

РОЗВИТОК ТА ВПРОВАДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ГАЛУЗІ ВИСОКОЕФЕКТИВНИХ ВИРОБНИЦТВ

Лобода Ю.Г., канд. пед. наук

Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

Розглянуто тенденції використання комп'ютерно-інтегрованих технологій, їх предметна галузь. Проведено аналіз публікацій щодо визначення концепції комп'ютерно-інтегрованого виробництва, основних принципів його розвитку.

The article deals with the use of computer-integrated technologies, their subject areas. The analysis of publications on the definition of the concept of computer-integrated manufacturing, the basic principles of its development.

Ключові слова: виробництво, комп'ютерно-інтегроване виробництво, технології, комп'ютерно-інтегровані технології, системи.

Вступ. Стратегія розвитку промисловості на період до 2020 року визначає шляхи створення сучасного високоефективного, інтегрованого у світове виробництво, здатного до саморозвитку промислового комплексу, який за своїми основними показниками відповідатиме аналогічним утворенням найбільш розвинених країн світу і забезпечуватиме внутрішні потреби та експорт на рівні, необхідному для життєдіяльності та незалежності регіону, потреб держави. Опанування передовими технологіями та їх використання є найважливішою детермінантою національної безпеки та розквіту економіки будь-якої країни. Перевага країни у технологічній галузі зумовлює її пріоритетні позиції на світовому ринку й збільшує її оборотний потенціал. Рівень технічного розвитку держави здебільшого визначають за рівнем розвитку критичних технологій, що мають, як правило, характер технологій подвійного використання.

Мега статті полягає у теоретичному обґрунтуванні сутності понять "комп'ютерно-інтегроване виробництво", "комп'ютерно-інтегровані технології", визначенні основних принципів розвитку комп'ютерно-інтегрованого виробництва, предметної галузі використання комп'ютерно-інтегрованих технологій та виокремленні їх основних складових.

Матеріали і методика досліджень. До критичних базових технологій подвійного використання належать технології, розробка та використання яких відіграє значну роль при досягненні національних ідей як у галузі безпеки, так і у галузі економічного та соціального розвитку країни [1].

Процес розвитку базових технологій у країнах різний та нерівномірний. Сьогодні США, Європа та Японія – це країни з високим рівнем розвитку технологій. Ці країни "тримають у руках" ключові технології та забезпечують собі стійке положення на міжнародних ринках готової продукції.

У 1997 році за ініціативою провідних промислових держав у межах усесвітньої програми "Інтелектуальні виробничі системи" (IMS – Intelligent Manufacturing Systems) почався збір і аналіз інформації про найбільш важливі проекти та події останніх років, орієнтований на створення нового покоління виробничих систем і технологій на основі спільних досліджень і розробок науково-практичних проектів за всіма аспектами автоматизації, інтеграції та інтелектуалізації виробництва.

У галузі промислових технологій дослідження інтеграції виробничих процесів і управління ними на різних підприємствах почали проводити в 60-х роках ХХ століття. Англійська дослідниця Джоан Вудворд класифікувала промислові технології залежно від ступеня технічної складності (механізації) виробничих процесів і участі людей у них. Вона виокремила три типи технологій: дрібносерійна, масова, безперервна [2].

До початку 90 –х років здійснена досить повна комп'ютеризація окремих етапів процесу проектування та виробництва виробів. Задумана як єдиний комплекс, САПР містить такі підсистеми, що забезпечують розв'язання окремих напрямів вихідної задачі [3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10]:

- САПР – система автоматизованого проектування (CAD – Computer Aided Design);
- АСТПП – автоматизована система технологічної підготовки виробництва (CAM – Computer Aided Manufacture);
- АСНД – автоматизована система наукових досліджень (CAE – Computer Aided Engineering);
- СУБД – системи управління базами даних, CEO – системи експертних оцінок (PDM – Product Data Manager);
- АСУП – автоматизована система управління підприємством (ERP – Enterprise Resources Planning).

