

експериментальними даними різних авторів. Полученные в работе уравнения можно использовать для корреляции экспериментальных данных по совместной абсорбции аммиака и диоксида углерода.

Литература

1. Faurholt C. Uber die Prozesse « $\text{NH}_2\text{COONH}_4 + \text{H}_2\text{O} = (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ » und « $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{CO}_3$ » // Zeitschrift Fur Anorganische and Allgemeine Chemi – 1922.– В. 1-20.– S. 85-92.
2. Орлов Е.И. К вопросу о карбамат-карбонатной теории аммиачно-содового процесса // Украинский химический журнал – 1928.– № 4 – С. 139-140.
3. Шокин И. Н. Исследование процесса карбонизации аммиачного рассола в производстве кальцинированной соды: Дис. д-р. техн. наук – М., 1955. – 228 с.

4. Andrew S. P. S. A rapid method of absorption rates measurement and its application to CO_2 absorption to partially carbonated ammonia liquor // Chemistry and industry London. – 1954.–V. 41. – P. 279-286.
5. Гольдштейн Я. Р. Производство кальцинированной соды. – М.: Госхимиздат, 1934. – 384 с.
6. Белопольский А.П. Критический обзор работ по карбонизации аммиачно-солевых растворов // Журнал прикладной химии – 1946. – № 12. – С. 1259-1264.
7. Котелевский Ю.П. О роли парциального давления CO_2 в процессе карбонизации // Журнал химической промышленности. – 1940. – Т. 17, № 8. – С. 38-39.
8. Гольдштейн Я.Р. Теория и практика аммиачно-содового процесса. К теории процесса карбонизации аммиачного рассола // Журнал прикладной химии. – 1948. – Т.21, № 1. – С. 82-100.

Представлений алгоритм процесу проектування нового конкурентоздатного продукту. Вирішується задача моделювання та оптимізації етапу життєвого циклу продукції на стадії розробки товару та підготовки його до виробництва

Ключові слова: життєвий цикл продукту, моделювання

Представлен алгоритм процесса проектирования нового конкурентоспособного продукта. Решается задача моделирования и оптимизации этапа жизненного цикла продукции на стадии разработки товара и подготовки его к производству

Ключевые слова: жизненный цикл продукта, моделирование

The algorithm of process of designing of a new competitive product is presented. The problem of modeling and optimization of a stage of life cycle of production dares at stages of working out of the goods and its preparation for manufacture

Keywords: product life cycle, modeling

УДК 001.891:33

ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ПРОЕКТУВАННЯ НОВОГО ПРОМИСЛОВОГО ПРОДУКТУ

Г.О. Статюха

Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри*

Контактний тел.: (044) 406-82-12

E-mail: gen.statyukha@mail.ru

Н.Є. Теліцина

Кандидат технічних наук, асистент*

Контактний тел.: (044) 406-82-12, 067-990-71-77

E-mail: natashakxtp@mail.ru

*Кафедра кібернетики хіміко-технологічних процесів Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут» пр. Перемоги, 37, м. Київ, Україна, 03056

1. Вступ

Економічне процвітання сучасних промислових підприємств залежить від їхньої здатності правильно оцінювати ринкове середовище при створенні конкурентоспроможних виробів з мінімально можливою низькою собівартістю. Цього можна досягнути забез-

печивши вірний вибір сировинних ресурсів, оптимальної технології виробництва з орієнтацією показників якості створеного продукту на вимоги споживача. Проте оцінка і подальша оптимізація цих факторів можлива лише при використанні якісних методів проектування життєвого циклу створюваної продукції, що включає в себе сукупність взаємозалежних про-

цесів створення й послідовної зміни стану продукції від формування до неї вихідних вимог до остаточної її експлуатації або споживання із використанням математичного моделювання процесу проектування конкурентоспроможного продукту.

2. Моделювання етапів процесу проектування нового промислового продукту

Повний життєвий цикл як промислової так і будь-якої іншої конкурентоздатної продукції можна представити схемою (рис. 1.), що виражає часову залежність грошових затрат та прибутку від етапів життєвого циклу.

Кожний етап життєвого циклу продукції характеризується відповідними витратами в грошовому еквіваленті, що можуть мати як від'ємні (етап – розробка товару, підготовка виробництва) так і додатні (етап – збут, розподіл та стимулювання продаж, сервіс, ціна) значення. Розробка товару та підготовка виробництва моделюється використовуючи експертні оцінки, для формалізації вимог споживача, детерміновані та стохастичні моделі технологічних процесів, плануванні активного експерименту, багатокритеріальній оптимізації. Життєвий цикл товару на ринку (збут, розподіл та стимулювання продаж, сервіс, ціна) базується на закономірностях розвитку обороту і прибутку підприємства на конкретному ринку в часі, тобто динаміку поведінки конкурентоспроможного товару на ринку. Життєвий цикл товару в цьому випадку виступає як ідеальна модель реакції ринку на товарну пропозицію підприємства.

