

**AUTOMATED TECHNOLOGICAL COMPLEXES:
MODERN METHODS AND PROBLEMS OF ANALYSIS
AND SYNTHESIS. PART 2. EXAMPLES
OF IMPLEMENTATION AND THE PROBLEM
OF TECHNOLOGICAL RISKS**

A. Ladanyuk, L. Vlasenko, N. Lutska, Y. Smityuh, R. Boyko
National University of Food Technologies

Key words:

*Automated technological
complex
Risk
Efficiency
Process control*

Article history:

Received 14.07.2020
Received in revised form
28.07.2020
Accepted 11.08.2020

Corresponding author:

L. Vlasenko
E-mail:
vlasenko.lidia1@
gmail.com

ABSTRACT

This article is a consummation of study of the effectiveness of modern technological complexes (TC). In the first part the problem, comparison of traditional and modern approaches to the development of automated technological complexes (ATC) were analyzed and conclusions about the feasibility of using modern approaches to the construction of ATC were made.

The paper presents the results of risks that exist during the operation of the ATC and negative influence on the quality and efficiency of its functioning. For this, at the initial stage, a brief classification of existing risks and its brief assessment were given.

The main study is aimed at improving efficiency of ATC under the action of production risks, as its impact directly forms deviations from an optimal (selected or calculated) technological regulations, which reduce productivity of TC and product quality, significantly worsens technical and economic indicators.

The authors calculated efficiency, relationships and interactions between the following indicators of ATC operation: efficiency, management, actual value of the regulated variable and the magnitude of the risk. It was proposed to evaluate the latter on the basis of the direct dependence of the magnitude of risk and stability of the automatic control system (ACS). An integrated quadratic criterion and a risk assessment "Risk" indicator were chosen as the main criteria influencing the effectiveness of the experiments. In particular, the paragraph of the article "Design of ACS based on technological risk assessment" presents the results of modeling in the form of the dependence between efficiency, integrated quadratic criterion and risk. The obtained result is the basis for an operation of an optimization unit of an intelligent quality monitoring system of the ACS based on risk assessment, the structural scheme of which was given in the paper.

The conducted researches confirm an expediency of the chosen direction and is the basis for the authors' further work on the design and implementation of an effective management systems based on risk assessment and intelligent approaches.

АВТОМАТИЗОВАНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ КОМПЛЕКСИ: СУЧАСНІ МЕТОДИ, ЗАДАЧІ АНАЛІЗУ ТА СИНТЕЗУ. ЧАСТИНА 2. ПРИКЛАДИ РЕАЛІЗАЦІЇ І ПРОБЛЕМА ТЕХНОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ

А. П. Ладанюк, Л. О. Власенко, Н. М. Луцька, Я. В. Смітюх, Р. О. Бойко
Національний університет харчових технологій

Пропонована стаття є завершенням дослідження ефективності функціонування сучасних технологічних комплексів (ТК). У першій частині проведено аналіз проблеми, здійснено порівняння традиційних і сучасних підходів до розробки автоматизованих технологічних комплексів (АТК) та зроблено висновки щодо доцільності використання сучасних підходів до побудови АТК.

У другій частині наведено результати оцінки ризиків, що існують під час функціонування АТК і негативно впливають на якість та ефективність його роботи. Для цього на початковому етапі наведено коротку класифікацію існуючих ризиків і подано їхню коротку оцінку.

Основне дослідження направлено на підвищення ефективності роботи АТК при дії виробничих ризиків, оскільки їхній вплив безпосередньо формує відхилення від оптимального (обраного чи розрахованого) технологічного регламенту, що знижує продуктивність ТК та якість продукції, суттєво погіршує значення техніко-економічних показників.

Розраховано ефективність, взаємозв'язки та взаємовпливи між такими показниками функціонування АТК: ефективність, керування, дійсне значення регульованої змінної та величина ризику. Запропоновано проводити оцінку останнього на основі прямої залежності величини ризику і стійкості системи автоматичного регулювання (САР). Для проведення дослідів основними критеріями, що впливають на ефективність, обрано інтегральний квадратичний критерій і показник оцінки ризику Risk. Зокрема, в пункті статті «Проектування САР на основі оцінки технологічних ризиків» наводяться результати моделювання у вигляді залежності між ефективністю, інтегральним квадратичним критерієм і ризиком. Отриманий результат є основою для функціонування блоку оптимізації інтелектуальної системи моніторингу якості САР на основі оцінки ризиків, структурна схема якої наведена в статті.

Проведені дослідження підтверджують доцільність обраного напрямку і є підставою для подальшої роботи авторів над проектуванням та впровадженням ефективних систем керування на основі оцінки ризиків та інтелектуальних підходів.

