

УДК 658.562:681.121

## ЗАСТОСУВАННЯ ПІДХОДІВ ТЕОРІЇ ОБМЕЖЕНЬ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ТА ТЕХНІЧНОГО РІВНЯ ЛІЧИЛЬНИКІВ ГАЗУ

*Н.І. Петришин*

*ДП “Івано-Франківськстандартметрологія”, вул.Вовчинецька, 127, м. Івано-Франківськ, 76007, тел.(03422)30200, e-mail: [dcsms@if.ukrtel.net](mailto:dcsms@if.ukrtel.net)*

*Запропоновано метод причинно-наслідкових зв'язків («дерево поточної реальності») як один з підходів теорії обмежень Е.Голдратта для аналізу конструкції роторного лічильника газу. За допомогою даного методу в наочній формі визначено ключову проблему, над вирішенням якої виробнику слід сфокусувати зусилля для значного поліпшення якості та технічного рівня лічильника газу.*

*Ключові слова: якість, лічильник газу, теорія обмежень Голдратта, дерево поточної реальності, ключова проблема, небажане явище, причинно-наслідкові зв'язки.*

*Предложен метод причинно-следственных связей («дерево текущей реальности») как один из подходов теории ограничений Э. Голдратта для анализа конструкции роторного счетчика газа. С помощью данного метода в наглядной форме определена ключевая проблема, над решением которой производителю следует сфокусировать усилия для значительного улучшения качества и технического уровня счетчика газа.>*

*Ключевые слова: качество, счетчик газа, теория ограничений Голдратта, дерево текущей реальности, ключевая проблема, нежелательное явление, причинно-следственные связи.*

*Method of cause and effect relationships ("Current Reality Tree") is proposed as one of the approaches of E. Goldratt Theory of Constraints for the analysis of the design of rotary gas meter. With this method in visual form has identified key problem to address which the manufacturer should focus efforts to significantly improve quality and technical level of gas meter.>*

*Keywords: quality, gas meter, Goldratt Theory of Constraints, current reality tree, key problem, undesirable effect, cause and effect relationships*

Якість – чи не єдиний фактор, що поєднує сьогодні загальну стурбованість виробника і споживача [1]. Тому виробнику вкрай необхідно застосовувати універсальні прикладні рішення сучасних концепцій управління якістю з метою задоволення очікувань найвибагливішого споживача.

У міжнародному досвіді останніх двох десятиліть ефективним напрямком щодо поліпшення систем управління, особливо тих, що базуються на використанні системного підходу, визнано теорію обмежень Е.Голдратта (Theory of Constraints, скорочена назва - ТОС) [2]. Зупинимось детальніше на застосуванні відносно нової, а тому не зовсім поширеної у вітчизняній виробничій практиці концепції теорії обмежень, зокрема, застосуємо певні підходи ТОС для вдосконалення якості та технічного рівня засобів обліку газу.

В рамках впровадження FMEA-аналізу на стадії проектування та виробництва лічильників газу з метою виявлення ключових недоліків у їх конструкції було запропоновано здійснення

ряду послідовних процедур, а саме – проведення компонентного, структурного та функціонального аналізу [3] і на їх основі побудови причинно-наслідкових ланцюгів небажаних явищ (НЯ), які є причинами виходу з ладу лічильників газу в експлуатації. Аналіз проведено на базі роторного лічильника газу. Для побудови компонентної моделі запропоновано розглядати конструкцію лічильника як ієрархічну ланку з 3-х рівнів: елементи конструкції → блоки конструкції → конструкція.

Для визначення ключових недоліків аналіз проводився на рівні елементів конструкції. На базі аналізу безпосередньої взаємодії між елементами була побудована структурна модель або матриця взаємодії, яка відображає присутність (значок «+» в матриці) або відсутність взаємодії (значок «-»). При побудові функціональної моделі формувались всі взаємодії елементів як головної, корисна, недостатня, небажана (шкідлива), проводилося їх ранжування і визначення міри їх виконання

як недостатня, адекватна та надлишкова. В подальшому всі недоліки (небажані (шкідливі) і недостатні, а також надлишково-витратні) аналізувалися з точки зору причин і наслідків з метою виявлення ключових недоліків, які стали джерелом негативних проявів всієї конструкції лічильника газу.