У єдності створені системи забезпечували розробку проектної, конструкторської та технологічної

документації, інженерний аналіз проектних характеристик і параметрів виробів, збереження, управління пошуком, аналіз інформації, пов'язаної з проектуванням і виробництвом, планування та керівництво ресурсами підприємства.

У результаті постала необхідність створення єдиної інформаційної системи, що забезпечує весь життєвий цикл виробу, що містить такі основні етапи: проектно-конструкторська розробка; технологічна підготовка виробництва; виготовлення продукції; апробація: сертифікація, експлуатація, утилізація.

Так, сформульована у другій половині минулого століття задача розробки САПР, до початку теперішнього століття трансформувалася в задачу створення комп'ютерно-інтегрованих CALS-технологій (CALS, Continuous Acquisition and Life cycle Support – безперервна підтримка постачання та життєвого циклу виробу). Найголовнішою особливістю CALS-технологій є не локальна, а інтегрована комп'ютеризація, забезпечена єдиним інформаційним середовищем, що ґрунтується на електронному документообороті [11].

В індустріально розвинених країнах уже стали стійкими ідеологія та термінологія, пов'язані з впровадженням та використанням комп'ютерно-інтегрованих технологій у виробництві. Ідея комп'ютерно-інтегрованих CALS-технологій зародилася в надрах військово-морського відомства США. Її розуміли як єдину стратегію держави та промисловості, скеровану на перетворення існуючих систем виробництва в єдиний автоматизований комплекс, що охоплює стадії розробки, виробництва, експлуатації та подальшої утилізації систем озброєння [12, с. 73].

Виробництво – це процес організації та виготовлення продукції.

Комп'ютерно-інтегроване виробництво – вища форма розвитку виробництва, що ґрунтується на поєднанні інформаційних технологій і технологій матеріального виробництва [13, с. 11].

Комп'ютерна та автоматизована асоціація систем і суспільства інженерів-технологів (CASA/SME – Computer and Automated Systems Association / Society for Manufacturing Engineers) комп'ютерно-інтегроване виробництво розуміє як інтеграцію повного промислового підприємства під час використання інтегрованих систем і передачі даних одночасно з новою організаційною філософією, що поліпшує організацію і ефективність персоналу.

Згідно з Wikipedia (the free encyclopedia), комп'ютерно-інтегроване виробництво – метод виробництва, в якому всім виробничим процесом керує комп'ютер. Комп'ютерно-інтегровані технології використовують, щоб описати повну автоматизацію заводу-виробника з усіма процесами, що відбуваються в реальному часі під комп'ютерним контролем і цифровою інформацією, що об'єднує їх [14].

У системі управління і планування виробництвом комп'ютерно-інтегроване виробництво передбачає інтеграцію всіх підсистем системи управління: управління постачанням, проектуванням і підготовкою виробництва; планування і виготовлення; управління виробничими ділянками та цехами; управління транспортно-складськими системами; управління забезпеченням устаткуванням, інструментом і оснащенням; систем забезпечення якості, збуту, а також фінансових підсистем.

У контексті загального завдання управління підприємством можна виокремити такі види інтеграції [16, с.73]:

- функціональна – єдність і узгодженість виконання технологічних і виробничо-господарських функцій;
- організаційна – взаємодія оперативного-технологічного персоналу на різних рівнях управління;
- програмна – використання погодженого і взаємозв'язаного програмного забезпечення;
- інформаційна – комплексний підхід до створення єдиної інформаційної бази для забезпечення інформаційної взаємодії всіх компонентів у системі управління;
- технічна – єдина структура для підвищення ефективності функціонування автоматизованого комплексу.
- Створення комп'ютерно-інтегрованого виробництва передбачає вирішення проблем, пов'язаних з:
 - інформаційним забезпеченням (збором і накопиченням інформації як всередині окремих підсистем, так і в центральній базі даних);
 - обробкою інформації (стиківкою й адаптацією програмного забезпечення різних підсистем);
 - зв'язком підсистем (створенням інтерфейсів, тобто стиковкою апаратних засобів ЕОМ, зокрема використанням обчислювальних систем).

