

**Т. О. Прокопенко, д.т.н., доцент,**

**В. А. Прокопенко, студент**

Черкаський державний технологічний університет

б-р Шевченка, 460, м. Черкаси, 18006, Україна

[tatianaalexandr@yandex.ru](mailto:tatianaalexandr@yandex.ru)

## КОГНІТИВНА МОДЕЛЬ УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО КОМПЛЕКСУ НЕПЕРЕРВНОГО ТИПУ

*В статті розглядається питання управління ризиками технологічного комплексу неперервного типу. У новій концепції управління невизначеність та ризики займають особливе місце. Проаналізувавши характер і розглянувши особливості технологічних комплексів неперервного типу, автори класифікували ризики та виділили внутрішні ризики, які безпосередньо впливають на технологічну складову прибутку. Авторами запропоновано математичні моделі ідентифікації ризиків технологічних комплексів неперервного типу. Також запропонована нечітка когнітивна модель управління ризиками технологічного комплексу в галузі харчової промисловості.*

**Ключові слова:** технологічний комплекс неперервного типу, ризики, управління ризиками, когнітивна модель.

**Вступ.** В нинішніх умовах жорсткої конкуренції підприємство має бути динамічним та стійким до змін та впливів зовнішнього та внутрішнього оточення. Середовище характеризується високим ступенем невизначеності і не завжди сприяє діяльності підприємства. Для того щоб вижити та розвиватися в сучасних умовах, підприємство має не тільки пристосовуватись до зовнішнього середовища шляхом адаптації своєї внутрішньої структури та зовнішньої поведінки. Підприємство має навпаки активно формувати зовнішні умови своєї діяльності, постійно виявляючи в зовнішньому середовищі загрози та потенційні можливості, що є особливо важливим в умовах невизначеності та ризиків [1]. Тому першочерговою вимогою до виробництва є забезпечення гнучкості, мобільності, універсальності при забезпеченні високої продуктивності виробництва, тобто вимога швидкості і адекватності прийняття рішень, а також їх реалізації відповідно стратегіям зовнішнього оточення та внутрішньої динаміки для своєчасного досягнення запланованих стратегічних показників [2].

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Важливого значення в управлінні різними об'єктами, в тому числі технологічними комплексами (ТК) неперервного типу, набуває дослідження умов та причин виникнення ризикових подій, розробка заходів зниження ймовірності ризику, уникнення настання ризику або зменшення витрат в результаті на-

стання ризику. Вітчизняні та зарубіжні вчені Кунцевич В.М. [3], Сікора Л.С. [4], Грабовський Г.Г., Богаєнко І.М., Архангельський В.І. [5], Бурков В.Н., Новіков Д.А. [6], Малиницький Г. Г., Трахтенгерц Є. А. досягли значних успіхів в дослідженні питань, пов'язаних з невизначеністю та ризиками в різних видах діяльності. Однак, управлінню ризиками ТК неперервного типу в галузі харчової, хімічної та ін. промисловості, аналізу та врахуванню факторів, що їх викликають, визначенню можливих втрат у виробництві, розробці заходів, що запобігають виникненню ризикової події, не приділено достатньо уваги.

Метою даної статті є розробка когнітивної моделі управління ризиками технологічних комплексів неперервного типу в галузі харчової, хімічної та ін. промисловості, що забезпечить зменшення перевитрати ресурсів та втрати цільового продукту у виробництві.

**Викладення основного матеріалу дослідження.** Технологічний комплекс неперервного типу розглядається як послідовність з'єднаних підсистем, що перетворюють вихідну сировину та матеріали в готовий продукт [7]. Кожна з підсистем має значні матеріальні, енергетичні та інформаційні потоки, а також зворотні зв'язки. В результаті взаємодії неперервних потоків речовини та енергії, фізико-хімічних перетворень на різних стадіях виробничий процес та технологічне обладнання є інтегроване, тобто взаємопов'язані та узгоджені оперативно в часі.

Технологічні комплекси неперервного типу та їх підсистеми в певний момент часу характеризується станом, що виражається рівняннями:

$$\begin{cases} \dot{x}_i = Ax_i + Bu_i + D_1 w_i \\ y_i = Cx_i + D_2 w_i \end{cases} \quad (1)$$

де  $x$  – вектор стану системи,  $u$  – управління,  $y$  – вихід системи,  $w$  – вхідні сигнали (зовнішні збурення),  $A, B, C, D_i$  – матриці [7].

