

Scientific and technical journal «Technogenic and Ecological Safety»

RESEARCH ARTICLE
OPEN ACCESS

ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ТЕХНОГЕННОЇ ТА ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ГАЗОТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ ВИРОБНИЦТВА ТА РЕМОНТУ ЇХ ЕЛЕМЕНТІВ

Є. М. Варламов¹, В. Г. Котух², О. В. Ільїнський³, К. М. Палєєва^{1,2}¹Науково-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем», Харків, Україна²Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова, Харків, Україна³Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна

УДК 531.781.2

DOI: 10.5281/zenodo.4300758

Отримано: 16 жовтня 2020

Прийнято: 26 листопада 2020

Cite as: Varlamov Y., Kotukh V., Ilyinskiy O., Paleeva K. (2020). Increasing the level of technogenic and environmental safety of gas transportation systems by implementing the automated control systems of technological processes of production and repair of their elements. *Technogenic and ecological safety*, 8(2/2020), 39–47. doi: 10.5281/zenodo.4300758

Анотація

У статті розглянуто питання забезпечення техногенної та екологічної безпеки газотранспортних систем на стику «природа – технічний об'єкт – людина» з точки зору збалансованої взаємодії природних, технічних і соціальних напрямків з урахуванням оптимальних санітарно-гігієнічних, матеріально-технічних та інших потреб людини.

Забезпечення техногенної та екологічної безпеки газотранспортних систем є доволі складним державним завданням. Основна група причин, що призводять до виникнення відмов, аварій та інших інцидентів у цих системах, пов'язана з дефектами технологічного обладнання через виробничий брак в процесі виготовлення (ремонту) конструктивних елементів газотранспортних систем. Рівень небезпеки при експлуатації об'єкта газотранспортної системи для людини і навколишнього середовища може бути різним - від мінімального відхилення від норми до критичного і навіть катастрофічного.

Одним із шляхів підвищення якості та надійності функціонування елементів газотранспортних систем є автоматизація технологічного процесу виробництва (ремонту) цих елементів за рахунок впровадження на підприємствах нафтогазової галузі автоматизованих систем управління технологічними процесами.

У пропонованій статті розглядається розроблена авторами підсистема технологічної підготовки виробництва (ремонту) конструктивних елементів газотранспортних систем, яка складається з блоків технологічної підготовки та довідників по інструментах, цехам і матеріалами. Крім цих блоків до складу підсистеми входять модуль технологічного проектування елементів газотранспортних систем і інформаційно-пошуковий модуль «Стандарти та нормативи». Графічні залежності періоду експлуатації і етапів життєвого циклу конструктивних елементів дозволяють використовувати сучасні принципи групової технології для елементів залежно від способу їх виготовлення (ремонту).

Зроблено висновок щодо причин виникнення відмов, аварій та інших інцидентів на газотранспортних системах на основі аналізу основних підходів до проектування автоматизованих систем управління технологічними процесами (АСУТП).

Ключові слова: техногенна безпека, екологічна безпека, відмова, аварія, дефект, газотранспортна система, конструктивний елемент, автоматизовані системи управління технологічними процесами.

Постановка проблеми. Серед основних техногенних та екологічних проблем, пов'язаних з функціонуванням газотранспортних систем слід виокремити:

- геологорозвідувальні й бурові роботи з пошуку й підготовки до експлуатації нафтогазових об'єктів;
- видобування й транспортування нафти і газу, а також розв'язання проблем техногенної та екологічної безпеки під час експлуатаційних робіт;
- техногенна та екологічна безпека від час зберігання нафти і газу, та їх транспортування газотранспортними системами [1, 2].

Рівень небезпеки об'єкта газотранспортної системи для людини й оточуючого середовища може бути різним – від мінімального відхилення від норми до критичного й навіть катастрофічного. У даний час на балансі підприємств НАК «Нафтогаз» України знаходяться 1238 потенційно небезпечних об'єктів та 848 об'єктів - підвищеної небезпеки. Загальні екологічні витрати цих підприємств складають біля 102 млн грн. та мають тенденцію до збільшення. Ці витрати на охорону оточуючого

середовища (капітальні інвестиції, екологічний податок, поточні витрати тощо) за умови, що рівень штрафних санкцій у загальному випадку підприємствами компанії складає біля 40 млн грн. [2, 3].

Основними причинами несанкціонованого витікання енергоносія в газотранспортних системах є:

- негерметичність трубопроводів та арматури;
- потрапляння енергоносія (газу, нафти тощо) в оточуюче середовище за рахунок деформації конструктивних елементів трубної арматури;
- склад матеріалів конструктивних елементів трубної арматури, а також ущільнювальних вузлів насосів, газоперекачувальних агрегатів тощо;
- невідпрацьована технологія проведення фінішних робіт в технологічних процесах виготовлення або ремонту конструктивних елементів трубопровідної арматури;
- зміни у структурі, формі й розмірі конструктивних елементів трубної арматури у процесі експлуатації газотранспортних систем.

Крім того, корозія, абразивне зношення, старіння металу під дією динамічних навантажень, високих тисків та температури – це показники, які також знижують експлуатаційні характеристики газотранспортних систем.

Одним зі шляхів вирішення поставлених задач є автоматизація технологічного процесу виробництва (ремонт) конструктивних елементів газотранспортних систем за рахунок впровадження на відповідних профільних енергетичних підприємствах автоматизованих систем управління технологічними процесами (АСУТП).