Основні етапи комп'ютерно-інтегрованого виробництва встановив Н.Н. Труєвцев [10]. Перший етап – сертифікація об'єкта, яким є естетичний, художньо-комп'ютерний дизайн, що спирається на малюнок, колір, стиль, моду. Другий етап – комп'ютерний інжиніринг, тобто інженерний дизайн, проектування виробу, його структури та властивостей. Третій етап – комп'ютерне планування, складання плану виробництва, вибір устаткування. Четвертий – створення комп'ютерної "лінії балансу", що забезпечує оптимізацію використання виробничих ресурсів, баланс сировини, розрахунок собівартості тощо. П'ятий етап – контроль технологічних процесів, що забезпечує слідкування за технологічними параметрами виробниц-

тва тощо. Шостий – комп'ютерна науково обґрунтована експертиза результатів технологічного процесу, яка лежить в основі системи оцінки якості продукції та аналізу дефектів й автоматизованого коректування параметрів технологічних процесів.

На думку А.П. Ладанюка, "...комп'ютерно-інтегроване виробництво це швидше концепція, конструктивна ідея для створення ефективних виробничих процесів і управління ними" [16, с. 74].

Концепція комп'ютерно-інтегрованого виробництва насамперед передбачає використання відкритої архітектури, спільної бази даних, апробованих програмно-технічних засобів і міжнародних стандартів.

Таким чином, основна тенденція розвитку комп'ютерно-інтегрованого виробництва пов'язана з інтеграцією передових інформаційних технологій довкола життєвого циклу продукції підприємства. Ядром концепції комп'ютерно-інтегрованого виробництва є віртуальне підприємство. Віртуальне підприємство – підприємство, до складу якого входять співтовариства географічно віддалених працівників, які взаємодіють у процесі виробництва, використовуючи переважно електронні засоби комунікацій. Імовірно, що виробництва майбутнього будуть повністю інтегрованими в просторі.

Створення віртуального підприємства передбачає інтеграцію унікального досвіду, виробничих можливостей і передових технологій кількох підприємств-партнерів довкола деякого проекту, який вони не можуть виконати окремо. Це, наприклад, утворення європейського консорціуму AIRBUS Industries, що виробляють аеробуси А-310, об'єднання зусиль фірм Apple і Sony при роботі над проектом Powerbook, а також партнерство компаній AT&T, Marubeni Trading Co і Matsushita Electric Industrial Co при проектуванні комп'ютера (notebook) Safari.

Учені [16; 17; 18; 19; 20] виокремили такі основні принципи розвитку комп'ютерно-інтегрованого виробництва:

- комплексна автоматизація – означає автоматизацію всіх етапів життєвого циклу продукції за всіма виробами, що виготовляє підприємство. Пріоритетною є ефективна організація інформаційних потоків, що дозволяють за менших фінансових витрат скоротити час виконання замовлень і забезпечити надійність їх виконання;

- комп'ютерна інтеграція – єдність середовищ (методичного, організаційного, інформаційного, програмного, технічного), що охоплюють усі системи автоматизації та етапи життєвого циклу продукції;

- системна інтеграція – комплексний підхід до автоматизації проектування, виробництва і створення (корпоративних) інформаційних мереж. Для забезпечення системної інтеграції розроблені й впроваджені спеціальні технології, наприклад: графічний інтерфейс для розробки систем управління GUI – Graphic User Interface; методи об'єктно-орієнтованого програмування і зв'язків між програмами OLE – Object Linking and Embedding у середовищі Windows тощо. До системної інтеграції належить також інтеграція на рівні баз даних (формування бази даних, отримання даних, їх перетворення, репрезентація, використання способів комунікації);

- інтелектуалізація – означає: розробку й використання методів і моделей штучного інтелекту при вирішенні всіх функціональних завдань на всіх етапах життєвого циклу продукції; проектування не лише об'єктів, а й процесів розробки; уніфікацію створення та репрезентації моделей виробничої діяльності підприємства із залученням обробки знань; використання баз знань й інтелектуальних програм під час проектування й управління виробництвом; організацію безперервного накопичення знань, що використовуються у виробничій діяльності підприємства (підтримка процесів навчання та самоосвіти); розподіл на кожному робочому місці знань між людиною і машиною для вирішення певних виробничих завдань.