Дана математична модель в координатах стану дає змогу отримати оцінку таких показників як керованість та спостережливість системи в ході оперативного управління.

Для технологічних комплексів неперервного типу характерні такі властивості як наявність підсистем, що пов'язані між собою складними структурними та функціональними відношеннями; наявність ієрархічної структури, що обумовлена існуванням глобальної цілі та локальних цілей підсистем; необхідність адаптації до зміни внутрішніх умов функціонування та зовнішнього середовища; велика розмірність задачі управління. Технологічні процеси є слабо організованими та залежать від впливу факторів зовнішнього та внутрішнього середовища, наприклад якості сировини та навантажень, що характеризується виробничими ситуаціями.

Функціонування ТК неперервного типу в харчовій та хімічній промисловості відрізняється наступними особливостями: сезонність виробництва або збуту продукції, залежність від сировини, залежність від енергоносіїв, необхідність забезпечення мінімальних втрат цільового продукту при жорстких обмеженнях ресурсів, нестационарність процесів. Ефективність ТК неперервного типу залежить від наступних основних факторів: сировини, тривалості виробничого сезону, концентрації виробництва, територіального розміщення підприємств. Тому, як в стратегічному, так і в оперативному управлінні ТК неперервного типу важливим є врахування факторів, що породжують ризики, дослідження умов та причин виникнення ризикових подій, а також вироблення заходів їх уникнення, що забезпечить зменшення втрат цільового продукту у виробництві та зменшить перерви та фінансових ресурсів.

Ризики породжуються різними факторами зовнішнього середовища та виробничої діяльності ТК неперервного типу [8]. В загальному вигляді ризики ТК неперервного типу можна класифікувати наступним чином:

1. Внутрішні ризики, що породжуються факторами внутрішнього стану ТК:

- виробничі ризики, що пов'язані з настанням проблемних ситуацій в ході технологічного процесу;
- ризики, що пов'язані з енергетичними ресурсами (наявність, перевитрати);
- ризики, що характеризуються сировинним фактором;

2. Зовнішні ризики, які породжуються факторами зовнішнього середовища системи:

- ринкові ризики, які пов'язані зі зміною ринкової ситуації в зовнішньому середовищі;
- політичні ризики, що пов'язані зі зміною політичної ситуації в зовнішньому середовищі;
- форм-мажорні ризики, які важко передбачити.

В ході дослідження проблеми управління ризиками використовуються різні моделі та методи, що характеризуються наявністю та повнотою вихідної інформації. В залежності від повноти вихідної інформації ризикові ситуації прийнято ділити на три групи:

- ситуації з достатнім обсягом статистичних даних для визначення закону розподілення ймовірностей ( в тому числі перевірки необхідних статистичних гіпотез) настання ризикової події;
- ситуації з недостатнім обсягом статистичних даних для визначення закону розподілення ймовірностей настання ризикової події;
- ситуації з відсутністю статистичної інформації про можливість настання ризикової події.

Існуючі методи управління, такі як «метод дерева рішень», метод «платіжної матриці», різні ігрові моделі і таке інше, надають можливості прийняття рішення в ситуаціях, коли можлива ймовірнісно-статистична оцінка наслідків рішень, тобто в умовах повної інформованості. Тому їх неможливо застосувати при наявності ризикових ситуацій третього типу. Виникає необхідність застосування для дослідження задач управління ризиками експертної інформації, яка надасть можливості оцінки за допомогою порядкових рангів шкал виникнення ризикових ситуацій, ступінь впливу факторів ризику різної природи на цільові показники ефективності, а також виявити найбільш значимі фактори ризику.

ТК неперервного типу характеризуються слабою організацією технологічного процесу, залежністю від зовнішніх та внутрішніх збурень, необхідністю адаптації до умов зовнішнього середовища та внутрішнього стану.

Тому на технологічну складову прибутку найбільше впливають наступні ризики.

Ризик втрат цільового продукту у виробництві:

$$Risk^{\Pi} = \sum_{i=1}^k P_i^{\Pi} \cdot V_i^{\Pi}, \quad (2)$$

де  $i$  – номер стадії технологічного процесу,  $i = \overline{1, k}$ ,  $k$  – загальна кількість стадій технологічного процесу;  $P_i^{\Pi}$  – імовірність втрат цільового продукту у виробництві;  $V_i^{\Pi}$  – вартість витрат, пов'язаних втратами цільового продукту у виробництві.

