

DOI: <https://doi.org/10.32689/2523-4536/62-6>
УДК 331.103.32

Сеник Ю. І.

кандидат біологічних наук, докторант,
Західноукраїнський національний університет

Senyk Yurii

Candidate of Biological Sciences, Doctoral Student,
West Ukrainian National University

МЕТОД ОЦІНКИ РИЗИКІВ У ВИРОБНИЧІЙ ЛАБОРАТОРІЇ МОЛОКОПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ НА ОСНОВІ LEAN

RISK ASSESSMENT METHOD IN THE PRODUCTION LABORATORY OF A DAIRY ENTERPRISE BASED ON LEAN

У роботі розглянуто застосування модифікованого до системи оцінювання виробництва методу оцінки ризиків FMEA для виробничих лабораторій молокопереробних підприємств. Описано алгоритм реалізації failure mode and effect analysis та вказано основні принципи розрахунку S (значимість потенційних збоїв у роботі), O (ймовірність виникнення збою у роботі), D (ймовірність виявлення збою) та RPN (risk priority number). Розглянуто два основні недоліки класичного підходу методики FMEA та для їх усунення використано модифікацію, запропоновану Rapinder Sawhney та ін., яка полягає у використанні інтегрованого показника «значення оцінки ризиків». Для аналізу ризиків виробничої лабораторії згідно з модифікованою методикою FMEA вибрано окремий шаблон таблиці, представлений у тексті статті. Він містить як елементи FMEA, так і спосіб вирішення критичних показників згідно з принципами LEAN. Такий підхід до роботи лабораторії є вкрай важливим, адже саме від оперативності та точності проведених досліджень залежатиме можливість уникнення прямих утрат для підприємства та випуску безпечної та якісної продукції.

Ключові слова: метод FMEA, оцінювання виробництва, виробничі лабораторії, оцінка ризиків, конкурентоздатність.

The scientific work considers the application of the FMEA risk assessment method modified for the system of lean production for production laboratories of dairy processing enterprises. The algorithm of failure mode and effect analysis is described and the basic principles of calculation S (significance of potential failures), O (probability of failure), D (probability of failure) and RPN (risk priority number) are indicated. The two main disadvantages of the classical approach of the FMEA methodology are considered: first, the "risk priority number" of the FMEA does not allow to differentiate different consequences of risk depending on their impact on the company and, secondly, the team of FMEA specialists can average values of S, O and D, which may make discrepancies in the calculation of "risk priority number". To eliminate these shortcomings, a modification proposed by Rapinder Sawhney and others is used, which consists in the use of an integrated indicator "value of risk assessment". The RAV in digital terms is the ratio of the product of the probability of its occurrence and the severity of the consequences for the company to the ways of identifying this failure. On the other hand, this value can be interpreted as the ratio of the risk profile of the LEAN system to the efficiency of the methods developed by it to detect and manage non-compliance. The meaning of this alternative approach is to shift the focus from risk as an object of analysis to the effectiveness of the developed system to detect and manage it. This method allows you to focus not only on ways to reduce the severity of the impact of risk on enterprises, but also on ways to determine it. A separate table template, presented in the text of the article, was chosen to analyze the risks of the production laboratory according to the modified FMEA methodology. It contains both FMEA elements and a way to solve critical indicators according to LEAN principles. This approach to the work of the laboratory is extremely important, because it is from the efficiency and accuracy of the research will depend on the possibility of avoiding direct losses for the company and the production of safe and high-quality products.

Keywords: FMEA method, lean production, production laboratory, risk assessment, competitiveness.