- індивідуалізація – передбачає організацію кожного робочого місця, формування баз даних і знань, орієнтованих на конкретного фахівця як користувача;

- спеціалізація – означає наочну та виробничу орієнтацію та урахування специфіки підприємства при створенні систем автоматизації;

- реінжиніринг – це не просто вживання нових інформаційних технологій для автоматизації виробництва, а комплексний підхід, у якому змінюється структура управління, по-новому організуються інформаційні потоки, застосовуються нові методи інтенсифікації виробництва.

- технологічний трансфер передбачає розробку і впровадження комп'ютерно-інтегрованих структур, які використовують найбільш прогресивні методи з урахуванням світового досвіду, що дозволяє модернізувати виробництво і перейти завдяки інформаційним технологіям на випуск конкурентоздатної продукції при обмежених інвестиційних ресурсах.

Автоматизовані виробничі системи, зокрема комп'ютерно-інтегроване виробництво, належать до класу складних (і надскладних) систем. Вони мають такі ознаки, як: унікальність кожної реалізації, множинність, різноманітність систем і підсистем, що входять до їхнього складу, випадковість і невизначеність процесів (чинників), що діють в них, нечіткість постановки завдань, непередбачуваність наслідків тощо.

Звертаючись до науково-технічного змісту комп'ютерно-інтегрованих технологій, виокремимо основні й тісно взаємопов'язані складові [20; 21; 22; 23; 24; 25; 26].

1. Ядром комп'ютерно-інтегрованих технологій є CAD/CAE/CAM/ PDM-технології (Computer Aided Design / Engineering / Manufacturing; Product Data Management), у яких традиційний, послідовний підхід до розробки нових виробів заміщено принципово новим, інтегрованим підходом, що отримав назву "паралельне проектування" (concurrent engineering). В основі цієї технології ідея поєднаного в часі комп'ютерного проектування виробу (CAD), виконання багатоваріантних інженерних розрахунків (CAE, комп'ютерний інжиніринг – наукомістка складова CALS-технологій) і технологічної підготовки виробництва (CAM), що дозволяє використовувати проектні дані, починаючи з ранніх стадій проектування та інженерного аналізу, одночасно різними групами спеціалістів (PDM).

2. ERP-технології (ERP, Enterprise Resource Planning) – це технології управління підприємством та планування ресурсів, призначені для розв'язання всього спектру організаційно-технічних задач виробництва. Ці задачі можна розв'язати за допомогою використання багатокористувальницьких баз даних у межах єдиного інформаційного середовища підприємства та/або галузі промисловості.

3. Технології інтегрованої логістичної підтримки (ILS, Integrated Logistic Support), що забезпечують інформаційну підтримку експлуатації, обслуговування та ремонту виробів.

Сьогодні в процесі розробки високотехнологічної конкурентоспроможної продукції домінують є наукомісткі комп'ютерно-інтегровані технології – програмні системи комп'ютерного інжинірингу CAE-системи. Актуальність використання CAE-технологій у вітчизняній промисловості зумовлена тим, що фірми-лідери світу три останніх десятиріччя у своїх пріоритетних розробках ефективно використовують наукомісткі CAE-технології інженерного аналізу; серед таких фірм насамперед слід назвати BMW, Boeing, Daimler-Chrysler, FIAT, Hitachi, IBM, Intel, LG Electronics, NASA, Samsung, Siemens, Toyota тощо. Та ж тенденція на підприємствах високотехнологічного машинобудівельного, авіаційного комплексу, де активно впроваджують і використовують CAD/CAM і CAE-технології для виробництва нової та конкурентоспроможної продукції.