Ризик перевитрати теплової енергії:

$$Risk^{V_3} = \sum_{i=1}^k (P_i^{Gr} \cdot V_i^{V_3} + P_i^{N_{T.T.}} \cdot V_i^{V_3}) \quad (3)$$

де  $i$  – номер стадії технологічного процесу,  $i = \overline{1, k}$ ,  $k$  – загальна кількість стадій технологічного процесу;  $P_i^{Gr}$  – імовірність збільшення показника витрат на теплову енергію для  $i$ -ї стадії технологічного процесу;  $P_i^{N_{T.T.}}$  – імовірність збільшення показника витрати умовного палива на відпущені т.ккал. теплової енергії для  $i$ -ї стадії технологічного процесу;  $V_i^{V_3}$  – вартість витрат, пов'язаних зі збільшенням значення показника витрат на теплову енергію.

Ризик перевитрати допоміжних матеріалів:

$$Risk^{V_2} = \sum_{i=1}^k P_i^{V_2} \cdot V_i^{V_2} \quad (4)$$

де  $i$  – номер стадії технологічного процесу,  $i = \overline{1, k}$ ,  $k$  – загальна кількість стадій технологічного процесу;  $P_i^{V_2}$  – імовірність збільшення показника витрат допоміжних матеріалів для  $i$ -ї стадії технологічного процесу;  $V_i^{V_2}$  – вартість витрат, пов'язаних зі збільшенням значення показника витрат допоміжних матеріалів.

Ризик перевитрати електроенергії:

$$Risk^{V_4} = \sum_{i=1}^k P_i^{V_4} \cdot V_i^{V_4} \quad (5)$$

де  $i$  – номер стадії технологічного процесу,  $i = \overline{1, k}$ ,  $k$  – загальна кількість стадій технологічного процесу;  $P_i^{V_4}$  – імовірність збільшення показника витрат електроенергії для  $i$ -ї стадії технологічного процесу;  $V_i^{V_4}$  – вартість

витрат, пов'язаних зі збільшенням значення показника витрат електроенергії.

Загальний ризик на всіх стадіях технологічного процесу можемо представити у вигляді:

$$Risk = \sum_{n=1}^m Risk^n \quad (6)$$

де  $Risk^n$  – міра ризику від ризикованої події  $n$ -го виду на всіх стадіях технологічного процесу, грн.  $n = \overline{1, m}$ ,  $i = \overline{1, k}$ ,  $m$  – кількість видів ризикових подій,  $m = 4$ ;  $k$  – загальна кількість операцій технологічного процесу.

$$Risk \rightarrow \min, \quad (7)$$

$$Risk = \sum_{n=1}^m Risk^n \rightarrow \min$$

$$n = \overline{1, m}$$

де  $n$  – номер ризику,  $n = \overline{1, m}$ ,  $m$  – загальна кількість ризиків.

Таким чином, маємо наступну цільову функцію математичної моделі ризиків технологічного процесу:

$$\sum_{n=1}^m (\sum_{i=1}^k P_i^{\Pi} \cdot V_i^{\Pi} + \sum_{i=1}^k (P_i^{Gr} \cdot V_i^{V_3} + P_i^{N_{T.T.}} \cdot V_i^{V_3}) + \sum_{i=1}^k P_i^{V_2} \cdot V_i^{V_2} + \sum_{i=1}^k P_i^{V_4} \cdot V_i^{V_4}) \rightarrow \min$$

$$0 < P_i^{\Pi} < 1,$$

$$0 < P_i^{Gr} < 1,$$

$$0 < P_i^{N_{T.T.}} < 1,$$

$$0 < P_i^{V_2} < 1,$$

$$0 < P_i^{V_4} < 1.$$

Функція величини витрат має обмеження:

$$V_i^n \geq 0, \quad i = \overline{1, k}, \quad n = \overline{1, m},$$

де  $i$  – номер стадії технологічного процесу  $i = \overline{1, k}$ ,  $k$  – загальна кількість стадій технологічного процесу;  $n$  – номер ризику,  $n = \overline{1, m}$ ,  $m$  – загальна кількість ризиків.