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

За результатами дослідження наявних публікацій можна зазначити, що оптимізація роботи газотранспортних систем має велике значення через експлуатаційну економічну вигоду та обсяги поставки газу [4]. У даний час у нашій країні та за кордоном проведено низку актуальних досліджень, пов'язаних з моделями стаціонарної експлуатації газотранспортних систем, працездатність яких прямо залежить від якості й функціональної надійності їх конструктивних елементів. З огляду на сучасний стан проблеми слід зазначити, що якість виготовлення (ремонт) таких конструктивних елементів залежить насамперед від стану технологічного процесу на спеціалізованих підприємствах нафтогазової галузі. Будь-які відхилення або дефекти від технічного стану конструктивних елементів тягне за собою ризики тяжких аварій в газотранспортних системах, які містяться в базах ENSAD [5, 6]. Тому системи управління виробництвом будь-якого підприємства нафтогазової галузі напряму пов'язані як з автоматизацією ресурсів підприємства, так і з функціональною інтеграцією компонентів виробничої системи [4, 6, 7].

Техногенна та екологічна безпека газотранспортних систем – це, з одного боку, безпечно для оточуючого середовища функціонування будь-якого об'єкту, а з іншого – відсутність шкідливого впливу того самого середовища на ці системи. У цьому випадку, в системі «природа – технічний об'єкт» повинна бути збалансована взаємодія природних, технічних й соціальних систем, яка б забезпечувала оптимальні санітарно-гігієнічні, матеріально-технічні, естетичні та інші потреби людини. Це відбувається в зоні дії виробничого об'єкта за умови зберігання природно-ресурсного й екологічного потенціалу природних систем та їх здатності до саморегулювання й відновлення [8, 9].

Постановка завдання та його вирішення.

За результатами аналізу предметної області та наявних публікацій за даною тематикою, можна зробити висновок, що впровадження АСУТП на підприємствах з виробництва та ремонту елементів газотранспортних систем як метод підвищення якості та надійності кінцевої продукції є актуальною та вагомою практичною задачею.

Метою даного наукового дослідження є аналіз структури АСУТП підприємства з виробництва та ремонту елементів газотранспортних систем на прикладі ПрАТ «Енергооблік», м. Харків.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

– виконати аналіз сучасних АСУТП підприємств нафтогазової галузі;

– виконати аналіз основних підходи до проектування автоматизованої підсистеми технологічної підготовки виробництва;

– проаналізувати роботу основних модулів підсистеми технологічної підготовки виробництва на прикладі АСУТП ПрАТ «Енергооблік» м. Харків.

Аналіз сучасних АСУТП підприємств нафтогазової галузі

Сучасне промислове підприємство нафтогазової галузі є складною виробничою системою, яка має усі характеристики системи: вхід, вихід, процес, мета, зовнішній зв'язок тощо. Окрім того в інформаційному відношенні підприємство – це складна динамічна система, яка характеризується великим обсягом, інтенсивністю й різноспрямованістю інформаційних зв'язків між підсистемами й елементами, які обмінюються із зовнішнім середовищем різного роду інформацією. Створення таких інформаційних механізмів має особливе значення, якщо інформація вважається як найважливіший й рідкісний ресурс економічного потенціалу господарських систем [10, 11].

АСУТП призначена для тривалого функціонування з можливістю її модернізації, подальшого розвитку й заміни окремих частин системи (підсистем, функціональних задач тощо). При створенні АСУТП повинні бути враховані вимоги до структури АСУТП і організації її функціональних, перелік функцій цих задач й періодичність їх розв'язання, режим роботи комплексу технічних засобів (однозмінний, двозмінний, цілодобовий) і умови їх експлуатації, вимоги сумісності системи з АСУТП інших рівнів.

На сучасних промислових підприємствах нафтогазової галузі в останні роки почали створюватися інтегровані автоматизовані системи керування (ІАСУ), які є органічним поєднанням декількох АСУТП й виробництвами між собою та (або) з АСУ організаційно-виробничими службами підприємства. Відмінною особливістю інтегрованих АСУ в масштабі підприємства є наявність тісної взаємодії окремих систем (підсистем) що охоплюють усі сторони його діяльності (керування технологічними процесами, оперативне керування основним виробництвом на основі єдиних принципів і системного підходу [12, 13].

Особливо важливе значення інтегровані АСУ мають для крупних підприємств нафтогазової галузі, що пояснюється наступними їх особливостями:

– складність функціонально-виробничої структури (різнохарактерністю цехів, їх багаточисельністю, масштабністю тощо), що потребує великих обчислювальних потужностей для окремих систем і організації складних інформаційних зв'язків між ними;

– багаторівневою структурою (агрегати, виробництва, підприємства) з різними вимогами до технічних і програмних засобів керування різних рівнів;

– наявністю різноманітних АСУТП і складністю організації їх спільного функціонування;

– високими швидкостями протікання взаємопов'язаних виробничих процесів і необхідністю координації їх в реальному масштабі часу;

– просторова роз'єднаність систем, що визначається територіальними розмірами підприємства.

Аналіз основних підходів до проектування автоматизованої підсистеми технологічної підготовки виробництва

На більшості підприємств нафтогазової галузі України переважають застарілі підходи до організації виробництва (ремонт), що не дозволяє з системних позицій розглядати взаємозв'язок і вплив етапів конструкторсько-технологічного проектування, матеріального і календарного планування і безпосередньо самого виробництва на якість продукції і її собівартість. Поширені на більшості підприємств методи проектування і конструювання засновані на застосуванні статистичних даних, емпіричних або спрощених аналітичних залежностей [3, 10].

