

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 проектюваних 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 проектних 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 заданої номенклатури 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 проектюваних 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.

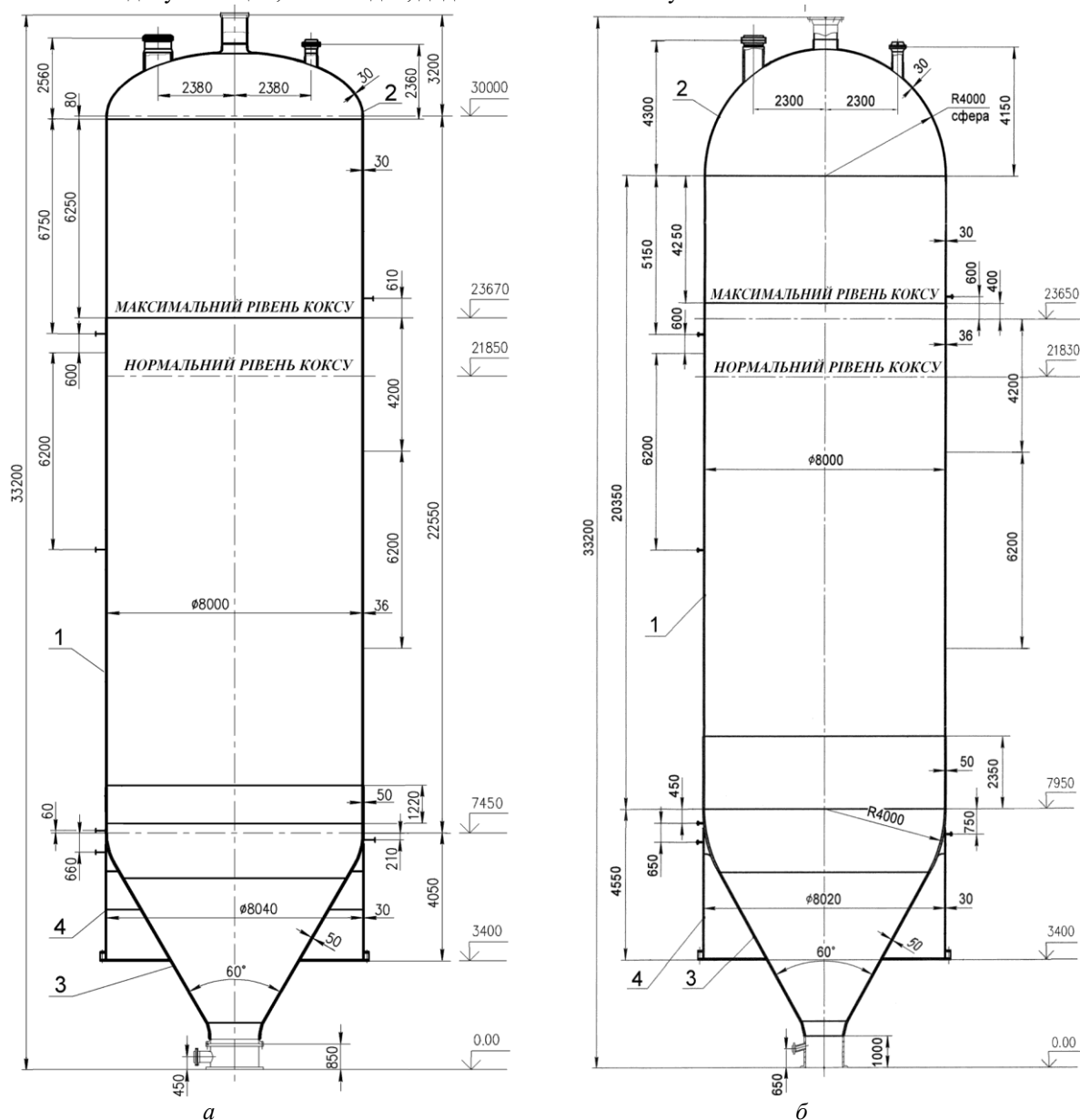
Установка сповільненого коксування має, зазвичай, парну кількість камер, що працюють почергово. Заповнення сировиною одних відбувається, коли з інших вивантажують готовий кокс. Розміри камер визначаються продуктивністю установки та приймаються з додержанням умов щоденного вивантаження готової продукції 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,

коєфіцієнт рециркуляції – 1,2...1,8. Підвищення температури, тиску й коєфіцієнта 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 кокових камер характеризується циклічними змінами температури.

Як об'єкти моделювання (рис. 1) кокові 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 кокової 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 спричинили потребу у виконанні нових розрахунків на міцність, доопрацюванні 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 кокових 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 формоутворення [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 різниться 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 обладнанні 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 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. Вірченко, В. Г. Вірченко // 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. Вірченко, С. Г. Вірченко // Праці Тавр. держ. агротех. 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. *Ванин В. В.* Применение комбинаторно-вариационного подхода для компьютерного геометрического моделирования инженерных конструкций и сооружений / В. В. Ванин, 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. Вірченко, С. Г. Вірченко // Проблеми інформаційних технологій. – 2014. – № 2 (16). – С. 76–79.
12. *Вірченко Г. І.* Динамічне варіантне формоутворення ліній, поверхонь і тіл методом поліпараметризації / Г. І. Вірченко // Наук. нотатки : міжвуз. зб. – 2015. – Вип. 48. – С. 45–48.
13. *Ванин В. В.* Вариантное компьютерное макетирование оболочек на основе полипараметризации их срединных поверхностей / В. В. Ванин, С. Л. Шамбина, Г. И. Вирченко // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. – 2015. – № 6. – С. 3–8.

Надійшла до редакції 20.10.2015