Постановка проблеми. Сучасний стан молокопереробної промисловості вимагає від виробників якісної та економічно рентабельної готової продукції. Це інтенсивне середовище є частиною глобалізації, прикладом якої є посилення міжнародної конкуренції та імпорту молочної продукції. Єдиною парадигмою, яка використовується успішними компаніями на світовому ринку молочної продукції, є впрова-

дження принципів LEAN у виробничі системи, що забезпечить систематичне усунення витрат та діяльності без доданої вартості у всіх сферах потоку вартості виготовлення продукту. Такі зміни у виробничому процесі забезпечать ефективність організації та підвищать її конкурентоздатність [3, с. 612–630].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблематику оцінки ризиків за методикою

FMEA з використанням принципів LEAN піднімали у своїх наукових дослідженнях: R. Wirth et al. [8, с. 219–229], P. Achanga [1, с. 27–42], R. Sawhney et al. [6, с. 832–855], J.B. Bowles і С.Е. Pela'ez [2, с. 203–213], F. Franceschini і M. Galetto [4, с. 2991–3002], A. Pillay і J. Wang [5, с. 69–85], Y.M. Wang et al. [7, с. 1195–1207].

Мета статті полягає в аналізі можливості використання методики аналізу видів збоїв та їх наслідків (FMEA) у системі ошадливого виробництва; виборі для оцінки ризиків однієї з модифікацій кількісної оцінки ефективності впроваджених методів керування ризиками. Окрім того, на основі отриманих теоретичних знань необхідно здійснити оцінку ризиків у роботі виробничої лабораторії молокопереробного підприємства.

Виклад основного матеріалу. Методика аналізу видів збоїв та їх наслідків (failure mode and effect analysis (FMEA)) фокусується на визначенні пріоритетів критичних збоїв для підвищення надійності системи виробництва, що забезпечить випуск якісного та безпечного продукту з мінімальними втратами. Методика ґрунтується на кількісній оцінці ризиків, що вирізняє її з інших методологій, побудованих на основі суб'єктивної оцінки дослідником чи групою дослідників [8, с. 219–229].

Алгоритм реалізації failure mode and effect analysis включає низку етапів [1, с. 27–42]:

1. Визначення сфери процесу використання методу та цілей його дослідження.

2. Вивчення процесу, який необхідно оцінити.

3. Розділення об'єкта аналізу на складові елементи.

4. Установлення переліку можливих збоїв у роботі чи поломок обладнання..

5. Прогнозування наслідків ризику.

6. Необхідно встановити пріоритетність кожного збою з переліку, сформованого на попередньому етапі. Реалізація цього етапу є однією з найскладніших у всьому аналізі, оскільки дослідник повинен розробити для себе низку критеріїв та правил для забезпечення об'єктивності процесу. Перед останнім кроком в аналізі ризиків за FMEA є виокремлення «вузьких місць» процесу – можливих причин виникнення збою у роботі процесу. Для узагальнення таких причин Rapinder Sawhney та низка інших авторів [6, с. 832–855] виділили чотири основні групи:

1. Персонал.

2. Виробниче обладнання.

3. Сировина та матеріали.

4. Планування виробництва на основі стабільних даних.

На термінальному етапі визначення ризиків FMEA дає змогу отримати цифрове значення рівня критичності, яке називається «число пріоритету ризику» (risk priority number (RPN)), яке розраховується згідно з формулою:

$$RPN = S \cdot O \cdot D,$$

де S – значимість потенційних збоїв у роботі;
 O – ймовірність виникнення збою у роботі;
 D – ймовірність виявлення збою.

Такий класичний і широко прийнятий підхід до реалізації методології FMEA має свої недоліки. Одним із них є те, що різні ймовірні ризики характеризуються різними значеннями S , O і D , при цьому одні мають незначні для компанії наслідки, що, ймовірно, є одним із визначальних показників пріоритетності, але високі значення O і D , а інші, навпаки, носитимуть критичний характер для компанії, при цьому ймовірність виникнення (O) та виявлення (D) у цифровому еквіваленті будуть на середньому чи низькому рівні, тим не менше їх значення RPN знаходиться практично на одному рівні, а отже, ці проблеми будуть еквівалентні одна одній. Таким чином, «число пріоритету ризику» FMEA не дає змоги диференціювати різні наслідки ризику залежно від їхнього впливу на компанію.