Іншою найгострішою проблемою підприємств нафтогазової галузі України є криза в кадровій політиці. Ситуація, що склалася, призвела, нарешті, до розуміння необхідності створення нових концептуальних рішень в області підготовки кадрів і організації праці на підприємстві, які б забезпечували перехід до сучасних методів проектування і виробництва, що в даний час стало важливою складовою частиною науково-технічної політики сучасного суспільства. Якість будь-якого виробу визначається поєднанням його технічних та експлуатаційних характеристик, які, в свою чергу, залежать від конструкторсько-технологічних параметрів і виробничих факторів. Якість виробу конструктивного елемента газотранспортної системи поряд з умовами експлуатації зумовлює тривалість його «часу життя», тобто періоду від виготовлення до виходу з ладу [11, 13].

Під час роботи елемента сумарний вплив від перерахованих факторів проявляється нерівномірно у часі. Початковий момент експлуатації характеризується первинним зносом. На рисунку 1 він позначений буквою А. Цей етап зносу визначається недосконалістю виробничого процесу і можливими відхиленнями технологічних параметрів від розрахункових значень. Далі йде етап притирання (ділянка АВ), на якому елемент адаптується до реальних умов роботи. Після чого, в разі правильної експлуатації, настає стадія, на якій знос виробу практично відсутній (ділянка ВС). Однак в цей період відбувається поступове накопичення мікродефектів, що в підсумку призводить спочатку до поступового, а потім – до різкого збільшення швидкості деградації властивостей виробу (ділянка CD). Природно, що

інтенсивність накопичення дефектів безпосередньо пов'язана з умовами і часом експлуатації, якістю матеріалу і конструктивними характеристиками виробу. Для запобігання збоїв або аварій період експлуатації слід закінчувати на стадії помірних швидкостей деградації, обмежуючи кінцевий термін роботи елемента.



Рисунок 1 – Період експлуатації конструкційного елемента газотранспортної системи на прикладі ПрАТ «Енергооблік», м. Харків

Тривалість життєвого циклу виробу визначається чотирма основними етапами: проектуванням елемента, підготовкою виробництва, виготовленням (ремонт) та експлуатацією [11]. На перших трьох етапах формується потенційний рівень тривалості життєвого циклу конструктивного елемента газотранспортної системи.

Всі етапи цього періоду взаємопов'язані і знаходяться в єдиній системі (рис. 2).

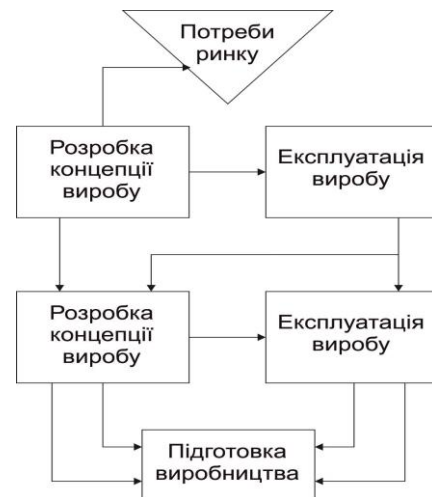


Рисунок 2 – Етапи життєвого циклу виробу конструктивного елемента газотранспортної системи ПрАТ «Енергооблік», м. Харків

Етап проектування починається з розроблення концепції нового елемента, яка уточнюється, аналізується і після проектного опрацювання матеріалізується у вигляді конструкторської документації. Для організації його виробництва розробляється технологія виготовлення, здійснюється матеріальне і календарне планування програми його випуску. Етап виробництва закінчується контролем якості продукції. Потім елемент проходить промислові випробування і потрапляє в експлуатацію.

За результатами випробувань та експлуатації елементу його концепція може змінитися. Тоді починається новий цикл виробництва, який організують за розглянутою вище схемою. Відповідно, налаштування конструкції елементу і технології його виготовлення є ітераційний процес, число циклів якого багато в чому залежить від правильності урахування реальних умов його експлуатації під час проектування виробу. Кожен подібний цикл, хоча і дозволяє досягти більш прийнятної якості продукції, підвищує її собівартість. У зв'язку з цим важливе завдання виробництва полягає в його інтенсифікації за рахунок зниження тимчасових і матеріальних витрат на конструкторсько-технологічне налаштування процесу виготовлення конкретного виробу. Воно може бути вирішено за умови дотримання принципу системності в підході до організації конструкторських і технологічних робіт.

Крім того, для вирішення даного завдання слід відповісти на питання: який рівень якості повинен бути досягнутий в кожному конкретному випадку. Будь-який складний елемент можна уявити як сукупність функціонально взаємопов'язаних елементів, працездатність кожного з яких зумовлює ресурс роботи всієї системи в цілому. Добре відомо, що міцність будь-якого ланцюга не перевищує міцності найслабшої з її ланок. Тому найважливішим фактором забезпечення працездатності складного об'єкта є рівномірність усіх його елементів, яка може бути досягнута за рахунок можливості управління якістю кожної деталі, що дозволяє регулювати протяжність життєвого циклу виробу в цілому [11, 14].

Відомий принцип збалансованого підходу до якості всіх елементів виробу дозволяє добитися їх рівномірного зносу в процесі експлуатації і знизити витрати на виготовлення окремих мало навантажених елементів. За традиційними методами проектування і конструювання для збільшення життєвого циклу елементів часто вдаються до недостатньо обґрунтованого підвищення запасу міцності окремих елементів, що приводить до збільшення ваги конструкцій, завищення габаритів і погіршення експлуатаційних характеристик виробів. Природно, що за використання такого підходу не може бути й мови про об'єктивно диференційований розподіл властивостей виробу.