Управління ризиками ТК неперервного типу реалізується в два етапи:

1. Виявлення найбільш значущих ризик - факторів зовнішнього середовища та внутрішнього стану ТК.

2. Визначення початкового набору ефективних заходів щодо зниження можливості виникнення ризикових ситуацій або мінімізації їх наслідків.

Для реалізації першого етапу доцільним є застосування підходу, який базується на понятті когнітивна карта та називається когнітивним моделюванням. Формально, когнітивна карта представляє орієнтований граф, ребрам (або вершинам) якого поставлені у відповідність ваги. Вона задається матрицею суміжності  $W = [w_{ij}]_{n \times n}$ , де  $n$  – число вершин,  $w_{ij}$  – вага ребра  $(i, j)$ ,  $w_{ij} = 0$  означає, що ребро  $(i, j)$  відсутнє [9].

Для рішення задач з якісними й погано визначеними параметрами більш адекватним є підхід, запропонований Б. Коско [10], що увів нечіткі когнітивні карти (НКК). У загальному випадку НКК – це зважений орієнтований граф з множиною вершин  $S$  і множиною ребер  $E$ , у якому вершини представляють фактори, а ребра - зв'язки між факторами, які інтерпретуються як причинно-наслідкові (каузальні) зв'язки [10].

Побудуємо в узагальненому вигляді нечітку когнітивну карту управління ризиками для технологічних комплексів неперервного типу в галузі харчової промисловості.

Вершини когнітивної карти відповідають факторам (концептам), що визначають (рис. 1):

- джерела виникнення ризикових ситуацій у зовнішньому і внутрішньому середовищі ТК неперервного типу, тобто фактори зовнішнього ( $3\Phi_1, \dots, 3\Phi_n$ ) та внутрішнього середовища ( $B\Phi_1, \dots, B\Phi_m$ );
- ризики, викликані визначеними факторами що впливають на реалізацію певного стратегічного рішення ( $P_{3\Phi_1}, P_{B\Phi_1}, \dots, P_{3\Phi_n}, P_{B\Phi_m}$ ), що виражені через показники (індикатори) прогнозування виникнення та розвитку ризикових ситуацій;
- показник наслідку виникнення ризикових ситуацій для ТК ( $V_1, \dots, V_n$ );
- заходи, що необхідні для запобігання або зниження рівня різних видів ризиків ( $M_{P_{3\Phi_1}}, M_{P_{B\Phi_1}}, \dots, M_{P_{3\Phi_n}}, M_{P_{B\Phi_m}}$ );
- показники ефективності функціонування ТК ( $E_{p1}, \dots, E_{p4}$ ).

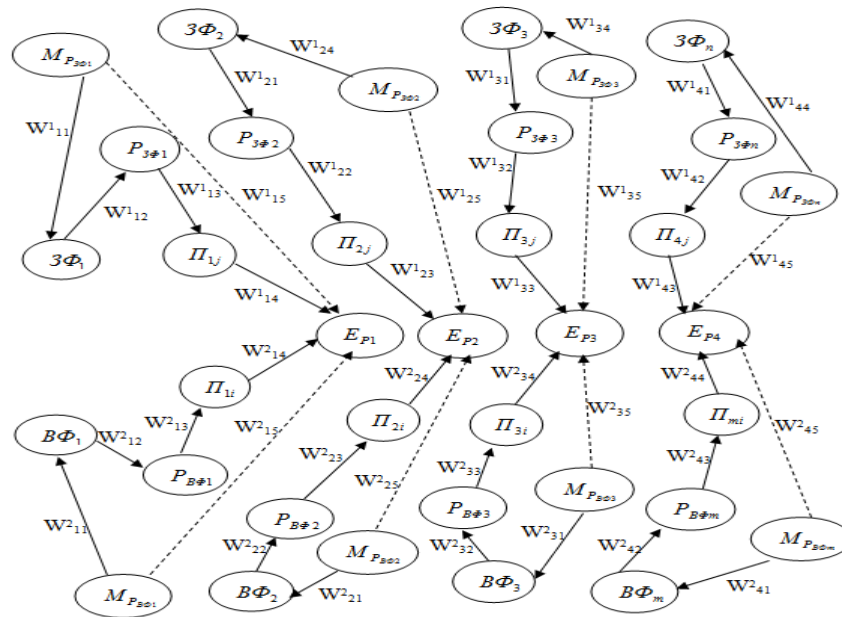


Рис. 1. Узагальнена нечітка когнітивна карта управління ризиками для ТК неперервного типу

Ребра графа (рис. 1) відображають силу впливу факторів зовнішнього середовища з одного боку та факторів внутрішнього стану ТК з іншого боку на виникнення ризикових ситуацій. Настання ризикової події спричиняє певні наслідки, які в свою чергу впливають на значення показників ефективності ТК.