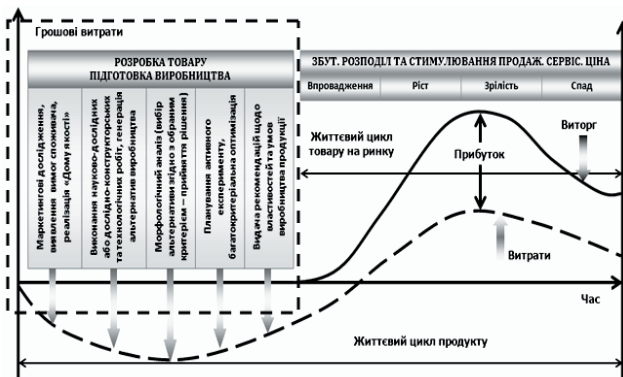


Рис. 1. Життєвий цикл продукції

Дана модель життєвого циклу конкурентоздатного продукту ілюструє, що будь-який товар як продукт праці має обмеження на період тривалості життя, у процесі якого він проходить кілька певних стадій: розробку, впровадження, ріст, зрілість, насичення, спад [1].

Слід зазначити, що життєвий цикл конкурентоздатної продукції також може бути циклічним, в тому випадку, коли на етапі спаду виторгу продукції проводиться модифікування товару відповідно до нових ринкових умов (рис. 2). В даному дослідженні вирішується задача моделювання та оптимізації етапу життєвого циклу продукції на стадії розробки товару та підготовки його до виробництва.

3. Моделювання процесу розробки продукції

Моделювання процесу розробки продукції та підготовки виробництва можна здійснити по такій схемі, використовуючи сучасні математичні методи (табл. 1). В загальному алгоритмі проектування конкурентоздатного продукту можна представити такою схемою (рис. 3). В якості ілюстрації даного підходу змодельовано процес створення конкурентоздатної сухої будівельної суміші (СБС) для мурувальних робіт [2].

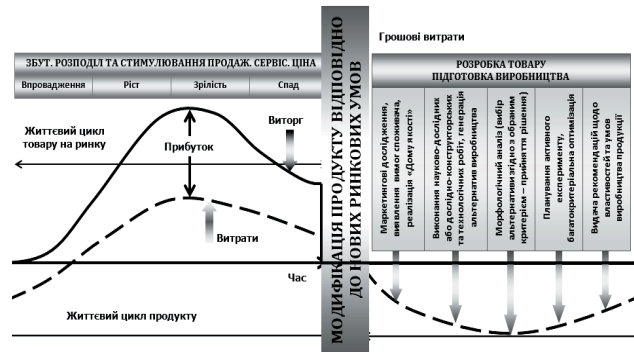


Рис. 2. Життєвий цикл продукції з урахуванням етапу модифікації

Таблиця 1

Основні етапи моделювання процесу розробки продукції

№	Етап дослідження	Метод дослідження
1	Визначення необхідності в продукті (маркетингове дослідження) та основні бажані характеристики новоствореного продукту відповідно до вимог споживача	«HOUSE OF QUALITY»
2	Генерація ідей, альтернатив, які задовольняють ці вимоги (аналіз апріорної інформації про процес, виявлення сировинних ресурсів, формування факторів та вихідних змінних, генерація всіх можливих варіантів виробництва – стратегій)	МОРФОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ, ДЕРЕВО РІШЕНЬ
3	Прийняття рішення щодо використання тієї чи іншої альтернативи відповідно до визначеного критерію (ів)	ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ В УМОВАХ РИЗИКУ
4	Якісна характеристика продукту (оптимальні значення параметрів якості товару, фактори процесу, що забезпечують оптимальний рівень показників якості) та технологія його виготовлення	ПЛАНУВАННЯ АКТИВНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ, МЕТОДИ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ ОПТИМІЗАЦІ

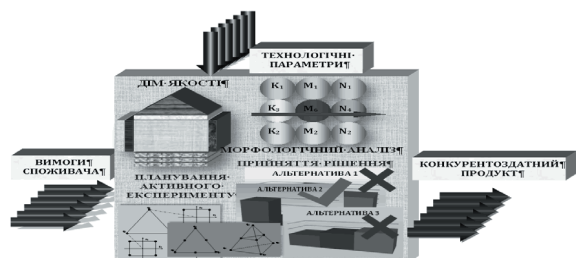


Рис. 3. Схема проектування конкурентоздатного продукту

4. Моделювання процесу виготовлення СБС для мурувальних робіт

Етап 1. Побудова будинку якості. Визначити вимоги клієнта (споживацькі вимоги). Клієнт не завжди може чітко сформулювати свої вимоги як правило, він говорить: швидше, менше, легше, міцніше. Розташувати по пріоритетах вимоги клієнта (за допомогою статистичного аналізу голосу клієнта – експертний аналіз).

