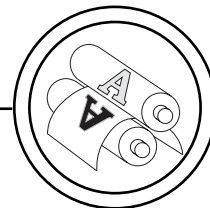


## ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ



УДК 66:52

### ВІРТУАЛЬНЕ ПРОЕКТУВАННЯ КОМПОНУВАНЬ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЛІНІЙ ПАКУВАННЯ

© Б. О. Пальчевський, д.т.н., Ю. І. Антонюк,  
Луцький державний технічний університет,  
Луцьк, Україна

**В данной работе рассмотрено решение проблемы компоновки технологических линий на основе существующего оборудования с помощью виртуального проектирования.**

**In this work the decision of a problem of configuration of technological lines on the basis of the existing equipment by means of virtual designing is considered.**

#### Вступ

Одним з вирішальних етапів проектування пакувального виробництва є створення на основі технологічного обладнання компоновки технологічних ліній. Вибір цього обладнання для встановлення в технологічну лінію є непростю задачею, адже перед проектантом постає набір різноманітного пакувального обладнання однакового технологічного призначення, але яке має різні техніко-економічні показники.

*Віртуальне проектування* представляє собою модельне розв'язання задач проектування за допомогою комп'ютера, тобто автоматизоване проектування на основі САПР. Комп'ютерні системи дозволяють імітувати в повному обсязі процес проектної розробки на комп'ютерних моделях, створення кібернетичних прототипів технологічних машин і їх віртуальні випробування в модельному середовищі. Для створення комп'ютерних моделей технологічних машин як

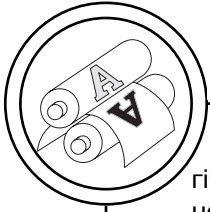
складних технічних об'єктів нами використана сучасна система твердотільного проектування Pro / Engineer-Wilfire, яка дає можливість легко здійснювати синтез компонентів і створювати компоновку машин і ліній.

Об'ємні твердотільні моделі технологічних машин незамінні також при їх візуалізації для успішного представлення і продажу машини. Виграти контракт на продажу машини простіше, якщо показати замовнику візуальне представлення цієї машини.

#### 1. Структура процесу проектування компоновки

Технологічні лінії для виготовлення певного виду продукції будуть мати набір стандартних функціональних модулів — технологічних машин. Окремі модифікації компоновок ліній відрізнятимуться видом модулів, їх кількістю і наявністю допоміжного транспортно-накопичувального устаткування.

Виходячи із продуктивності майбутньої лінії кожна техноло-



## ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ

гічна операція в структурі її технологічного процесу може реалізовуватися наступним чином:

— однією технологічною машиною, що відповідає одній технологічній операції;

— відповідати частині концентрованої технологічної операції — у випадку, якщо кілька функціональних модулів реалізується однією машиною;

— декількома технологічними машинами, що працюють паралельно, при умові недостатньої продуктивності однієї машини.

Особливе місце при розробці компоновки технологічної лінії займає процес формування її транспортно-накопичувальної системи, адже вона повинна забезпечувати:

1) пропускну здатність поточної лінії, достатню для проходження через всі технологічні машини заданої кількості одиниць тари, упаковок, продукту, тощо;

2) мінімальні втрати продуктивності потокової лінії, що приносяться при транспортуванні упаковок між технологічними машинами.

Проектування компонок технологічних ліній пакування має чітко визначені три основних етапи:

— моделювання обладнання шляхом створення його електронних макетів,

— формування компоновки лінії за допомогою електронних макетів технологічного і транспортно-накопичувального обладнання;

— оформлення технічних креслень технологічної лінії.

На *першому етапі* проектування створюються електронні макети усіх технологічних машин і транспортно-накопичувального устаткування, з яких компонується майбутня лінія.

При автоматизованому проектуванні технологічної машини в системі ProEngineer WF електронна модель машини може використовуватися як її макет для встановлення в компоновку лінії.

На *другому етапі* проектування з електронних макетів технологічного і транспортно-накопичувального обладнання проводиться синтез електронного макету компоновки лінії. При необхідності враховуються вимоги, що накладаються розмірами робочого приміщення.