На етапі моніторингу ризикових ситуацій проводиться оцінювання ймовірності настання ризику і обчислюється агреговане значення величини ризику як згортка нечіткої оцінки можливості  $i$  - ї небезпечної події і величини збитку від цієї події. Для кожного інтервалу значень ризику  $P_{3\Phi_1}$ , які можуть,

наприклад, відповідати, допустимому, прийнятному і неприйнятному рівню ризику, вибираються ефективні основні та резервні заходи, які мають найбільший вплив на ймовірність настання ризику.

Для визначення ефективних профілактичних заходів здійснюється послідовне включення в модель відповідних вузлів - концептів ( $M_{P_{\Phi 1}}, M_{P_{\Phi 2}}, \dots, M_{P_{\Phi n}}, M_{P_{\Phi m}}$ ). Для побудованих нечітких когнітивних карт визначають ступінь комплексного (у тому числі опосередкованого) впливу заходів на показники прогнозування ризикових ситуацій, і вибирають ті заходи, які з найменшими витратами забезпечують найбільший вплив на рівень ризику і його можливі наслідки.

При функціонуванні ТК неперервного типу значення всіх концептів побудованої нечіткої когнітивної карти міняються, що неминує призводить до зміни значень показників ризику. При цьому попадання даних значень в заздалегідь задані інтервали визначає доцільність реалізації відповідних заходів щодо зниження рівня ризику або його можливих негативних наслідків.

**Висновки.** Розроблена когнітивна модель управління ризиками дає можливість виявлення джерел ризикових подій в зовнішньому та внутрішньому середовищах ТК неперервного типу, ступеню їх впливу на показники ефективності, а також визначення заходів уникнення ризиків. Дана модель застосовується в ході розробки альтернативних стратегічних сценаріїв досягнення цілей, що дозволяє здійснити вибір найбільш ефективного сценарію стратегічного управління згідно врахованих ризиків.

### Список літератури

1. Прокопенко Т. О., Ладанюк А. П. Інформаційні технології управління організаційно-технологічними системами: [монографія]. Черкаси: Вертикаль, видавець Кандич С. Г., 2015. 224 с.
2. Прокопенко Т. А., Ладанюк А. П. Информационная модель управления технологическими комплексами непрерывного типа в классе организационно-технических систем. *Проблемы управления и информатики: международный научно-технический журнал*. 2014. № 5. С. 64–70.
3. Кунцевич В. М. Управление в условиях неопределенности: гарантированные результаты в задачах управления и иденти-

фикации: [монография]. К.: Наук. думка, 2006. 264 с.

4. Сікора Л. С. Когнітивні моделі та логіка оперативного управління в ієрархічних інтегрованих системах в умовах ризику: [монографія]. Львів: ЦСД «ЕБТЕС», 2009. 432 с.
5. Архангельский В. И., Богаенко И. В., Грабовский Г. Г., Рюмшин Н. А. Интегрированное управление производством: организационные и технологические аспекты менеджмента предприятиями. К.: Техніка, 2005. 328 с.
6. Novikov D., Ashimov A., Sultanov B., Adilov Z., Borovskiy Y., Alshanov R., Ashimov A. Macroeconomic analysis and parametric control of a national economy. New York: Springer, 2013. 288 p.
7. Ладанюк А. П., Шумидай Д. А., Бойко Р. О. Ситуационное координирование подсистем технологических комплексов непрерывного типа. *Проблемы управления и информатики*. 2013. № 4. С. 117–122.
8. Ladaniuk A., Prokopenko T., Reshетиuk V. The model of strategic management of organizational and technical systems, taking into account risk-based cognitive approach. *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW Agriculture (Agricultural and Forest Engineering)*. 2014. № 63. P. 97–104.
9. Кузнецов А. П., Кулинич А. А., Марковский А. В. Анализ влияния при управлении слабоструктурированными ситуациями на основе когнитивных карт. Человеческий фактор в управлении; под ред. Н. А. Абрамовой, К. С. Гинсберга, Д. А. Новикова. М.: КомКнига, 2006. С. 313–344.
10. Kosko B. Fuzzy cognitive maps. *International Journal Man-Machine Studies*. 1986. Vol. 11. P. 65–67.