Перевести потреби клієнта в інженерні характеристики, тобто в такі вимоги, які можна вимірювати та побудувати матрицю відношення, установити кореляційний взаємозв'язок між інженерними характеристиками, визначити ті інженерні характеристики, збільшення/зменшення яких впливає на задоволення потреб клієнта, розташувати вимоги по пріоритетах, задля того, щоб спочатку зайнятися поліпшенням самих критичних проблем проекту. В результаті отримаємо такі інженерні характеристики СБС, які задовольняють прийнятні значення пріоритетних властивостей будівельного розчину для мурування цеглою згідно з табл. 2. із яких були обрані для оптимізації такі (табл. 3).

Таблиця 2

Формування основних вимог та пріоритетів споживача до основних вимог

№	Споживацькі вимоги	Ваги	Бал по важливості
1	Швидкість висихання	0,07	6
2	Консистенція	0,01	1
3	Ціна	0,08	2
4	Пилоутворення	0,03	9
5	Однорідність поверхні	0,06	7
6	Стійкість до зношування	0,05	8
7	Легкість при замішуванні	0,10	10
8	Розшарування	0,13	3
9	Термін застосування	0,12	5
10	Швидкість набору міцності	0,00	4

Таблиця 3

Параметри оптимізації сухої будівельної суміші для мурувальних робіт

у ₁	граніца міцності на стиск, МПа
у ₂	рухомість, см
у ₃	водоутримувальна здатність, %
у ₄	густина розчинної суміші, кг/м ³

Етап 2. Морфологічний аналіз, дерево рішень. Дерева рішень – це спосіб представлення правил в ієрархічній, послідовній структурі, де кожному об'єкту відповідає єдиний вузол, що дає визначене рішення. В даній роботі дерево рішень було використане для вибору рішення при проектуванні складу сухої будівельної суміші для мурувальних робіт у вигляді блок-схеми алгоритму проектування оптимального складу СБС (рис. 4)

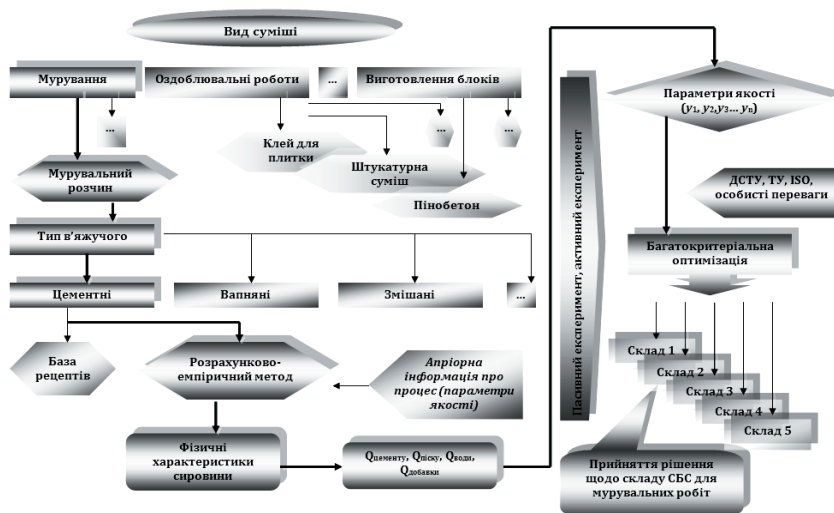


Рис. 4. Структурна схема блоків комплексу системи проектування складів СБС

Етап 3. Прийняття рішення в умовах ризику.

Прийняття рішення щодо того чи іншого складу СБС для мурувальних робіт базувалось на багатокритеріальній оптимізації. Цьому передувало планування активного експерименту для виявлення залежностей параметрів якості від якісного та кількісного складу суміші.