Для даної мети вдало підходить один з інструментів, що запропонований Е.Голдратом у його теорії обмежень [4] та описаний в [2] під назвою «дерево поточної реальності» (Current Reality Tree). Дерево поточної реальності (ДПР) – це причинно-наслідкова діаграма, яка дозволяє наочно представити поточний стан системи. ДПР є ланцюжком пов'язаних подій, найбільш ймовірних в конкретних обставинах в даній системі, тобто встановлює причинно-наслідкові зв'язки між наочними проявами невідповідного стану системи і причинами, що знаходяться в їх основі. Дане дерево використовується для графічного опису логіки причинно-наслідкових зв'язків, які існують на даний час у системі, і дозволяє виявити найменшу, найпростішу зміну у системі, що дає найбільший позитивний ефект.

Для аналізу основних негативних явищ, які є причинами відмов роторних лічильників, проведемо аналіз механічної системи роторного лічильника (рис. 1) із застосуванням підходів ТОС. При даному аналізі до уваги беруться як фактори, що обумовлені конструктивними елементами, так і зовнішні фактори (умови експлуатації лічильника, характеристики робочого середовища), що також дозволяє вийти на ключову проблему, яка може бути непоміченою, або явно невизначена при більш вузькому (несистемному) пошуку.

На початку побудови встановимо зону контролю та сферу впливу на систему. Зоною контролю є конструктивне рішення щодо побудови роторного лічильника. Сферою впливу є технологічні параметри виготовлення та експлуатації роторного лічильника.

Взявши п'ять небажаних явищ (НЯ) з функціонального та структурного аналізу, а також статистичних даних причин виходу з ладу промислових лічильників газу [5], [6], що зафіксовані на даний час у нашій системі, та типову схему роторного лічильника газу (рис. 1), сформулюємо їх у формі запитання «ЧОМУ»:

- заклинюють підшипники (51,8 % усіх відмов) – 1-ше НЯ,
- зношуються синхронізуючі шестерні (19,9 %) – 2-ге НЯ,
- деформуються колеса відлікового механізму (17,8 %) – 3-тє НЯ,
- затирається магнітна муфта у місці її

- посадки (7%) – 4-тє НЯ,
- витікає мастило з коробки синхронізатора в робочу зону (3,5%) – 5-тє НЯ.

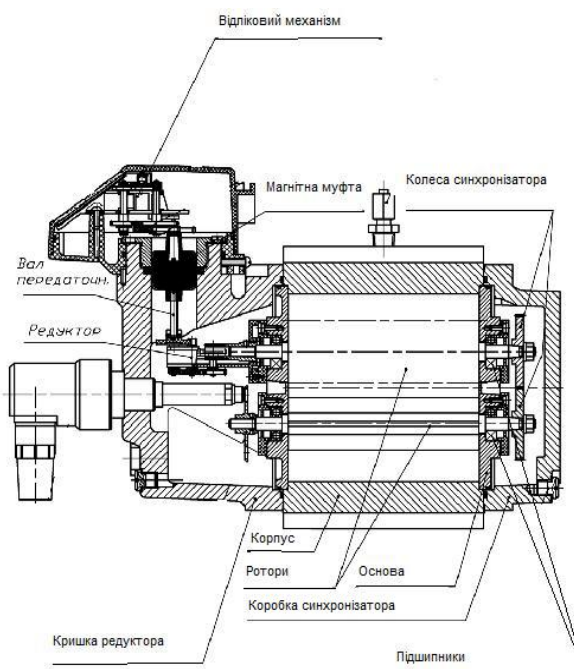


Рисунок 1 – Типова схема роторного лічильника газу

Далі приступаємо безпосередньо до побудови діаграми. Розташуємо вибрані п'ять НЯ у верхній частині діаграми в рядок (рис. 2).