Іншим недоліком цієї методології є те, що команда спеціалістів, які займаються системою FMEA, для досягнення консенсусу можуть приймати середні значення S , O та D , що може вносити розбіжності під час розрахунку risk priority number. Така особливість цієї системи встановлення рівнів ризику знову приводить нас до аналогічного висновку: ідентичні значення RPN-ризиків володітимуть різними наслідками для компанії, а отже, не можуть знаходитися на одному щаблі пріоритетності.

Сьогодні є низка наукових напрацювань, які на меті мали оптимізувати методологію FMEA та нівелювати вказані вище недоліки:

– Bowles і Pela'ez [2, с. 203–213] виразили показники значимості потенційних збоїв у роботі (S), ймовірності виникнення збою у роботі (O) та ймовірності виявлення дефекту через збій (D) як не чіткі ряди чисел для встановлення значення ризику в Failure Mode, Effects and Criticality Analysis (FMECA). За кінцевий результат були вибрані значення, які були піддані експертній оцінці з використанням правила «що буде, якщо» (if-then rules).

– Franceschini і Galetto [4, с. 2991–3002] розробили оптимізацію методології FMEA на основі додаткового аналізу показників S , O і D у разі наявності різних для них значень.

– Одну з найбільш прогресивних змін до цієї методології розроблено командою науковців Pillay і Wang [5, с. 69–85], які запропонували додаткову обробку отриманих значень показників S, O і D, а також risk priority number на основі доказової аргументації (Evidential Reasoning) та grey relation theory.

– Wang зі своїми колегами [7, с. 1195–1207] у 2009 р. розробили багаторівневу систему програмного аналізу, при цьому дослідники використовували принцип нечітких значень пріоритетів ризиків (Fuzzy Risk Priority Numbers (FRPNs)), а також нечіткі геометричні засоби для зважування нечітких оцінок за появою (O), серйозністю (S) та виявленням (D), які були обчислені за допомогою наборів альфа-рівня (alpha-level-sets) та лінійних моделей програмування (linear programming models).

Усі вказані модифікації методології FMEA були спрямовані на підвищення її об'єктивності та зменшення суб'єктивного впливу дослідника, але не відбувалося жодних способів її інтеграції у систему ошадливого виробництва. Такий висновок пов'язаний із тим, що значення RPN характеризує пріоритет ризику та підкреслює його ймовірність виникнення і встановлює серйозність для компанії його наслідків, натомість LEAN має на меті попередити такі випадки. Для забезпечення таких можливостей failure mode and effect analysis дослідники Rapinder Sawhney, Karthik Subburaman, Christian Sonntag, Prasanna Rao, Venkateswara Rao та Clayton Capizzi [6, с. 832–855] розробили інтегральний показник «значення оцінки ризиків» (Risk Assessment Value (RAV)), яке визначається за формулою:

$$RAV = \frac{S \cdot O}{D}$$

Показник RAV у цифровому вираженні – відношення добутку ймовірності його виникнення та серйозності наслідків для компанії до шляхів ідентифікації цього збою. З іншого боку, це значення можна інтерпретувати як співвідношення профілю ризику відмови системи LEAN до показника ефективності розроблених нею методів для виявлення та управління невідповідністю. Сенс цього альтернативного підходу полягає у зміщенні фокусу з ризику як об'єкта аналізу на ефективність розробленої системи виявляти та керувати ним. Такий спосіб дає змогу зосередитися не лише на шляхах зменшення серйозності впливу ризику на підприємства, а й на способах його визначення. Щодо шляхів зменшення негативних наслідків ймовірних збоїв, то тут система LEAN пропонує широкий вибір інструментів для реалізації

цього завдання. Показник RAV робить більший акцент на компетентність спеціалістів компанії, які займаються підтримкою системи ошадливого виробництва, оскільки виражає здатність системи виявляти та керувати невідповідностями.