Вирішенню поставлених завдань може сприяти прогрес сучасної обчислювальної техніки, що дозволяє істотно змінити становище в даній області. Він передбачає підхід до проблем підготовки виробництва і до самого виробництва з системних позицій, що дає можливість розглядати питання про життєвий цикл елементів як про результат взаємодії величезного числа конструкторських, технологічних і виробничих факторів. Сучасні автоматизовані підсистеми технологічної підготовки виробництва, засновані на параметричному моделюванні, забезпечують високоточний розрахунок конструкцій складних елементів газотранспортних систем кінцево- або гранично-елементним методами [13]. У результаті на етапі проектування розробник отримує чисельні дані про характер розподілу навантаження в конструкції

під час моделювання реальних умов експлуатації елемента. Це дозволяє істотно скоротити час налаштування конструкцій, знизити матеріальні витрати виробництва, збалансувати вимоги щодо якості деталей, що входять до складу виробу. Однак результати моделювання практично не використовуються на етапі технологічної підготовки виробництва, так як сучасний рівень технологічного проектування, на жаль, суттєво відстає. Технолог в якості завдання на проектування отримує лише дані про матеріал і геометрію деталі, її додаткову обробку і серійність випуску, і не має відомостей про реальний розподіл навантаження за об'ємом елемента. У зв'язку з цим можливість управління якістю елемента за рахунок технології його виготовлення повністю не реалізується.

Оцінюючи нинішній стан розвитку АСУТП на прикладі ПрАТ «Енергооблік», м. Харків, слід зазначити, що успішно розробляються лише АСУТП окремих процесів, таких як складання конструкцій та обробка різанням [11], тому що основні операції даних процесів добре формалізовані і чудово моделюються графічними твердотільними образами, внаслідок цього підсистеми їх технологічного проектування органічно інтегруються з конструкторськими системами. АСУТП для проектування інших технологій (ливарного виробництва, обробки тиском, зварювання тощо) не можуть базуватися на подібних принципах, тому що повинні враховувати особливості та закономірності процесів нагріву, кристалізації, пластичної формозміни та інших явищ, істотно впливають на формування необхідного рівня якості продукції.

Так, наприклад, в основу АСУТП ПрАТ «Енергооблік», м. Харків, закладено принцип групової технології, згідно з яким всі елементи класифікуються і об'єднуються в групи залежно від способу їх виготовлення. Для кожної групи деталей задається свій алгоритм розробки процесу, причому методика проектування може бути реалізована двома способами. Перший з них базується на автоматизації розрахунків, які традиційно застосовуються при безмашинному проектуванні. Подібний підхід носить механістичний характер, він дуже ефективний у разі проектування добре формалізованих процесів, однак дозволяє отримувати лише усереднені значення технологічних параметрів [11]. Другий спосіб заснований на системному підході до розробленої технології, при якій беруться до уваги особливі властивості матеріалу заготовки, взаємозв'язок і закономірності фізичних явищ, які супроводжують процес, що вивчається [11, 8].

Об'єктивне дослідження подібних підсистем можливо за рахунок побудови складних математичних моделей, які адекватно відображають сутність проєктованих процесів. Якщо в минулі роки моделюванням подібного рівня могли займатися лише в наукових центрах, то в даний час завдяки бурхливим темпам комп'ютеризації на ринку програмного забезпечення з'явився ряд продуктів [13], що дозволяють кваліфікованому інженеру-технологу в динаміці вивчати різноманітні фізичні процеси, які

становлять основу більшості технологій. Саме ці програмні продукти стають основою сучасних АСУТП, що дають можливість на етапі проектування управляти структурою і властивостями матеріалу виробу і тим самим формувати необхідний рівень якості продукції, яка також має задовольняти вимоги техногенної та екологічної безпеки при подальшій експлуатації.

Практично кожен виріб газового обладнання може бути виготовлено за кількома альтернативними технологіями. Одним з найважливіших критерієм вибору найкращого з варіантів, крім необхідного рівня якості, є економічна ефективність розроблюваного процесу [8, 11].

Робота основних модулів підсистеми технологічної підготовки виробництва на прикладі АСУТП ПрАТ «Енергооблік».

Автоматизована підсистема технологічної підготовки виробництва промислового підприємства ПрАТ «Енергооблік» забезпечує автоматизовану комп'ютерну розробку технологічних процесів і підготовку виробництва (ремонт) елементів газотранспортних систем від моменту отримання технологом конструкторської документації і аж до забезпечення виготовлення цього елемента на виробничій ділянці. Підсистема дозволяє створювати технологічний процес двома способами: формування абсолютно нової технології; формування технологічного процесу виробництва або ремонту елементів на основі раніше розроблених на комп'ютері технологічних процесів, що зберігаються в базі даних, за допомогою внесення або виключення частини інформації. У процесі підготовки виробництва ця автоматизована підсистема створює практично повний комплект документів по забезпеченню виготовлення виробу і контролю його підготовки. Основою підсистеми є бази даних деталей, інструменту та обладнання, завдяки яким забезпечується видача всієї технологічної документації. База даних виробництва (ремонт) елемента розділена на кілька самостійних баз, які працюють одночасно. Підсистема складається з наступних основних блоків: технологічна підготовка, довідник по обладнанню, довідник по інструменту, довідник по цехам, довідник за матеріалами [8, 13].

Автоматизована підсистема технологічної підготовки виробництва (ремонт) ПрАТ «Енергооблік» дозволяє:

– полегшити процес складання технології, усуваючи можливі помилки, неточності, значно прискорюючи роботу;

– створювати безліч різноманітних за формою документів і звітів, в яких може виникнути необхідність в процесі технологічної підготовки виробництва і в умовах діючого виробництва, що повністю автоматизує даний процес.

Автоматизована підсистема впорядковує документацію в суворій відповідності до вимог ДСТУ та інших нормативних документів.

Модуль технологічного проектування елементів газотранспортних систем

Цей модуль є невід'ємною частиною автоматизованої підсистеми і призначений для проектування операційної технології, включаючи операції: заготівельні, механічної і термічної обробки, нанесення покриттів, слюсарні, технічного контролю, збірки та інші. Система видає в технологічні процеси: найменування операцій, обладнання, пристосування, допоміжні матеріали, формує тексти переходів, розраховує технологічні розміри з урахуванням припусків на обробку, забезпечує підбір ріжучого, вимірювального і допоміжного інструментів.