Позначимо їх відповідно 1НЯ, 2НЯ і т.д. Використовуючи попередньо проведений функціональний аналіз, що значно полегшує пошук причинно-наслідкових зв'язків, поступово вибудуємо ці зв'язки та спробуємо знайти два взаємопов'язаних НЯ. В нашому випадку – це такі НЯ: «витікає мастило» → «зношуються синхронізуючі шестерні».

Розташуємо їх одне під одним (у відповідності до причинно-наслідкового зв'язку) та з'єднаємо стрілкою. Слід перевірити, чи не пропущені проміжні ланки – «проміжні ефекти», які прояснюють (підкріплюють) логіку та «передумови» - твердження, які є необхідними для настання певних явищ та ефектів. Якщо це так, то внесемо зміни у діаграму, розташувавши їх між НЯ та з'єднаємо відповідними стрілками (рис. 3).

Поступово виконаємо аналогічні дії для трьох НЯ, що залишилися. Тобто з'єднаємо їх один з одним або з першими двома, якщо це можливо.

Вибудовуємо причинно-наслідкові зв'язки в напрямку до нижньої частини діаграми.



Рисунок 2 – Небажані явища (НЯ)



Рисунок 3 – Два взаємопов'язаних НЯ

З'єднуємо між собою усі гілки діаграми (рис. 4), вказуючи ланцюжки причин та наслідків зверху донизу по кожній гілці до тих пір, поки на одному з рівнів не стане очевидним існування горизонтального зв'язку між гілками дерева. У діаграмі наявні два види з'єднань стрілками:

а) коли на об'єкт діють незалежні фактори — стрілки від причин до наслідків ідуть незалежно;

б) коли настання події можливе тільки при наявності усіх передумов і неможливе при відсутності хоча б однієї з них — стрілки об'єднуються через оператор "and".

Діаграму слід читати, наприклад, наступним чином: ЯКЩО "за рахунок різниці тиску при русі газу через робочу камеру "підтягується" мастило із камери синхронізатора через підшипник" ТА «порушується герметичність масло-системи шестерень», ТО "витікає мастило" із камери синхронізатора в робочу зону.

Додаємо елементи, що необхідні для прояснення (підкріплення) логіки зв'язків (такі як передумова - "вали з шестернями обертаються у підшипниках" на рис. 4). Зупиняємо побудову тоді, коли усі вихідні НЯ будуть з'єднаними між собою. Перевіримо стрілки на предмет кореляційних залежностей, тобто чи зв'язок між двома елементами насправді є причиною та наслідком, чи це просто пов'язані події, причину яких ми не знаємо. Переглянемо НЯ та удосконалимо наше логічне дерево, усуваючи усі гілки та зв'язки,

які не беруть участь у логічній побудові, що йде від НЯ, і отримаємо кінцевий вигляд ДІПР (рис. 5).