Для сучасного ринку наукомісткого програмного забезпечення характерним є те, що розробники програмного забезпечення – транснаціональні корпорації перебувають в умовах жорсткої конкуренції, у результаті якої майже кожен рік на ринку з'являються нові й усе більш складні щодо опанування версії CAE-систем.

Розглянемо предметну галузь використання комп'ютерно-інтегрованих технологій, на прикладах програмних систем інженерного аналізу (CAE-системи), представлених на світових фірмах-лідерах:

— ANSYS, MSC/NASTRAN – для розв'язання лінійних і нелінійних, стаціонарних і нестаціонарних просторових задач механіки деформованого твердого тіла й механіки конструкцій, задач механіки рідини й газу, теплопередачі й теплообміну, електродинаміки, акустики;

— LS-DYNA, ABAQUS – для розв'язання задач про сильно нелінійні та швидкоплинні процеси в деформованих середовищах, для розв'язання просторових динамічних нелінійних задач контактної взаємодії (наприклад, краш- і дроп- тести), розв'язання задач технологічної механіки;

— Fluent, STAR-CD – для розв'язання трьохмірних задач механіки рідини та газу (стаціонарні й нестаціонарні протікання, ламінарні й турбулентні протікання з вільними поверхнями; багатофазові потоки, облік кавітації, хімічні реакції тощо);

— ADAMS – для розв'язання задач кінематичного й динамічного моделювання, аналізу (зокрема й у реальному масштабі часу) складних механічних систем, що застосовують в авіаційній, космічній, автомобільній, залізничній та інших галузях промисловості.

Отже, комп'ютерно-інтегровані технології, засновані на використанні цих програмних систем і підсистем, є базовими критичними технологіями, тобто технологіями, що лежать в основі створення широкого спектру наукомісткої продукції.

Проаналізуємо "Перелік критичних технологій" [27]:

— CAE-технології засновані на критичній технології "Інформаційні технології та системи штучного інтелекту (машинний збір і оброблення зображень, обробка й розуміння мови, експертні системи та системи підтримання прийняття рішень)" і є інструментарієм для проведення математичного моделювання та обчислювального експерименту на основі принципово нових математичних моделей, містять ефективні кількісні методи реалізації таких моделей, алгоритми яких адаптовані до архітектури сучасних ЕОМ.

— CAE-технології тісно пов'язані з критичною технологією "Інтелектуально високі технології керування рухомими об'єктами", оскільки орієнтовані на ефективне використання обчислювальних систем підвищеної обчислювальної потужності, містять підсистеми автоматизації розпаралелювання обчислень і є прикладними програмними комплексами для розв'язання актуальних прикладних задач високої складності.

— CAE-технології здійснюють вплив і на інші критичні технології "Нові лазерні технології, лазерна техніка для технологічних цілей", "Технології виробництва оптичних матеріалів для електроніки", "Технології очищення вихлопних газів двигунів внутрішнього згорання", "Технології безлюдного високопродуктивного видобутку вугілля з тонких і похилих пластів з використанням сімейства автоматизованих модуль-

но-поєднаних комплексів нового покоління", "Технології принципово нових конкурентоспроможних рідинно-кристалічних засобів відображення інформації".

На жаль, програма критичних технологій в Україні була призупинена в 2006 році, на відміну від Росії й Білорусії, де критичні комп'ютерно-інтегровані CALS-технології є базою корінної технологічної перебудови всієї промислової та науково-технічної галузі.

У ситуації, що склалася, необхідно ефективно використовувати технологічні досягнення інших розвинених країн, розвивати технологічну співдружність та прагнути максимально широкої кооперації та міжнародному розподілу праці, ураховуючи динаміку цих процесів у всьому світі. Необхідно розуміти, що передові в технологічній сфері країни вже створили єдиний технологічний простір. Тому, спираючись на міжнародну співпрацю та розподіл праці, потрібно оволодівати низкою технологій – критичних технологій, що забезпечують обороноспроможність та безпеку країни, а також забезпечують конкурентоспроможність вітчизняної наукомісткої продукції на міжнародному ринку.

Висновки. Підсумуємо все зазначене вище.