Ключові слова: автоматизований технологічний комплекс, ризик, ефективність, система автоматичного регулювання.

Постановка проблеми. В першій частині статті основна увага приділялась особливостям технологічних комплексів, зокрема таким характеристикам: надійність, безпечність, чутливість, стійкість, ієрархічність структури, кількість підсистем тощо. В результаті ефективність функціонування ТК визначається техніко-економічними показниками (прибуток, собівартість продукції, її якість, питомі

витрати енергетичних та матеріальних ресурсів тощо). В реальних умовах керування ТК відбувається в умовах невизначеності, які можуть мати різну природу та характеристики. На кожному рівні ієрархічної системи керування забезпечуються такі впливи на технологічні об'єкти, які безпосередньо реалізують енергетичні та ресурсоефективні алгоритми за допомогою автоматичних регуляторів з використанням робастних, адаптивних підходів і методів оптимізації технологічних режимів підсистем та їх координації, що забезпечуються показниками стійкості та якості перехідних процесів. У той же час автоматизовані технологічні комплекси за основними показниками та характеристиками відносяться до організаційно-технологічних систем (ОТС), які потребують комплексного підходу до формування керувальних дій на різних рівнях ієрархії, тобто існує об'єктивна необхідність здійснювати ефективне керування в умовах невизначеностей і ризиків. Ці комплексні показники мають різну природу (від прямих оперативних оцінок детермінованого характеру до ймовірнісних узагальнень). Виникла необхідність об'єднання оперативних показників (наприклад, відхилень від технологічного режиму) до узагальнених оцінок техніко-економічного характеру, які пов'язують якість керування (оперативність формування керувальних дій) з оцінками ризиків [1—3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За класифікацією виділяють внутрішні та зовнішні, тактичні та стратегічні ризики [4—6]. У [7] розглядається енергоефективна система управління, заснована на комплексних системах менеджменту й теорії ризиків. Визначено фактори, що погіршують якість, безпеку на робочому місці, енергоефективність тощо. У [8] особлива увага приділяється функціям стратегічного планування, оперативного планування, управління ризиками і засобам контролю.

У технічній літературі [9] активно розглядається підхід, застосований на сумісному використанні показників ефективності систем автоматизації та ризиків при її впровадженні й експлуатації, що може призвести до небажаних результатів. У першій частині статті зверталась увага на підхід, який активно розвивається — управління ризиками, що має зменшити (мінімізувати) втрати.

Метою статті є аналіз та оцінка ризиків, що впливають на АТК, зокрема виробничих і технологічних ризиків з подальшим виділенням найбільш суттєвих, а також визначення методики оцінки ризику та проектування САР на основі оцінки технологічних ризиків.

Викладення основних результатів дослідження. Розробка та впровадження й експлуатація систем автоматизації різного рівня і призначення супроводжується внутрішніми ризиками. В цьому класі на першому етапі доцільно виділити виробничі ризики (технологічні), які безпосередньо формують відхилення від обраного (оптимального, розрахункового) технологічного регламенту, що безпосередньо впливає на продуктивність ТК, якість продукції та формування техніко-економічних показників. Наприклад, для цукрових заводів існують такі узагальнені показники: коефіцієнт заводу, коефіцієнт використання потужності, витрата умовного палива, витрати праці на переробку 100 т буряків, які однозначно формують техніко-економічні показники заводу. Вони залежать від функціонування систем автоматизації та формування керувальних дій на різних рівнях управління. Передусім система автоматизації повинна забезпечувати стабілізацію або оперативне змінювання матеріальних потоків між підсистемами

ТК, забезпечуючи таким чином ефективне функціонування всього технологічного комплексу [9].

Для систем автоматизації нижнього рівня технологічні ризики виникають як наслідок імовірності втрат від таких чинників:

- недостатнього урахування та застосування методів сучасної теорії керування (адаптація, робастність, координація підсистем, прогнозування та діагностика, прецедентне та ситуаційне керування тощо);

- відсутність оптимізації параметрів системи, зокрема забезпечення значного запасу стійкості перехідних процесів, що призводить до зменшення точності регулювання та збільшення витрат енергетичних і матеріальних потоків;

- недостатня інформація про властивості об'єкта, відсутність можливостей компенсації (або суттєвого зменшення) збурень, запізнення, впливу перехресних зв'язків між регульованими координатами;

- імовірності виникнення збоїв, виходу з ладу технічних засобів і програмного забезпечення;

- відсутність цілеспрямованих дій переведення нештатних ситуацій у штатні за визначеними наперед алгоритмами.