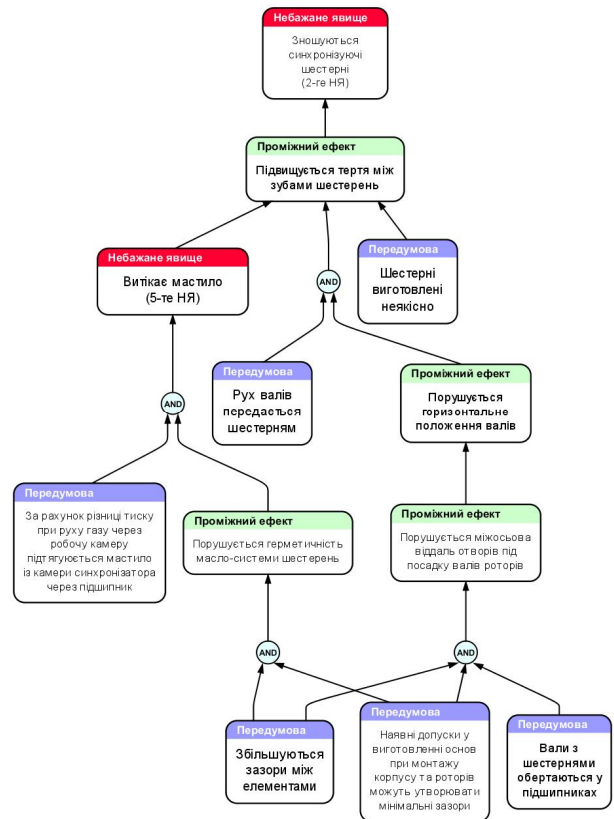


Рисунок 4 – Одна з груп зв'язків при побудові ДІПР

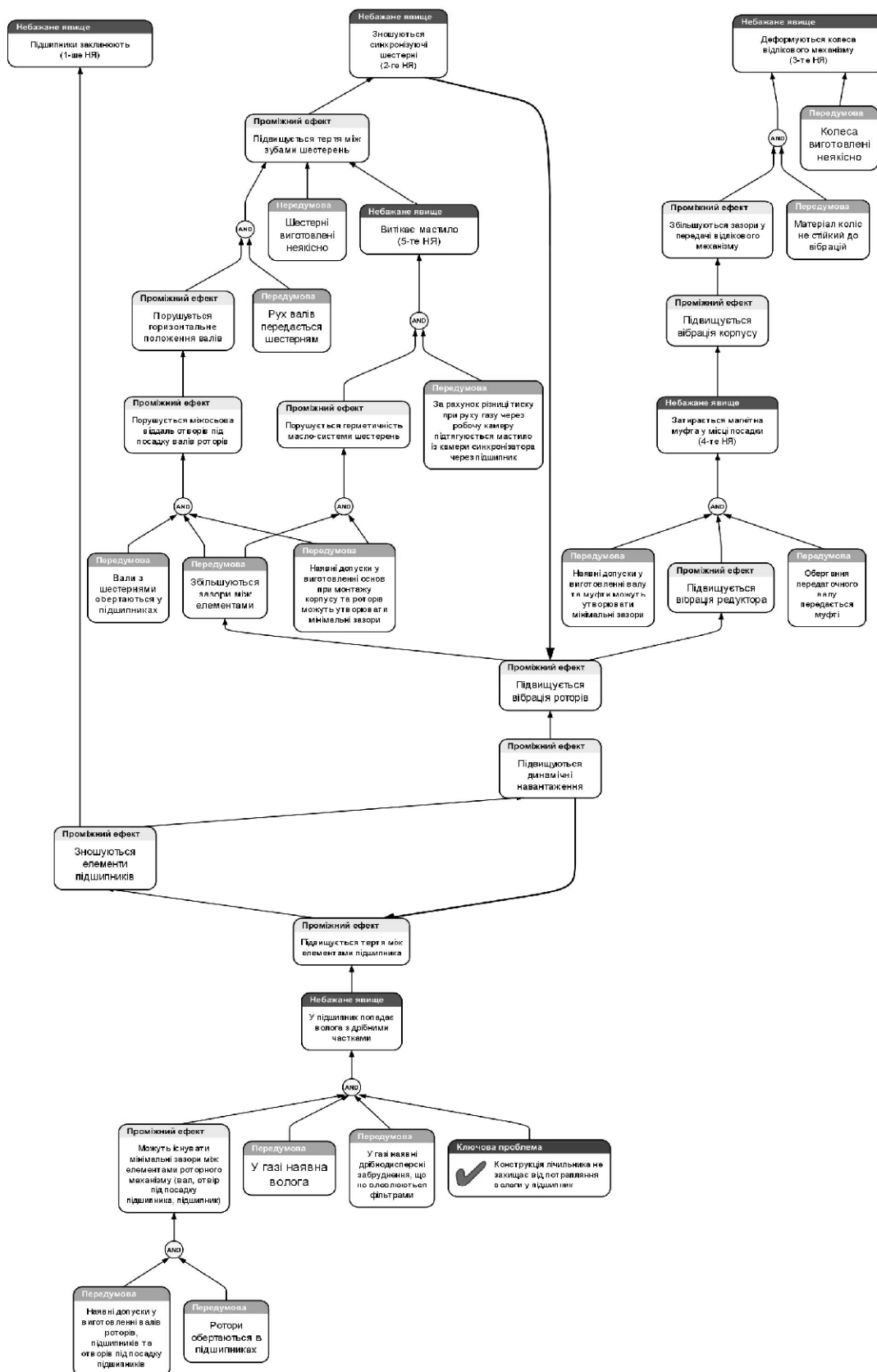


Рисунок 5 – ДПР роторного лічильника газу

Визначимо істинні причини (ІП) та ключову проблему. З цією метою знаходимо усі істинні причини (твердження без вхідних стрілок) та встановлюємо, скільки НЯ створює кожна ІП. За “правилом 70%” перевіряємо, чи викликає якась з ІП 70% і більше НЯ, відмічаємо її як ключову проблему (КП). У нашому випадку є ряд ІП (рис. 6), що ведуть до усіх НЯ і претендують на роль ключової проблеми. Це такі фактори як: наявність вологи в газі; наявність дрібнодисперсного бруду в газі; конструкція, що не забезпечує захист від потрапляння вологи у підшипник; та, власне, наявність самого підшипника.

Наявні ІП (такі як наявність вологи і дрібнодисперсних забруднень) лежать поза межами сфери нашого впливу, тому варто зосередитись на вирішенні проблеми у межах нашої системи. Визначаємо, що ключовою причиною (проблемою) є незабезпечення наявною конструкцією лічильника герметичності системи вал-підшипник від попадання вологи, що знаходиться у газі.

## ВИСНОВКИ

Таким чином, усунення знайденої ключової проблеми даної системи дозволить одночасно запобігти іншим небажаним явищам, які породжує дана причина. Крім того, це дасть змогу суттєво зменшити небажані явища, що є наслідком комплексної дії сукупності факторів, до яких входить ключова проблема. Залишається знайти конструкційне рішення, яке б дозволило забезпечити герметичність системи “вал - підшипник” без втрати чутливості лічильника на малих обертах, або ж придумати спосіб передачі руху роторам без застосування підшипників. Над цим вдосконаленням і працює в даний час одна з вітчизняних фірм (НВФ «Темпо»), що займається розробленням та виробництвом лічильників газу.

Застосування теорії обмежень Е. Голдратта та побудова на її основі «дерева поточної реальності» є важливим кроком у фокусуванні зусиль в процесі безперервного вдосконалення конструкції лічильників газу, що суттєво підвищує їх якість та технічний рівень.