Із вказаної вище формули розрахунку Risk Assessment Value видно, що на значення чисельника система ошадливого виробництва не має безпосереднього впливу, можливі зміни можуть бути зумовлені лише опосередкованою дією впроваджених способів виявлення та попередження цих збоїв у роботі. Елементи контролю мають меншу здатність впливати на серйозність несправності, оскільки вона не залежить від ідентифікації чи способів її попередження. Єдиним дієвим способом впливу на показник RAV є зміна значення знаменника – ймовірності виявлення збою (D). Саме на це повинна бути зосереджена система LEAN підприємства.

Результати аналізу ризиків згідно з модифікованою методикою FMEA пропонуємо оформити у формі таблиці, яка містить стовпці (табл. 1):

1. Ресурс ошадливого виробництва – один із чотирьох ресурсів LEAN: персонал, обладнання, матеріали та планування.

2. Ідеальні бізнес-умови – основні вимоги ошадливого виробництва для кожної категорії ресурсів. Цей перелік носить індивідуальний характер для кожної з компаній, тим не менше можна навести універсальний перелік потреб для кожного ресурсу.

Персонал:

- наявність персоналу відповідної кваліфікації;
- здібні працівники з наявним практичним досвідом;
- виконання виробничих операцій без помилок;
- персонал із високою мотивацією до виконання виробничих завдань;
- організація робочого місця та підтримка його у належному стані;
- дотримання атмосфери взаємоповаги в колективі;
- формування ефективної комунікації всередині колективу;
- підтримання ефективності роботи на високому рівні.

Обладнання:

- наявне обладнання відповідає виробничим вимогам;
- обладнання володіє необхідною потужністю для виконання робіт;
- обладнання має необхідні можливості для виконання запланованих робіт;

- обладнання каліброване і дає змогу проводити заплановані роботи з необхідною точністю;
 - обладнання піддається простому переналаштуванню;
 - обладнанню проводять систематичне профілактичне обслуговування;
 - обладнання підтримує ефективність виробничого потоку.
- Матеріали:
- невеликі за обсягом та систематичні поставки матеріалів;
 - доставка матеріалів згідно з графіком;

- доставка матеріалу у необхідній кількості;
 - доставка матеріалу необхідної якості;
 - якісна система приймання матеріалів та складів для його зберігання;
 - можливість швидкого транспортування матеріалу зі складу до виробничої дільниці у необхідних кількостях для підтримання ефективності виробничого потоку;
 - якісна система ідентифікації отриманих матеріалів.
- Планування:
- точний прогноз на майбутню кількість випущеного продукту;

Таблиця 1

Зведена таблиця аналізу ризиків згідно з модифікованою методологією FMEA

Ресурс оцінюваного виробництва	Ідеальні бізнес-умови	Актуальний стан	Ймовірність виникнення збоїв «O»	Серйозності наслідків «S»	Ефективність контролю «D»	RPN	RAV	Інструменти LEAN для попередження ситуації
Персонал	здібні працівники з наявним практичним досвідом	4	9	9	5	405	16,2	проведення тренінгів для персоналу щодо: - аналітичної хімії; - статистики в аналітичній хімії; - побудови алгоритму проведення досліджень
	робота без помилок	6	7	9	5	315	12,6	адаптація принципів Poka Yoke до проведення фізико-хімічних досліджень – розроблення стандартів роботи на паперових та електронних носіях
	підтримання ефективності роботи на високому рівні	6	7	7	4	196	12,3	- організація робочих місць згідно з принципами 5S; - картування процесів
	ефективна організація комунікації між працівниками лабораторії та з працівниками підприємства	6	6	7	3	126	14	- розроблення стандартів роботи; - картування процесу
	мультифункціональні працівники	8	3	7	3	63	7	формування матриці для проведення крос-функціональних навчань працівників лабораторії
Обладнання	калібрування обладнання	8	6	7	7	294	6	- розроблення та впровадження алгоритму проведення перевірки якості роботи обладнання;
	підтримка ефективного потоку проведення досліджень	9	5	7	8	280	4,4	- розроблення графіку періодичного технічного огляду обладнання
Матеріали	доставка реактивів та розхідних матеріалів згідно із замовленням	9	3	9	9	243	3	- розроблення стандартів роботи
	доставка реактивів та розхідних матеріалів відповідної якості та згідно із замовленою кількістю	9	3	9	8	216	3,4	

– клієнти підтримують замовлення на одному рівні;

– система планування ресурсів (ERP) працює на високому рівні;

– планування випуску продукції ґрунтується на виробничих потужностях;

– відсутність форс-мажорних випадків;

3. У третьому стовбці необхідно внести цифрову відповідність наявної ситуації до кожного з пунктів у стовбці № 2 за десятибальною шкалою, згідно з якою 1 – не відповідає взагалі, тоді як 10 – повна ідентичність.