Для багаторівневих структур виділяються окремі підсистеми технологічного моніторингу на основі ієрархічної декомпозиції якості, якими доповнюються системи автоматизації різного рівня. Загальний підхід для ОТС зв'язує надійність і ризики в багатокритеріальній задачі прийняття рішень. Ефективність керування визначається показником [3]:

$$ef = \max_{x \in P(u)} E(u), \quad (1)$$

де $x \in X$ — поточний стан ОТС; $P(u)$ — множина станів ОТС, яка залежить від коригувальної дії $u \in U$ так, що допустима множина U формує u для переведення системи в одну з точок множини $P(u)$. Вводиться на множині $X \times U$ скалярна функція $E(x, u) : X \times U$ (критерій функціонування системи, який добирає кожному значенню пари «стан-управління» дійсне число). Тоді критерій ефективності набуває вигляду:

$$ef = \max_{\substack{x \in P(u), \\ u \in U}} E(x, u), \quad (2)$$

Беручи до уваги, що стан системи залежить від управління та ризику, вводиться додатковий показник у функцію $P(u, Risk)$, а ефективність управління буде:

$$E(x, u, Risk) : X \times U \times Risk. \quad (3)$$

За аналогією з (1) можна записати:

$$ef = \max_{\substack{x \in P(u, Risk), \\ u \in U}} E(x, u, Risk), \quad (4)$$

Керувальний вплив $u \in U$ впливає на ефективність $E(u)$ та ризик $Risk(u)$, а двокритеріальна задача синтезу має вигляд:

$$\begin{cases} E(x, u) \rightarrow \max_{u, u \in U} \\ Risk(u) \leq Risk_0 \end{cases} \quad (5)$$

Або навпаки — мінімізація ризику при заданому рівні E_0 :

$$\begin{cases} Risk(u) \rightarrow \min_{u, u \in U} \\ E(u) \geq E_0 \end{cases} \quad (6)$$

У загальному випадку управління ризиком полягає в аналізі залежності оптимального рішення від необхідної інформації. Альтернативою є дослідження залежності оптимального рішення від значень невизначених параметрів (змінних) і пошуку рішення (розв'язку), оптимального в рамках наявної інформації про можливі (ймовірнісні) оцінки параметрів. Для ТК неперервного типу розроблено показник ефективності інтелектуальної системи керування [10] з урахуванням виявлених ризик-факторів на основі джерел ризикових подій у внутрішньому та зовнішньому середовищах функціонування АТК та їхнього впливу на показники функціонування.

Проектування САР на основі оцінки технологічних ризиків. Термін «ризик» у цьому розділі застосовується в контексті виникнення виключно негативних наслідків у вигляді відхилень показників якості продукту від установлених норм і, як наслідок, зниження властивостей продукції за рахунок нераціонального (неефективного) вибору структури та параметрів САР або за рахунок втрати цієї раціональності.

Для виявлення головного фактора, що впливає на ефективність керування нижнього рівня, проведено аналіз суттєвих причинно-наслідкових зв'язків між чинниками на основі діаграми Ісікави (рис. 1).