Вихідною інформацією модуля є технологічні процеси (ТП) виготовлення конкретних виробів, які вже налагоджені на підприємстві. У міру наповнення баз даних система знаходить можливість проектування технології виготовлення абсолютно нових виробів, які ще не були у виробництві. Модуль формує операційні, маршрутні-операційні та маршрутні технологічні карти, карти контролю, відомості оснастки або матеріалів, титульні листи та інші технологічні документи. На багатьох підприємствах використовуються технологічні карти, які відрізняються від карт, прийнятих за ДСТУ. Модуль також забезпечує автоматичне заповнення технологічних документів довільних форм.

Інформаційно-пошуковий модуль «Стандарти та нормативи»

Цей модуль також є невід'ємною частиною автоматизованої підсистеми технологічної підготовки виробництва і призначений для автоматизації робіт зі створення і ведення бази даних нормативної документації і технологій, матеріалів і виробів підприємств, пов'язаних із газовим обладнанням [13, 15].

Основні функції:

- ведення баз даних;
- систематизація інформації;
- різнобічний пошук інформації;
- робота з повідомленнями про зміни;
- перегляд повнотекстової інформації;
- друк обраних документів.

Модуль «Стандарти та нормативи» – це комплекс програмного, інформаційного і технічного забезпечення. Він базується на послідовності робіт з переліками нормативної документації, які здійснюються ручним способом з використанням комп'ютерної техніки та нових інформаційних технологій.

Ведення баз даних складається з функцій перегляду, редагування, пошуку інформації в зручному для користувача вигляді. Пошук інформації здійснюється на підставі тематичного переліку за позначенням і за найменуванням нормативного документа.

Основні принципи інформаційного пошуку

Основні принципи інформаційного пошуку були сформульовані під час розробки системи для пошуку необхідного документа (креслення). Кожен

документ було класифіковано відповідно до понять, до яких він був причетний. Для кожного поняття, яке використовувалося в системі, була створена певна модель. При реєстрації в системі нового документу знаходилися моделі, що відповідають поняттям, які в ньому розглядаються, і в необхідній позиції позначалися номери документу (креслення). Щоб знайти документ (креслення), в якому розглядається одночасно кілька понять, необхідно було поєднати моделі, що відповідають цим поняттям [7]. При цьому повинен бути створений масив показників на інформаційні ресурси. Показчик (index) містить у собі певну властивість документа і посилання на документи, які мають цю властивість. Показники можуть бути різних видів. Широко поширений, наприклад, авторський показник. Такий показник дозволяє отримати посилання на роботи, в яких нас цікавить певний автор. Також показники можуть бути складені і за іншими атрибутами документів.

Процес створення показників на документи називається індексуванням, а терміни, що використовуються для індексування, називаються термінами індексування. У випадку з авторським показником роль термінів індексування виконують прізвища авторів, які зберігаються у фонді робіт. Сукупність використаних термінів індексування називається словником. Масив показників, отриманий після індексації інформаційних ресурсів, називається індексом.

Після створення індексу до нього звертаються за допомогою запитів. Так як процес пошуку полягає в зіставленні запиту користувача з наявними даними, отриманий запит також повинен бути переведений на мову індексування. В індексі виконується пошук відповідних запитів документів, користувачу видається список посилань на відповідні ресурси.

Предметне індексування і механізм пошуку

Показчик дозволяє відшукувати документи, що стосуються якогось «предмета». Для складання предметного показника аналізується зміст документа і визначається «предмет» або «предмети», про які йдеться в документі. Потім назви цих предметів переводяться на інформаційно-пошукову модель. Таким чином, отримуємо пошуковий образ документа (ПОД). Проіндексувавши (створивши пошукові образи) усі інформаційні ресурси, отримуємо те, що прийнято називати індексом (indexdatabase) – основний масив даних моделі.

Так як процес пошуку полягає в зіставленні запиту користувача з наявними даними, отриманий запит також повинен бути переведений на модель. Після зіставлення переведеного запиту і пошукових образів документів користувач отримує список посилань на документи, які відповідають, на думку системи, його запиту.

Типова схема інформаційно-пошукової моделі ПрАТ «Енергооблік», м. Харків, що використовує предметне індексування, представлена на рис. 3.

