keywords: *computer-aided design, oil refining equipment, optimization, structural-parametric modeling.*

References

1. Ahmetov, S.A., Serikov, T.P. and Kuzeev, I.R. (2006), *Tehnologija i oborudovanie processov pererabotki nefii i gaza* [Technology and equipment of oil and gas refining], Nedra, SPb, Russia.
2. Benderov, D.I., Pohodenko, N.T. and Brondz, B.I. (1976), *Process zamedlenogo koksovanija v neobogrevaemyh kamerah* [Delayed coking process in unheated cameras], Himija, Moscow, USSR.

3. Vanin, V.V. and Virchenko, G.A. (2009), "Definitions and guidelines of structural-parametric geometric modeling", *Heometrychne ta komp'juterne modeliuвання*, vol. 23, pp. 42–48.
 4. Vanin, V.V., Virchenko, G.A. and Grjaznova, G.P. (2010), "Computer structural-parametric geometric modeling as the basis for the complex optimization of the designing and manufacturing of machine building objects", *Vostochno-Evropejskij zhurn.передovyh tehnologij*, vol. 5/1 (47), pp. 54–57.
 5. Vanin, V.V. and Virchenko, G.A. (2014), "Structural-parametric geometric models as a means of integrating automated design of modern airplane", *Visnyk Kherson's'koho natsional'noho tekhn. universytetu*, vol. 3 (50), pp. 571–574.
 6. Kolosov, A.E., Virchenko, G.A., Kolosova, E.P. and Virchenko, G.I. (2015), "Design and technological projection of technical equipment for composite-fiber materials on the basis of structural-parametric modeling", *Himicheskoe i neftegazovoe mashinostroenie*, vol. 7, pp. 41–46.
 7. Vanin, V.V., Virchenko, G.A. and Virchenko, V.G. (2011), "The use of structural-parametric approach as methodology of computer combinatorial-variation geometry", *Prykladna heometriia ta inzhenerna hrafika*, vol. 87, pp. 12–17.
 8. Kamaiev, Yu.M., Virchenko, V.G. and Virchenko, S.G. (2012), "Automated combinatorial-variation geometric modeling of machine building parts in the system Solidworks", *Prykladna heometriia ta inzhenerna hrafika*, vol. 55, pp. 99–103.
 9. Virchenko, V.G. and Taras, I.P. (2013), "Computer combinatorial-variation geometric modeling of engineering objects", *Transactions on Hydrotechnics*, vol. 58 (72), pp. 173–176.
 10. Vanin, V.V., Shambina, S.L. and Virchenko, V.G. (2013), "The use of combinatorial-variation approach for computer geometric modeling of engineering constructions and building", *Stroitel'naja mehanika inzhenernyh konstrukcij i sooruzhenij*, vol. 4, pp. 3–8.
 11. Vanin, V.V., Virchenko, G.I. and Virchenko, S.G. (2014), "Variant modeling of geometric objects by using of polyparametrization method", *Problemy informatsijnykh tekhnologij*, vol. 2 (16), pp. 76–79.
 12. Virchenko, G.I. (2015), "Dynamic variant forming of lines, surfaces and bodies by using of polyparametrization method", *Research notes*, vol. 48, pp. 45–48.
 13. Vanin, V.V., Shambina, S.L. and Virchenko, G.I. (2015), "Variant computer modeling of shells based on the polyparametrization of their middle surfaces", *Stroitel'naja mehanika inzhenernyh konstrukcij i sooruzhenij*, vol. 6, pp. 3–8.
-

УДК 621.798

КОЛОСОВ О. Є., д.т.н., проф.; СІДОРОВ Д. Е., к.т.н., доц.; МАЛЕЦЬКИЙ С. В., магістрант
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

ПРОЕКТУВАННЯ ПАКУВАЛЬНИХ ПОЛІМЕРНИХ ПЛІВКОВИХ МАТЕРІАЛІВ ІЗ БАР'ЄРНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

Описано базові вимоги до полімерного плівкового пакувального матеріалу, призначеного для довготривалого зберігання харчових продуктів. Проаналізовано основні типи взаємодій упакованого продукту і пакування. Вказано, що простіше ізолювати внутрішній простір полімерного плівкового пакування від навколишнього середовища. При цьому з ізолюваного простору пакування можна видалити повітря, зокрема, вакуумуванням, або замінити його інертним газом чи сумішшю. Зазначено, що проникність газів і газових сумішей крізь непористу полімерну плівку розглядають у рамках механізму «розчинення – дифузія». При цьому уявлення про проникність передбачає три стадії: розчинення проникної речовини на межі поділу; дифузія речовини в полімерній плівці в бік меншої її концентрації; десорбція проникної речовини на протилежній межі поділу. Одержані результати можуть бути використані для проектування пакувальних плівкових матеріалів із бар'єрними властивостями.

Ключові слова: проектування, пакування, полімер, плівка, сорбція, дифузія, проникність.

© Колосов О. Є., Сідоров Д. Е., Малецький С. В., 2016.

Постановка проблеми. Ідеальний пакувальний матеріал, окрім звичайних функцій (утримання і запобігання пошкодженню), має забезпечувати інертність і бар'єрні властивості для ізолювання упакованого продукту від навколишнього середовища [1–2]. В ідеальному випадку не спостерігається обміну молекулами між