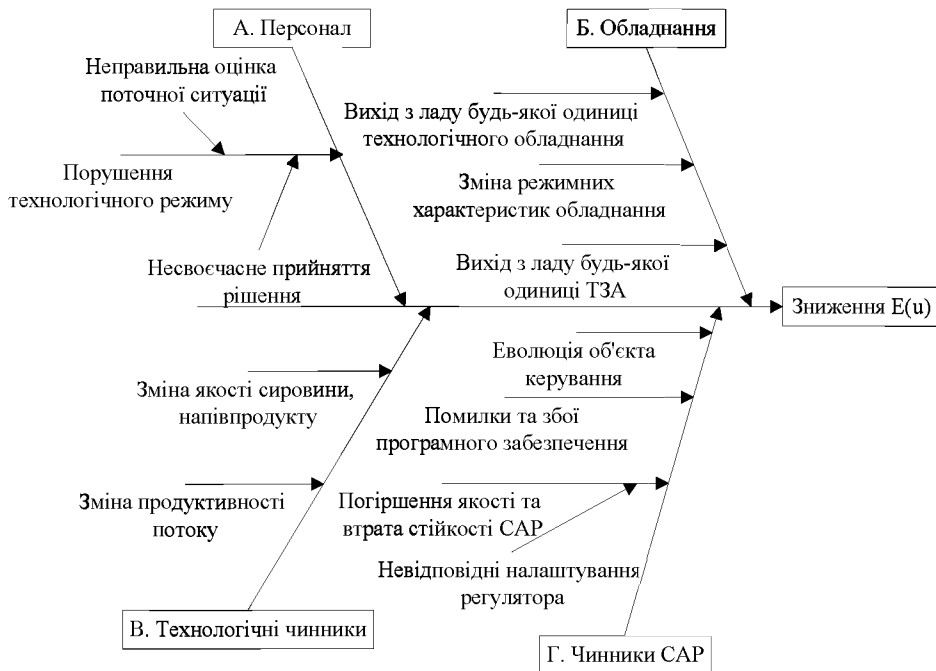


Рис. 1. Діаграма Ісікави

На рис. 2. наведена структурна схема системи моніторингу якості САР на основі оцінки ризиків, яка складається із САР, блоку оцінки ризику, блоку оцінки ефективності керування та блоку оптимізації.

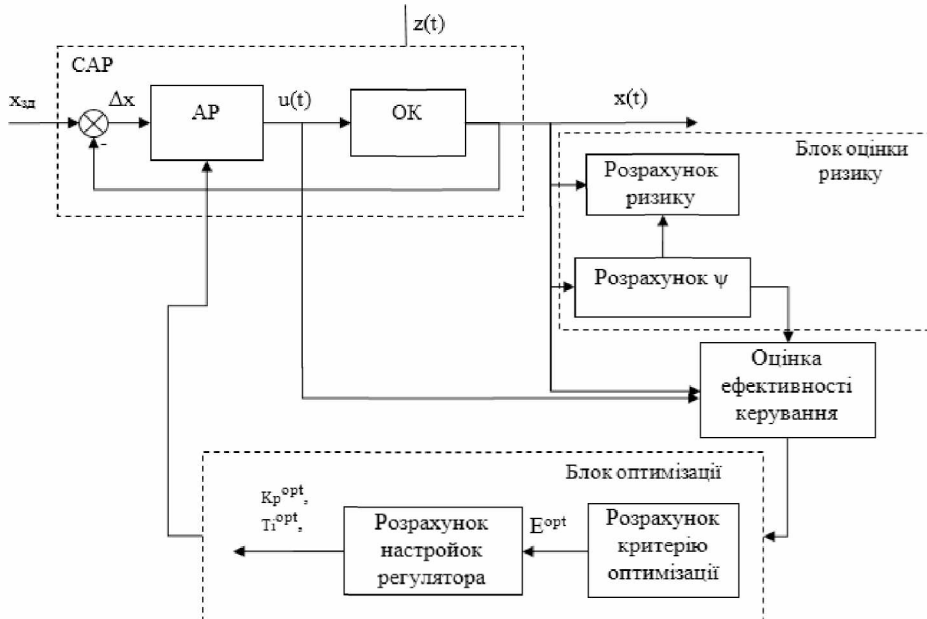


Рис. 2. Структурна схема системи моніторингу якості САР на основі оцінки ризиків

Ефективність роботи АТК безпосередньо залежить від ефективності роботи САР, зокрема ефективності керування. Щоб добитись максимальної ефективності керування, слід мінімізувати негативні фактори, що на неї впливають: ризики, відхилення від технологічного регламенту тощо. У блоці оцінки ризику на основі аналізу стійкості та якості САР за поточними значеннями технологічних змінних оцінюється ризик. Залежно від результату ризик може бути: несуттєвий, середній, суттєвий. Головна мета системи моніторингу — запобігти потраплянню ризику в стан «суттєвий», оскільки це призведе до втрати системою стійкості, а отже, до втрат, простоїв, передаварійних та аварійних ситуацій. У випадку, коли ризик несуттєвий і оцінка ефективності E знаходиться в допустимому діапазоні, САР продовжує працювати у штатному режимі. Якщо ж значення ризику стає «середнім», оцінка ефективності не відповідає заданому діапазону, то сигнал подається на блок оптимізації, в якому на основі розрахунку критерія оптимізації відбувається переналадження регулятора під нові умови роботи системи (на рис. 2, відповідно, K_p^{opt} , T_i^{opt} — оптимальні значення коефіцієнта регулювання та часу інтегрування, ψ — показник коливальності).

Наприклад, на рис. 3 наведено залежність ефективності $E(J, Risk)$, де $J(x, u)$ — нормована оцінка якості системи, а $Risk$ — оцінюється за допомогою одного з факторів (рис. 1), що призводить до втрати стійкості. Як видно із залежності, ефективність значно погіршується при $Risk > 0,2$, тобто необхідна корекція налаштувань регулятора.