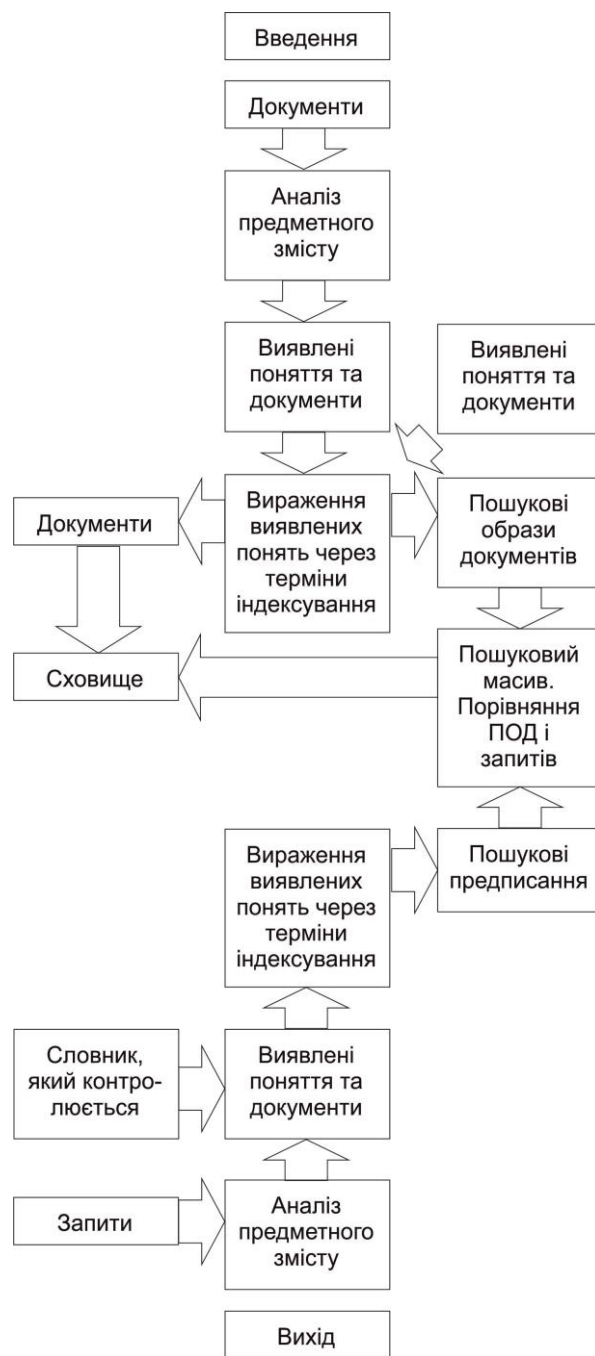


Рисунок 3 – Типова схема інформаційно-пошукової моделі ПрАТ «Енергооблік», м. Харків

Для поліпшення результатів пошуку необхідно визначити ступінь специфічності термінів, які використовуються при індексації. Прийнято використовувати два принципи – використання найбільш специфічного терміну, що відповідає обсягу та змісту відбиваного поняття, і надмірне індексування.

Під надлишковим індексуванням слід розуміти доповнення пошукового образу термінами, пов'язаними з основним. При цьому можуть бути використані терміни, пов'язані як з основним зіставленням узагальнення або специфікації, так і з асоціативним зв'язком. Доповнення пошукового образу термінами з асоціативним зв'язком може збільшити повноту пошуку, але неминуче знижує

його точність. Недоліком надлишкового індексування є також збільшення обсягу пошукових образів. Для вирішення цієї проблеми в багатьох інформаційно-пошукових моделях використовується надлишкове індексування не документу, а запитів. Використання предметного індексування не виключає використання при створенні пошукового образу атрибутів документа. Це можуть бути такі атрибути, як дані про автора, дата публікації, мова публікації тощо [12, 13].

Ступінь точності і повноти пошуку залежить від того, наскільки загальні терміни використовувалися при формулюванні запиту. Може бути невірним використання як найбільш загальних термінів (зростає рівень інформаційного шуму), так і занадто специфічних термінів (знижується повнота пошуку). Використання занадто специфічних термінів може призвести до того, що в словнику моделі цього терміна може не виявитися.

У загальному вигляді процедура пошуку є процедурою інтерактивною, тобто за етапом видачі результатів пошуку здійснюється корекція запиту, пошук за цим запитом і т.д. Схематично така процедура показана на рисунку 4. Корекція запиту відбувається, виходячи з кількості отриманих документів може виконуватися як користувачем, так і самою моделлю [14].



Рисунок 4 – Процедура пошуку

Проектування баз даних для інформаційно-пошукової моделі ПрАТ «Енергооблік», м. Харків

Для зберігання інформації в моделі використовуються сховища даних – бази даних.

Робота з проектування баз даних включає вибір:

- таблиць, які будуть входити до бази даних;
- стовпців, що належать кожній таблиці;
- взаємозв'язків між таблицями і стовпцями.

Конструювання баз даних пов'язано з побудовою її логічної структури. У такій моделі логічна структура баз даних абсолютно не залежить від її фізичної структури і способу зберігання [1, 2, 13].

У загальному випадку, конструювання баз даних має ряд важливих особливостей:

- незалежність логічної структури від фізичного і користувальницького уявлення;
- гнучкість структури баз даних – конструктивні рішення не обмежують можливості виконувати в майбутньому найрізноманітніші запити.

Розроблена база даних повинна мати достатню продуктивність.

Помилковою, поганою базою вважається база даних, яка:

- призводить до нерозуміння результатів виконання запитів;
- підвищує ризик введення в базу даних суперечливої інформації;
- породжує надмірні дані;
- ускладнює виконання змін структури створених раніше і вже заповнених даними таблиць.

Широке впровадження автоматизації технологічних процесів у газотранспортній галузі також зменшує вірогідність виникнення надзвичайних екологічних ситуацій техногенного походження [16]. Це надає можливість завчасно оцінювати та прогнозувати ризики їх виникнення й визначати шляхи усунення наслідків таких ситуацій, в тому числі й на законодавчому рівні [17].

Висновки. Визначено, що з метою забезпечення техногенної та екологічної безпеки газотранспортних систем на стику «природа – технічний об'єкт – людина» повинна бути збалансована взаємодія природних, технічних і соціальних моментів, яка б забезпечувала оптимальні санітарно-гігієнічні, матеріально-технічні та інші потреби людини.

Виявлено, що основна група причин, які призводять до виникнення відмов, аварій та інших інцидентів на газотранспортних системах пов'язана з дефектами технологічного обладнання з причин виробничого браку.

Запропоновано впровадження АСУТП виробництва та ремонту їх елементів на відповідних профільних підприємствах з метою підвищення техногенної та екологічної безпеки та експлуатаційних показників газотранспортних систем. Проведено аналіз сучасних АСУТП підприємств нафтогазової галузі ПрАТ «Енергооблік», м. Харків.