1. Комп'ютерно-інтегровані технології є основою для створення інтегрованого інформаційного середовища, що об'єднує всі процеси життєвого циклу продукції для підвищення їхньої ефективності та конкурентоспроможності продукції.

2. Комп'ютерно-інтегровані CALS-технології призначені для розробки та створення в найближчі строки нових конкурентоспроможних виробів та продукції за допомогою електронного обміну даними за всіма ланцюгами Замовник → Розробник → Постачальник → Користувач.

3. Визначення CALS-технологій як інтегрованих зумовлено широкою інтеграцією за допомогою сучасних телекомунікаційних технологій основних ресурсних складових – обчислювальних та інформаційних.

4. Комп'ютерно-інтегровані технології насамперед підтримують розробку віртуальних підприємств, утворених з автономних робочих одиниць, які об'єднані спільною метою й функціонують у середовищі, що швидко й часом непередбачено змінюється.

Література

1. Федоров М.П. САЕ-технологии – критические технологии Российской Федерации: материалы VI Всероссийской конф. по проблемам науки и высшей школы [Фундаментальные исследования в технических университетах], (Санкт-Петербург, 6 июня 2002г.) / М.П. Федоров, А.И. Боровиков, Ю.Я. Болдырев. – Труды СПбГПУ. – Т.1. – СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2002. – С. 17-24.
2. Woodward J. Industrial Organization: Theory and Practice. – London: Oxford University Press, 1965.
3. Благовещенская М.М. Информационные технологии систем управления технологическими процессами: учеб. для вузов / М.М. Благовещенская, Л.А. Злобин. — М.: Высш. шк., 2005.— 768 с.
4. Верников Г. Внедрение системы автоматизации: основные проблемы и задачи / Г. Верников // Антикризисный менеджмент. – 2005. – № 10. – С. 43-47.
5. Дайл Бран. Автоматизированное проектирование и производство. На чаше весов / Бран Дайл // ММ. Деньги и технологии. – 2005. – № 10-11. – С. 34-35.
6. Егоров С. Создание интегрированных структур в высоко технологическом комплексе / С. Егоров, С. Маринин // Экономист. – 2004. – № 6. – С. 29-34.
7. Клименко П. Система компьютерно-интегрированного управления лечебно-профилактическими учреждениями / П. Клименко // Персонал. – 2004. – № 5. – С. 73-77.
8. Копосов В.Н. САПР технологических процессов [Электронный ресурс] / В.Н. Копосов. – Режим доступа: <http://elib.ispu.ru/library/lessons/koposov2/>
9. Тарасов В.Б. Концепция мета кип: от компьютерно-интегрированного производства к internet/intranet-сетям предприятий / В.Б. Тарасов // Программные продукты и системы. – 1998. – № 3. – С. 19-22.
10. Труевцев Н. Обновление оборудования – необходимое условие прогресса [Электронный ресурс] / Н. Труевцев // В мире оборудования, 3 (32), 28.02.2003. – Режим доступа: <http://www.textilepress.ru/print.php?id=1549>
11. CALS (Continuous Acquisition and Life cycle Support – непрерывная поддержка поставок и жизненного цикла изделия) в авиастроении / [научн. ред. А.Г. Братухина]. – М.: Изд-во МАИ, 2002. – 676 с.
12. Лоханский Я.К. Компьютерные технологии инженерного анализа в промышленности и проблемы подготовки кадров / Я.К. Лоханский // Подготовка и переподготовка специалистов. – М.: Московский государственный индустриальный университет, 2005. – № 4. – С.71-83.
13. Крыжачковский Н.Л. Компьютерные технологии для повышения качества подготовки специалистов / Н.Л. Крыжачковский // Экономика та держава. – 2005. – № 5. – С. 10-12.
14. Computer Integrated Manufacturing – Wikipedia, the free encyclopedia [Электронный ресурс]. – Режим