### References

1. Prokopenko, T. O., Ladanyuk, A. P. (2015) Information technologies of management by organizational and technological systems. Cherkasy: Vertical, publisher Kandych S. H., 224 p. [in Ukrainian].
2. Prokopenko, T. A., Ladanyuk, A. P. (2014). Information model of management by technological complexes of continuous type in the class of organizational and technical systems. *Problemy upravleniya i informatiki*, No. 5, pp. 64–70 [in Russian].

3. Kuntsevych, V. M. (2006) Management in terms of uncertainty: guaranteed results in the problems of management and authentication. Kyiv: Nauk. dumka, 264 p. [in Ukrainian].
4. Sikora, L. S. (2009) Cognitive models and logic in hierarchical operational management of integrated systems at risk. L'viv: TSSD «EBTES», 432 p. [in Ukrainian].
5. Arkhangel'skiy, V. I., Bogaenko, I. V., Grabowskiy, G. G., Ryumshyn, N. A. (2005) Integrated production management: organizational and technological aspects of enterprise management. Kiev: Tekhnika, 328 p. [in Russian].
6. Novikov, D., Ashimov, A., Sultanov, B., Adilov, Z., Borovskiy, Y., Alsharov, R., Ashimov, A. (2013) Macroeconomic analysis and parametric control of national economy. New York: Springer, 288 p.
7. Ladanyuk, A. P., Shumigay, D. A., Boyko, R. O. (2013) Case coordination of subsystems of technological systems of continuous type. *Problemy upravleniya i informatiki*, (4), pp. 117–122.
8. Ladaniuk, A., Prokopenko, T., Reshetyuk, V. (2014) The model of strategic management of organizational and technical systems, taking into account risk-based cognitive approach. *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW Agriculture (Agricultural and Forest Engineering)*, (63), pp. 97–104.
9. Kuznetsov, A. P., Kulnich, A. A., Markovskii, A. V. (2006) Analysis of the effects at the management by semistructured situations on the basis of cognitive maps. *The human factor in management*. O. N. Abramova, K. S. Ginsberg, D. A. Novikov (eds). Moscow: KomKniga, pp. 313–344.
2. Kosko, B. (1986) Fuzzy cognitive maps. *International Journal Man-Machine Studies*, (11), pp. 65–67.

**T. O. Prokopenko**, *Dr.Tech.Sc, associate professor,*

**V. A. Prokopenko**, *student*

Cherkasy State Technological University

Shevchenko blvd, 460, Cherkasy, 18006, Ukraine

[tatianaalexandr@yandex.ru](mailto:tatianaalexandr@yandex.ru)

#### **COGNITIVE MODEL OF RISK MANAGEMENT BY TECHNOLOGICAL COMPLEX OF CONTINUOUS TYPE**

*The article discusses the main issues of risk management of the continuous type technological complexes. In the new concept the uncertainties and risks deserve special attention. In conventional control logic uncertainty regarded as inevitable losses that may be visible or hidden. Manager tries to avoid or to minimize the uncertainty and risks through detailed planning, regulation and precise execution of the plan. With the new approach to the management of uncertainty is explicitly recognized as part of the real world and regarded as the most important part of management and planning.*

*The purpose of this article is to develop a cognitive model of risk management of the continuous type technological complexes in the food, chemical and others industry.*

*After analyzing and considering the specialty of the continuous type technological complexes, the authors highlighted the internal risks that directly affect the technological component of profit.*

*The authors propose a mathematical model of risks identification of the continuous type technological complexes, which directly affect the technological component of profit. Also, the authors propose a fuzzy cognitive model of risk management of the continuous type technological complexes in food industry. This model makes it possible to identify the sources of risk events in the external and internal environment of the company, the degree of their effect on business performance, as well as the definition of actions to avoid risks.*

**Keywords:** *continuous type technological complexes, risk, risk management, cognitive model.*

*Статтю представляє Т. О. Прокопенко, д.т.н., доцент, Черкаський державний технологічний університет.*