Виконано аналіз основних підходів до проектування автоматизованої підсистеми технологічної підготовки виробництва, у ході якого визначено, що основу АСУТП сучасного підприємства нафтогазової галузі складає підсистема технологічної підготовки виробництва, яка забезпечує автоматизовану комп'ютерну розробку технологічних процесів і підготовку виробництва (ремонт) від моменту отримання технологом конструкторської документації та до забезпечення виготовлення цього елемента.

Основні підходи до проектування автоматизованої підсистеми технологічної підготовки виробництва розроблені на основі періоду експлуатації конструктивного елемента газотранспортної системи та етапів його життєвого циклу в реальних виробничих умовах.

Розглянуто роботу основного модуля технологічного проектування елементів газотранспортних систем та інформаційно-пошуковий модуль «Стандарти та нормативи» підсистеми технологічної підготовки виробництва АСУТП ПрАТ «Енергооблік», м. Харків.

ЛІТЕРАТУРА

1. Побережний, Л. Я. Підвищення рівня екологічної безпеки трубопроводних мереж нафтогазового комплексу України [Текст]/ Л. Я. Побережний, А. В. Яворський, В. С. Цих, А. І. Станецький, А. В. Гриданчук // Науково-технічний журнал «Техногенно-екологічна безпека». – Харків. 2017, № 1, С. 24-31.
2. Крижанівський, С. І. Захист довкілля від аварій і катастроф трубопроводних систем в складних умовах експлуатації [Текст]/ С. І. Крижанівський, Л. Я. Побережний, Л. С. Шкіца // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2007, № 1(22). – С. 77-82.
3. Екологічні проблеми нафтогазового комплексу: матеріали науково-практичної конференції [Текст]. – К. : Науково-просвітницький центр «Екологія. Наука. Техніка» товариства «Знання» України, 2003. – 159 с.
4. Burgherr, P. Comparative Assessment of Severe Accident Risks in the Coal, Oil and Natural Gas Chains / P. Burgherr, P. Eckle, S. Hirschberg // Reliability Engineering and System Safety. – 2012. – Vol. 105. – P. 97-103.
5. Govindaraju, R. A. Methodology for Manufacturing Execution Systems (MES) implementation [Текст] / R. A. Govindaraju, K. Putra // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2016. – Vol. 114. – Art. no. 012094. doi: <http://doi.org/10.1088/1757-899x/114/1/012094>.
6. Wu, X. Operation optimization of natural gas transmission pipe lines based on stochastic optimization algorithms : A review [in English] / X. Wu, C. J. Li, Y. F. He, and W. L. Jia // Math. Problems Eng. – 2018. – Vol. 18. – С. 1-16.
7. Burgherr, P. Severe Accident Risk s in Fossil Energy Chains : A Comparative Analysis / P. Burgherr; S. Hirschberg // Energy. – 2008. – Vol. 33. – P. 538-553.
8. Котух, В. Г. Технологічна концепція оцінки ефективності трубної арматури магістральних газопроводів з урахуванням комплексу енергетичних показників [Текст]/ В. Котух, Н. Капцова, М. Мордовенко, К. Палєєва, С. Суліма // М&MS, 24-25 October 2019, Kharkiv, Ukraine. – Харків : ХНУРЕ, 2019. – С. 64-68.
9. Гораль, Л. Т. Обґрунтування необхідності проведення технічної реконструкції газотранспортної галузі [Текст] / Л. Т. Гораль // Наукові праці Кіровоградського національного технічного університету. Економічні науки. – Кіровоград. – 2010. Вип. 18. Ч. І. – С. 249-254.
10. Сторчак, С. О. Актуальні аспекти екологічної політики в нафтогазовому комплексі (на прикладі Національної акціонерної компанії «Нафтогаз України»)[Текст] / С. О. Сторчак, В. Г. Маслюченко, В. В. Дмитрик // Нафтогазова галузь України. 2015, – № 2. – С. 40-45.
11. Капцов, І. І. Технологія ремонту газового обладнання і трубопроводних систем : монографія [Текст]/ І. І. Капцов, В. Г. Котух, Ю. В. Пахомов. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. – 232 с.
12. Гораль, Л. Т. Проблеми і перспективи інноваційного розвитку газотранспортної системи України [Текст] / Л. Т. Гораль // Науковий вісник ІФТУНГ. – Івано-Франківськ. – 2011. № 2 (28). – С. 56-62.
13. Замиховська, О. Л. Комп'ютерні мережі: навч. посіб. [Текст] / О. Л. Замиховська. – Івано-Франківськ : ІФТУНГ, 2020. – 186 с.
14. Капцов, І. І. До питання ефективності використання трубної арматури транспортних трубопроводних систем за техніко-економічним критерієм [Текст]/ І. І. Капцов, В. Г. Котух, Н. І. Капцова, К. М. Палєєва, С. О. Мартиненко // Комунальне господарство міст. – Харків, – 2018. Вип. 142. – С. 32-39.
15. Гораль, Л. Т. Обґрунтування доцільності утримання об'єктів вітчизняної газотранспортної системи в сучасних умовах [Текст] / Л. Т. Гораль, М. О. Данилюк, І. М. Метюшоп, М. Д. Степ'юк // Науковий вісник Івано-Франківського університету нафти і газу. – Івано-Франківськ. – 2008. № 2 (18). – С. 144-149.
16. Лійський, О.В. Щодо особливостей державного інформаційного обміну під час виникнення надзвичайних екологічних ситуацій [Текст]/ О.В. Лійський, В. М. Лобойченко, В. А. Квасов, С. М. Варламов, Ю. В. Захарченко // Комунальне господарство міст. Серія: Технічні науки та архітектура – Харків, - 2020, том 3, № 156, с. 170-179.
17. Уніфікація науково-методичного забезпечення питань цивільного захисту здобувачів вищої освіти юридичних спеціальностей закладів вищої освіти України : колективна монографія / За заг. ред. проф. Ю.Д. Древяля, // - Харків : НУЦЗУ, 2019, - 246 с.