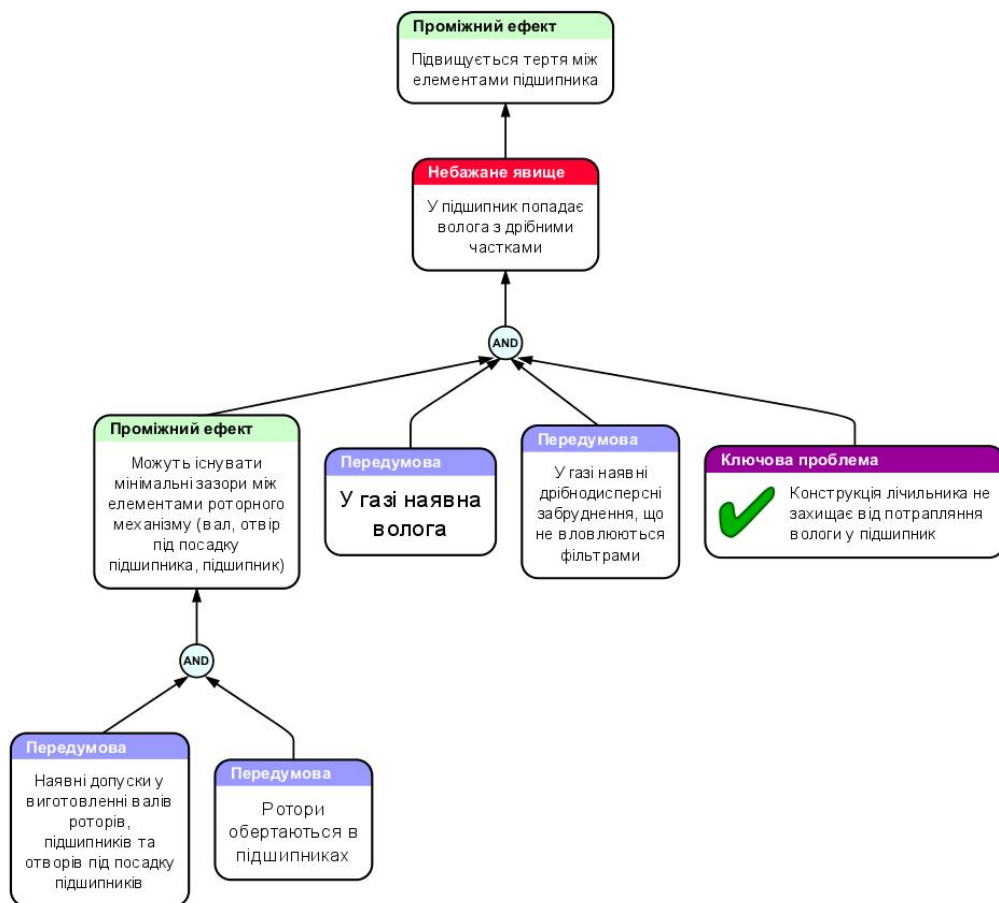


Рисунок 6 – Визначення ключової причини

1 Йосіо Кондо *Управление качеством в масштабах компании: становление и этапы развития: пер. с англ./ Йосіо Кондо.* – К.: Издательский дом «АДЕФ-Украина», 2007. – 256с. – ISBN 978-966-7936-58-7. 2 Детмер У. *Теория ограничений Голдратта: Системный подход к непрерывному совершенствованию: пер. с англ.* – М.: Альпина Бизнес Букс, 2008. – 444 с. – ISBN 978-5-9614-0889-8. 3 Компонентний, структурний, функціональний аналіз лічильника газу та побудова причинно-наслідкових діаграм небажаних ключових ефектів: збірник тез доповідей VI всеукр.наук.-техн.конф. «Вимірювання витрати та кількості газу», Івано-Франківськ, 20-21 жовтня 2009р. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, Факел, 2009. – 128 с. 4 Goldratt, Eliyahu M., *What Is This Thing Called Theory of Constraints and How Should It Be Implemented?* / Goldratt, Eliyahu M. : [Great Barrington, MA].- North

River Press, 1999. – 160 p. – ISBN 978-0884271666. 5 Карпаш О.М.. *Шляхи впровадження сучасних технологій менеджменту якості при розробленні та виробництві витратовиміральної техніки / О.М. Карпаш, І.С. Петришин, Н.І. Петришин // Методи та прилади контролю якості.* – 2006. – №16. – С. 65–69. 6 Петришин І.С. ,*Узагальнена причинно-наслідкова діаграма Ісікави для визначення потенційних дефектів газової витратовиміральної техніки / І.С. Петришин, Н.І. Петришин // Стандартизація Сертифікація Якість.* – 2006. – №3. – С. 52–55.

**Поступила в редакцію 27.05.2010 р.**

**Рекомендував до друку докт. техн. наук,  
проф. Костишин В.С.**