Необхідна кількість технологічних машин, що реалізують *i*-ту технологічну операцію, визначається як:

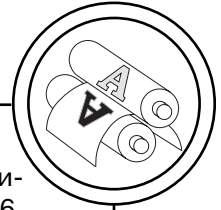
$$p_i = \frac{Q_{\text{АЛ}}}{Q_{\text{Ц-М,і}} \cdot \eta_{\text{М,і}}},$$

де  $Q_{\text{АЛ}}$  — продуктивність лінії, од/год;  $Q_{\text{Ц-М,і}}$  — циклова продуктивність однієї машини од/год.;  $\eta_{\text{М,і}}$  — коефіцієнт технічного використання машини.

На *заключному, третьому етапі* створюється схема розміщення технологічного обладнання лінії пакування, виводяться креслення необхідних проєкцій спроектованої лінії з нанесенням необхідних розмірів.

Розглянемо послідовність віртуального проектування компоновки технологічної лінії на прикладі лінії для розливу молока в

## ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ



ПЕТ-пляшки продуктивністю 3000 пл/год.

Технологічний процес пакування включає наступні технологічні операції:

1. Видування ПЕТ-пляшок.
2. Ополіскування пляшок.
3. Фасування і закупорювання пляшок.
4. Візуальний контроль пляшок.
5. Етикетування пляшок.
6. Формування групової упаковки ПЕТ-пляшок.

Для забезпечення проходження пляшок через технологічну лінію, необхідно виконати такі допоміжні операції:

1. Орієнтація ПЕТ-пляшок.
2. Пневмотранспортування ПЕТ-пляшок.
3. Транспортування заповнених пляшок.

### 2. Побудова електронних макетів обладнання

**Електронний макет:** електронна модель виробу, що описує його зовнішню форму і розміри, яка дозволяє повністю чи частково оцінити його взаємодію з елементами виробничого і/або експлуатаційного оточення, що використовується для прийняття рішень при розробці виробу і

процесів його виготовлення і використання (ГОСТ 2.052-2006, ДСТУ ГОСТ 2.052:2006).

**Послідовність створення електронного макету технологічної машини.** Макет агрегату формування пляшок машини для виготовлення полімерних ПЕТ пляшок, наприклад, створюється в такій послідовності: формується твердотільна модель прямокутника розміром 1200×550×1741 мм, далі з нього вирізаються і нарощуються в ньому необхідні об'єми (рис. 1).

Решта макетів технологічних машин формується аналогічним чином.

**Машина ополіскувальна** (рис. 2, а) призначена для ополіскування внутрішньої поверхні ПЕТ пляшок проточною водою з метою вилучення пилу та забруднень.

**Машина фасувально-закупорювальна** (рис. 2, б) призначена для фасування безалкогольних напоїв та мінеральної води в ПЕТ-пляшки місткістю 330, 500, 1000, 1500, 2000 см<sup>3</sup> з одночасним закупорювання їх полімерною гвинтовою кришкою.

**Машина візуального контролю** (рис. 2, в) призначена для візуального контролю харчових

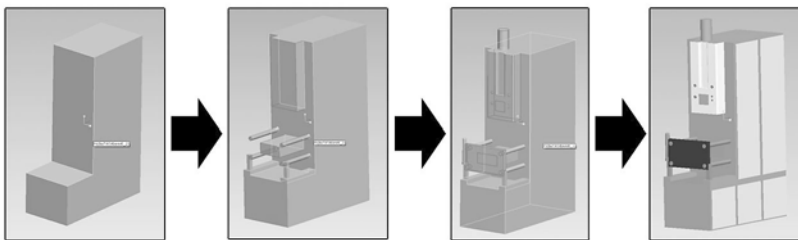
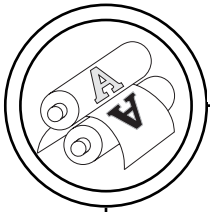
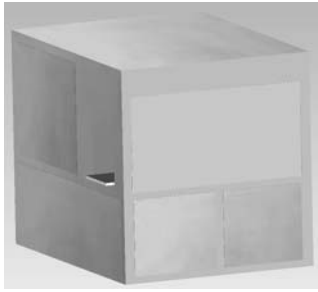


Рис. 1. Покрокова послідовність створення макету агрегату виготовлення полімерних ПЕТ пляшок



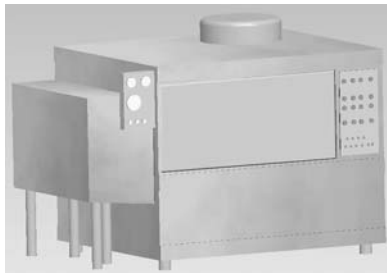
## ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ



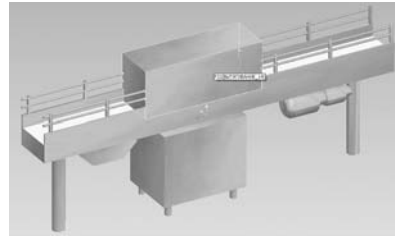
а



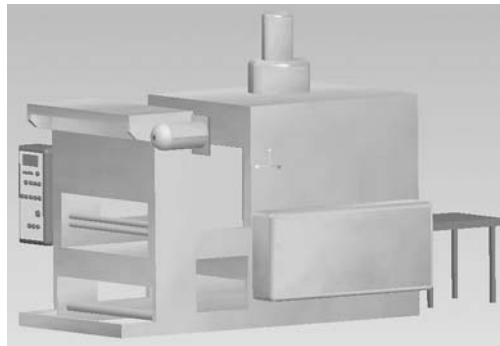
в



б



г



д

Рис. 2. Макет машин: а — ополіскувальної; б — фасувально-закупорювальної; в — машини для візуального контролю; г — етикетувальної; д — машини для пакування в термозбіжну плівку

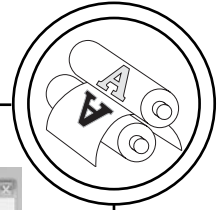
рідин в перевернутих догори дном пляшках, скляних або ПЕТ.

Машина етикетувальна (рис. 2, г) призначена для наклеювання кругових етикеток на полімерні пляшки місткістю від 500

до 2000 см<sup>3</sup> із нанесеною на них датою (насичкою).

Машина для формування групової упаковки (рис. 2, д) призначена для формування із окремих скляних і полімерних пляшок та банок групової упаковки

## ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ



в пакет із поліетиленової термозбіжної плівки.

*Елементи транспортної системи* — орієнтатор ПЕТ-пляшок, пневмотранспортер пустих ПЕТ-пляшок і пластинчастий транспортер заповнених ПЕТ-пляшок макетуються аналогічно.

### 3. Побудова компонування лінії

Після завершення процесу моделювання обладнання здійснюється другий етап — *синтез компонування лінії*.

Для компонування лінії створюється в системі новий документ, вказується його тип «Сбор-

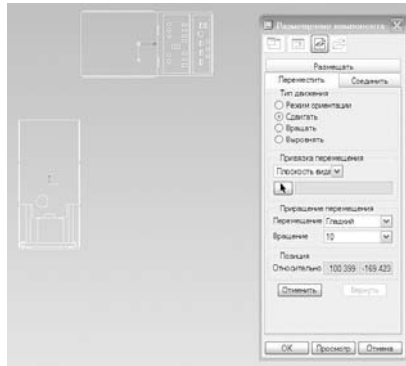
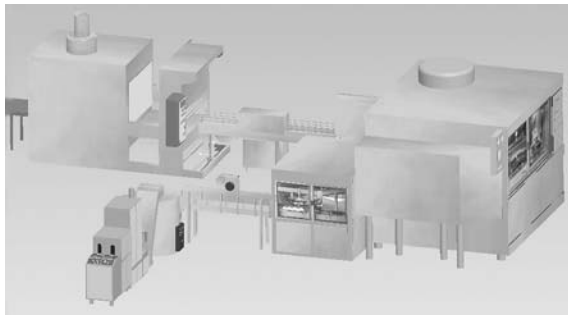
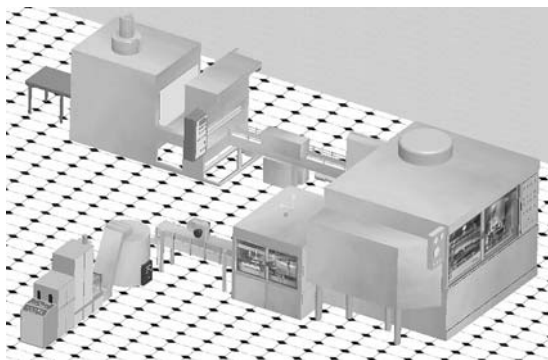


Рис. 3. Меню вибору розміщення та компоновки обладнання

ка» і називається, наприклад: «PackLine1». Далі включаємо для зручності вигляд зверху та

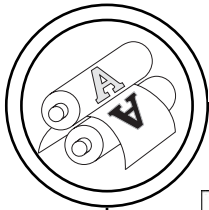


а



б

Рис. 4. Лінії розливу молока в ПЕТ-пляшки продуктивністю 3000 пл/год в програмі ProEngineer WF2: а — вигляд при обертанні; б — вигляд при приміщенні



## ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ

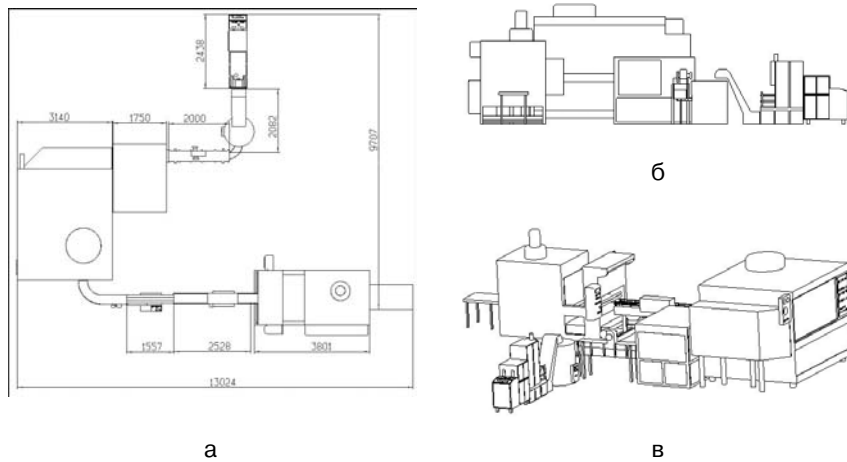



Рис. 5. Робочі креслення лінії розливу молока в ПЕТ-пляшки продуктивністю 3000 пл/год в програмі ProEngineer WF2: а — вигляд зверху; б — вигляд збоку; в — аксонометрія

за допомогою інструменту «Додати елемент в збірку»  відкриваємо перший елемент лінії. Після цього з'явиться меню «Размещение компонента». За допомогою даного меню можна оперувати елементом збірки — переміщувати або обертати, відповідно до вибраного варіанту розміщення. Розмістивши першу модель, підтверджуємо дії натиснувши ОК. Віконце пропаде, знову натискаємо на інструмент «Додати елемент в збірку» і вибираємо наступну модель. Обертаючи та переміщуючи транспортер, розташовуємо його. Аналогічно додаємо і розміщуємо пристрій орієнтації ПЕТ пляшок та усіх наступних елементів. Для зручності переміщення чи обертання об'єктів переключаємо активний вид (зліва, зверху, аксонометричний...) за допомогою кнопки вибору виду (рис. 3).

Скомпонувавши з створених елементів лінії розливу молока в

ПЕТ-пляшку можна подивитись на неї з будь-якого ракурсу, повертаючи і наближуючи чи віддаляючи її (рис. 4, а).

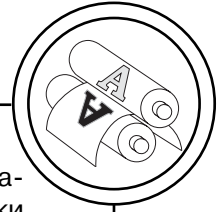
Для розміщення лінії в приміщенні, в режимі «Збірка» додаємо попередньо створений елемент «Приміщення» (рис. 4, б).

#### 4. Оформлення технічних креслень лінії

На третьому етапі проектування компоновки лінії створюються її креслення. Робочі креслення лінії розливу молока в ПЕТ-пляшки продуктивністю 3000 пл/год в програмі ProEngineer WF2 наведено на рис. 5, а—в.

На цьому етапі вибираються основні параметри креслень: масштаб, вид (каркасний, прихований, тощо), тип виду (вид зверху, збоку, тощо), після натискання кнопки ОК креслення автоматично переноситься в створений документ. Розміри про- ставляються за допомогою ін-

## ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ



струменту «Размер» вибравши габаритні точки об'єкта. Креслення та матеріали даної лінії можуть використовуватись надалі для реалізації компоновки даної лінії.

1. ДСТУ ГОСТ 2.052:2006 Єдина система конструкторської документації. Електронна модель виробу. Загальні положення. 2. ДСТУ EN 291-1-2001 Безпечність машин. Основні поняття, загальні принципи проектування. Частина 1. Основна термінологія, методологія. 3. Норенков И. П., Маничев В. Б. Основы теории и проектирования САПР. — М.: Высш. шк., 1990. — 335 с.

Рецензент — В. П. Шерстюк, професор, д.х.н.,  
заслужений винахідник України, НТУУ «КПІ»

Надійшла до редакції 28.03.08