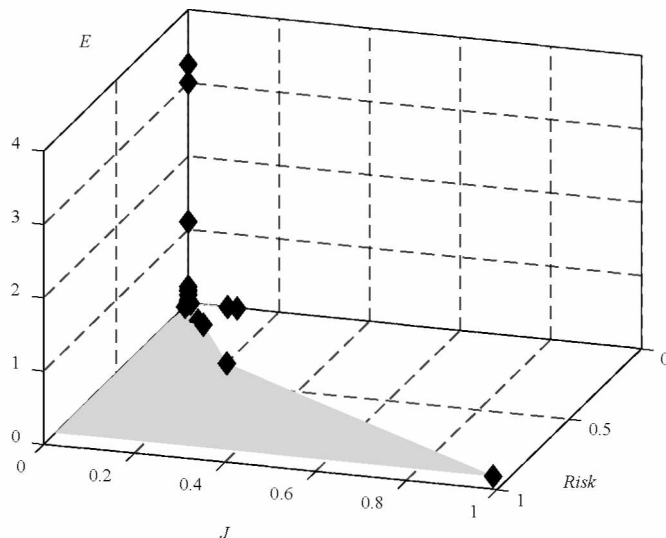


Рис. 3. Залежність ефективності САР від її якості та ризику

Висновки

1. При розгляді АТК як організаційно-технічної (технологічної) системи необхідно оцінювати не лише ефективність функціонування, а й показники, які характеризують ризики, тобто в комплексі «ефективність-ризик» необхідно визначити екстремальні показники за розв'язками оптимальних задач оптимізації.

2. При розробці та впровадженні систем автоматизації різного рівня та призначення завжди постає необхідність урахувати комплексні показники оцінки, насамперед при формуванні керувальних дій, які характеризуються невизначеностями та ризиками. Невизначеності характеризуються неточністю, неясністю, неконкретністю інформації та безпосередньо впливають на формування керувальних дій, а ризик пов'язаний з реалізацією цих дій в існуючих умовах.

3. При функціонуванні АТК першочерговим завданням є утримання технологічних ризиків як відхилень від технологічних режимів, зменшення техніко-економічних показників виробництва.

4. Ризик трактується як імовірність отримання запланованого результату, при цьому ризик і невизначеність мають однакову сутність та оцінюються в однакових одиницях (%). При цьому невизначеність може переходити в ризик при реалізації керувальних дій у конкретних умовах, а реалізація ризикованої керувальної дії може призводити до виникнення невизначеності.

5. Наведений приклад відповідає сучасним підходам теорії керування та направлений на підвищення ефективності функціонування і зменшення (мінімізації) ризиків при функціонуванні АТК.

Література

1. Ладанюк А. П., Засць Н. А., Власенко Л. О. Сучасні технології конструювання систем автоматизації складних об'єктів (мережеві структури, адаптація, діагностика та прогнозування): монографія. К.: Видавництво Ліра-К, 2016. 312 с.

2. Луцька Н. М., Ладанюк А. П. Оптимальні та робастні системи керування технологічними об'єктами: монографія. К.: Видавництво Ліра-К, 2016. 288 с.
3. Прокопенко Т. О., Ладанюк А. П. Інформаційні технології управління організаційно-технологічними системами: монографія. Черкаси: Вертикаль, 2015. 223 с.
4. Aven T. Risk assessment and risk management: Review of recent advances on their foundation. *EJOR* 2016, 253, 1—13.
5. Paraschivescu O. Risk management and quality management an integrate approach. *ETC* 2016, 19, 55—61. ISO. *ISO 50001:2018. Energy Management Systems — Requirements with Guidance for Use*; ISO/IEC: Geneva, Switzerland, 2018.
6. Poveda-Orjuela P., García-Díaz C. J., Pulido-Rojano A., Cañón-Zabala G. ISO 50001:2018 and Its Application in a Comprehensive Management System with an Energy-Performance Focus. *Energies*. 2019. 12. 4700. doi:10.3390/en12244700.
7. Al-Sakkaf S., Kassas M., Khalid M., Abido M. An energy management system for residential autonomous dc microgrid using optimized fuzzy logic controller considering economic dispatch. *Energies*. 2019. 12. 1457.
8. Михайловский И. А., Гун Е. И. Учёт технологических рисков при анализе качества продукции путём иерархической декомпозиции качества. *Качество в обработке материалов*. 2014. № 2. С. 33—38.
9. Ладанюк А. П., Луцька Н. М., Смітюх Я. В., Власенко Л. О., Сашньова М. В. Ефективність інтелектуальних систем керування технологічними об'єктами. Частина 1. Основні положення. *Харчова промисловість*. 2019. № 25. С. 141—147.