4. У четвертому стовбці необхідно оцифрувати ймовірність виникнення збоїв у вказаному напрямі аналізу роботи підприємства. Цей показник відповідає значенню O із системи аналізу FMEA.

5. У п'ятому стовбці таблиці необхідно внести значення від 1 до 10 серйозності наслідків збою, цей показник аналогічний значенню S із системи аналізу ризиків FMEA.

6. У шостому стовбці необхідно оцінити ефективність наявних інструментів для виявлення цих збоїв та вказати її цифрове значення у межах шкали від 1 до 10. Цей показник аналогічний значенню D із системи аналізу ризиків FMEA.

7. Після цього необхідно розрахувати значення RPN та RAV.

8. В останньому стовбці необхідно вказати інструменти ощадливого виробництва для мінімізації виникнення цього збою.

Висновки. Таким чином, показник RAV та запропонована зведена таблиця є більш інформативними з погляду управління невідповідностями, які можуть виникнути в процесі роботи виробничої лабораторії, порівняно з простим аналізом ризиків FMEA та добутком RPN. Отримані дані забезпечують якісну та кількісну оцінку впроваджених змін та дають змогу встановлювати все нові ймовірні збої. Розроблення алгоритму дій у разі виникнення збоїв чи неполадок у системі дасть змогу максимально забезпечити ефективність системи ощадливого виробництва та підвищить її надійність. Систематична робота крос-функціональної групи над моніторингом уже виявлених ризиків та аналізом наявних бізнес умов, які, можливо, зумовлять нові труднощі в роботі, забезпечить стабільність роботи системи LEAN, що, своєю чергою, дасть змогу випускати готовий продукт стабільної якості, а отже, зберегти ринок збуту або збільшити його.

Список використаних джерел:

1. Achanga P. Critical success factors for lean implementation within SMEs. *Journal of Manufacturing Technology Management*. 2006. Vol. 27. № 1. P. 27–42.
2. Bowles J.B., Pela'ez C.E. Fuzzy logic prioritization of failures in a system failure mode, effects and criticality analysis. *Journal of Reliability Engineering and System Safety*. 1995. Vol. 50. № 2. P. 203–213.
3. Claycomb C., Germain R., Droge C. Total systems JIT outcomes: inventory, organization and financial effects. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*. 1999. Vol. 29. № 10. P. 612–630.
4. Franceschini F., Galetto M. A new approach for evaluation of risk priorities of failure modes in FMEA. *International Journal of Production Research*. 2001. Vol. 39. № 13. P. 2991–3002.
5. Pillay A., Wang J. Modified failure mode and effects analysis using approximate reasoning. *Journal of Reliability Engineering and System Safety*. 2003. Vol. 79. № 1. P. 69–85.
6. Sawhney R., Subburaman K., Sonntag C., Rao Venkateswara P., Capizzi C. A modified FMEA approach to enhance reliability of lean systems. *Int. J. Qual. Reliab. Manag.* 2010. Vol. 27. P. 832–855.
7. Wang Y.M., Chin K.S., Poon G.K., Yang J.B. Risk evaluation in failure mode and effects analysis using fuzzy weighted geometric mean. *Journal of Expert Systems with Applications*. 2009. Vol. 36. № 2. P. 1195–1207.
8. Wirth R., Berthold B., Kramer A., Peter G. Knowledge-based support of system analysis for the analysis of failure modes and effects. *Journal of Artificial Intelligence*. 1996. Vol. 9. № 3. P. 219–229.