Етап 4. Планування активного експерименту, методи багатокритеріальної оптимізації. Був синтезований D-оптимальний план експерименту (із складниками та параметрами оптимізації обраними на попередніх етапах) і в результаті регресійного аналізу отримані такі адекватні моделі (за критерієм Фішера) для чотирьох відгуків в натуральних координатах (1-4):

$$y_1 = -13,129 - 2,708x_1 + 0,89x_2 + 0,893x_3 - 7,671x_4 - 8,166x_5 - 8,978x_6 - 4,699x_7 + 0,643x_1x_5 - 0,432x_1x_7 + 50,399x_4x_7 + 0,262x_6x_7 \quad (1)$$

$$y_2 = -18,974 - 2,485x_1 + 0,788x_2 + 0,805x_3 + 2,909x_4 - 9,444x_5 - 190,78x_6 - 3,697x_7 + 0,818x_1x_5 + 0,227x_1x_7 - 0,149x_4x_7 + 12,165x_6x_7 \quad (2)$$

$$y_3 = 10,17 - 2,402x_1 + 1,277x_2 + 1,346x_3 + 1,464x_4 - 2,315x_5 - 1295,262x_6 - 5,167x_7 + 0,737x_1x_5 + 0,335x_1x_7 - 0,265x_4x_7 - 70,733x_6x_7 \quad (3)$$

$$y_4 = 1005,56 + 26709x_1 + 16,706x_2 + 14,598x_3 + 397,784x_4 + 223,154x_5 - 9703,3x_6 - 41,971x_7 + 17,782x_1x_5 - 24,345x_4x_7 - 26,459x_5x_7 + 2500,725x_6x_7 \quad (4)$$

Для знаходження компромісних областей складу суміші, що задовольняє показникам якості відповідно до бажаних (обмеження по кожному показнику якості обирались на основі стандарту ДСТУ-П Б В.2.7-126:2006 та пріоритетів технолога і споживача), був проведений багатокритеріальний пошук допустимих рішень в семифакторному просторі $\{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5\}$ із використанням функції Харрінгтона в результаті якого були отримані гістограми розподілення частот факторів в області оптимуму (рис. 5-6)

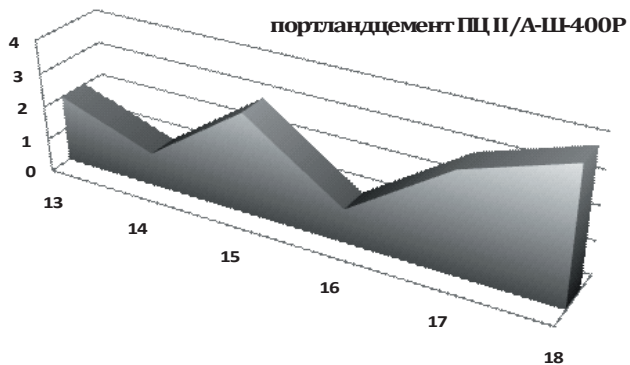


Рис. 5. Полігони розподілу частот факторів в області оптимуму М-1-50 для портландцементу

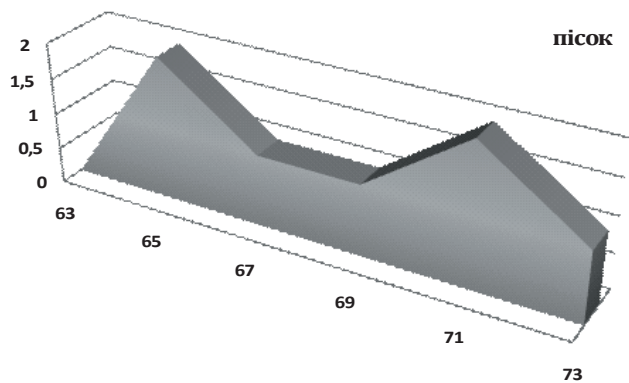


Рис. 6. Полігони розподілу частот факторів в області оптимуму М-1-50 для піску

Гістограми були використані для прийняття рішення щодо використання того чи іншого процентного вкладу всіх складових в СБС, що задовольняють бажаним показникам якості. В результаті були отримані оптимальні склади СБС (табл. 4) для мурувальних робіт із розрахованим коефіцієнтом конкурентоспроможності суміші $k=0,8$.

Таблиця 4

Оптимальні склади сухої будівельної суміші для мурувальних робіт М-1-50

№	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7
1	14,6	71,7	8,3	4,7	0,59	0,044	13,3
2	16	77,1	3,8	2,9	0,21	0,037	13,4
3	15,9	74,7	6,9	2,4	0,09	0,038	13,6
4	14,9	64,4	14,7	4,6	1,36	0,042	14,3

Література

1. Котлер Ф. Основы маркетинга [Текст] / Пер. с англ. – М.: «Прогресс», 1999. – 704 с.
2. Теліцина Н.Є. Проектування оптимального складу сухих будівельних сумішей для мурувальних робіт: дис... канд. техн. наук: 05.23.05 / Одеська держ. академія будівництва та архітектури. – О., 2009. – 195 с.