- доступу: http://en.wikipedia.org/wiki/Computer_Integrated_Manufacturing#CIM
15. APICS – The Association for Operations Management [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.apics.org/APICS/>
 16. Ладанюк А.П. Управление технологическими комплексами в компьютерно-интегрированных системах / А.П. Ладанюк, В.Г. Трегуб, В.Д. Кишенько // Проблемы управления и информатики. – 2000. – №2. – С. 72-79.
 17. Полетаев В.А. Компьютерно-интегрированные производственные системы: учеб. пособие / В.А. Полетаев– Кемерово: Гу КузГТУ, 2006. – 199 с.
 18. Ойхман Е.Г. Реинжиниринг бизнеса: Реинжиниринг организаций и информационные технологии / Е.Г. Ойхман, Э.В. Попов. – М.: Финансы и статистика, 1997. – 336 с.
 19. Литвинский С. Сетевые решения. "Горячая точка" промышленной автоматизации / С. Литвинский // ММ. Деньги и технологии. – 2005. – № 10-11. – С. 36-38.
 20. Тарасов В.Б. Концепция мета кип: от компьютерно-интегрированного производства к internet/intranet-сетям предприятий / В.Б. Тарасов // Программные продукты и системы. – 1998. – № 3. – С. 19-22.
 21. Сосонкин В.Л. Системы числового программного управления: учеб. пособие [для студ. высш. уч. завед., получающих образование по спец. "Автоматизация технологических процессов и производств"] / Сосонкин В.Л., Мартинов Г.М. – М.: Логос, 2005. – 296 с. – (Серия "Новая университетская библиотека").
 22. Романенко В.Д. Адаптивное управление технологическими процессами на базе микроЭВМ: [учеб. пособие по специальности "Автоматизация технологических процессов и производств", "Автоматика и управление в технических системах", "Прикладная математика"] / В.Д. Романенко, Б.В. Игнатенко. – Киев: Вища шк., 1990. – 334 с.
 23. Поворознюк А.И. Архитектура компьютеров. Архитектура микро-процессорного ядра и системных устройств: учебное пособие / А.И. Поворознюк. – [Ч. 1]. – Харьков: Торнадо, 2004. – 355 с. – (Серия "Внесерийное издание").
 24. Кондаков А.И. САПР технологических процессов: учебник [для студентов высш. учеб. заведений] / Александр Иванович Кондаков. – М.: Издательский центр "Академия", 2007. – 272 с. – (Высшее профессиональное образование).
 25. Компьютерное моделирование бизнес-процессов: учебное издание / [Сериков А.В., Титов Н.В., Белоцерковский А.В. и др.] – Харьков: Бурун Книга, 2007. – 304 с.
 26. Федоров М.П. САЕ-технологии – критические технологии Российской Федерации: материалы VI Всероссийской. конф. по проблемам науки и высшей школы [Фундаментальные исследования в технических университетах], (Санкт-Петербург, 6 июня 2002г.) / М.П. Федоров, А.И. Боровиков, Ю.Я. Болдырев. – Труды СПбГПУ. – Т.1. – СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2002. – С. 17-24.
 27. Кабінет Міністрів України. Постанова. Положення від 19.02.1996 № 216. Про затвердження державної підтримки міжнародного співробітництва у сфері високих і критичних технологій. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=216-96-%EF&chk=4/UMfPEGznhhHRK.Zi/iju4mHI41ws80msh8Ie6>.

УДК 664:678

ПОИСК ОПТИМАЛЬНЫХ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РЕЦЕПТУР С ПОМОЩЬЮ МЕТОДИКИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

**Вольф Е. Ю., ассистент, Птичкина Н.М., д-р хим. наук, профессор,
Евпатченко Ю.В., ассистент
Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, г. Саратов**

Рассмотрена целесообразность применения методики математического моделирования и планирования при составлении рецептур сухих смесей для производства мучных изделий. Изучены параметры оптимизации, найдены факторы, определяющие ход технологического процесса, построена математическая модель. Установлена хорошая корреляция теоретических и практических данных.

Expediency of application of mathematical modelling and planning technique in development of recipes of dry mixes for production of flour-based products is considered. Optimization parameters are studied, the factors