Varlamov Y., Kotukh V., Pinskyi O., Paleeva K.**INCREASING THE LEVEL OF TECHNOGENIC AND ENVIRONMENTAL SAFETY OF GAS TRANSPORTATION SYSTEMS BY IMPLEMENTING THE AUTOMATED CONTROL SYSTEMS OF TECHNOLOGICAL PROCESSES OF PRODUCTION AND REPAIR OF THEIR ELEMENTS**

Ensuring the technogenic and environmental safety of gas transmission systems is a complex state task. The main group of reasons that lead to failures, accidents and other incidents in these systems is associated with defects in technological equipment due to manufacturing defects in the process of manufacturing (repair) of structural elements of gas transmission systems. The level of danger during the operation of a gas transportation system facility for humans and the environment can be different - from a minimal deviation from the norm to critical and even catastrophic.

One of the ways to improve the quality and reliability of the functioning of the elements of gas transmission systems is the automation of the technological process of production (repair) of these elements through the introduction of automated control systems for technological processes at the enterprises of the oil and gas industry.

In the proposed article, the authors have developed a subsystem for the technological preparation of production (repair) of structural elements of gas transmission systems, which consists of blocks of technological preparation and reference books on tools, workshops and materials. In addition to these blocks, the subsystem includes a module for technological design of elements of gas transmission systems and an information retrieval module "Standards and Norms", which made it possible to formulate new approaches for the operational characteristics of structural elements of gas transmission systems. Graphical dependences of the period of operation and stages of the life cycle of structural elements allow using modern principles of group technology for elements, depending on the method of manufacture (repair). The conclusion on the causes of failures, accidents and other incidents on gas transmission systems based on the analysis of the main approaches to the design of automatic control systems was made.

Key words: technogenic safety, environmental safety, failure, accident, defect, gas transmission system, structural element, automated process control system.

REFERENCES

1. Poberezhny, L., Yavorsky, A., Tsyh, V., Stanetsky, A., Grytsanchuk, A. (2017). Improving the environmental safety of pipeline networks of oil and gas complex of Ukraine. Technogenic and ecological safety, 1, 24–31.
2. Kryzhanivskiy, J., Poberezhnyj, L., Shkica, L. (2007). Zahyst dovkillja vid avarij i katastrof truboprovodnyh system v skladnyh umovah ekspluatatsii'. Rozvidka ta rozrobka naftovyh i gazovyh rodovyshh, 1(22), 77-82.
3. Ekologichni problemy naftogazovogo kompleksu: materialy naukovo-praktychnoi' konferencii' (2003). Kyi'v: Naukovo-prosvitnyc'kyj centr "Ekologija. Nauka. Tehnika" tovarystva "Znannja" Ukrainy. 159 p.
4. Burgherr, P., Eckle, P., Hirschberg, S. (2012). Comparative Assessment of Severe Accident Risks in the Coal, Oil and Natural Gas Chains. Reliability Engineering and System Safety, 105, 97-103.
5. Govindaraju, R. A., Putra, K. (2016). Methodology for Manufacturing Execution Systems (MES) implementation. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 114 012094. doi: <http://doi.org/10.1088/1757-899x/114/1/012094>.
6. Wu, X., Li, C. J., He, Y. F., Jia, W. L. (2018). Operation optimization of natural gas transmission pipe lines based on stochastic optimization algorithms : A review. Mathematical Problems in Engineering, 18, 1-18.

7. Burgherr, P., Hirschberg, S. (2008). Severe Accident Risk s in Fossil Energy Chains : A Comparative Analysis. *Energy*, 33, 538-553.
8. Kotuh, V., Kapcova, N., Mordovenko, M., Paljejeva, K., Sulima, J. (2019). Tehnologichna koncepcija ocinky efektyvnosti trubnoi' armatury magistral'nyh gazoprovodiv z urahuvannjam kompleksu energetychnyh pokaznykiv. *M&MS*, 24-25 October 2019, Kharkiv, Ukraine, 64-68.
9. Goral', L. (2010). Obg'runtuvannja neobhidnosti provedennja tehnicnoi' rekonstrukcii' gazotransportnoi' galuzi. *Naukovi praci Kirovograds'kogo nacional'nogo tehnicnogo universytetu. Ekonomichni nauky*, 18:I, 249-254.
10. Storchak, S., Masljuchenko, V., Dmytryk, V. (2015). Aktual'ni aspekty ekologichnoi' polityky v naftogazovomu kompleksi (na prykladi Nacional'noi' akcioneroi' kompanii' "Naftogaz Ukrainy"). *Naftogazova galuz' Ukrainy*, 2, 40-45.
11. Kapcov, I., Kotuh, V., Pahomov, J. (2016). Tehnologija remontu gazovogo obladdannja i truboprovodnyh system :monografija. Kharkiv: KhNUMG im. O. M. Beketova, 232 p.
12. Goral', L. (2011). Problemy i perspektivy innovacijnogo rozvytku gazotransportnoi' systemy Ukrainy. *Naukovyj visnyk IFTUNG*, 2(28), 56-62.
13. Zamihov'ska, O. (2020). Komp'juterni merezhi: navch. posib. Ivano-Frankivs'k: IFNTUNG, 186 p.
14. Kapcov, I., Kotuh, V., Kapcova, N., Paljejeva, K., Martynenko, J. (2018). Do pytannja efektyvnosti vykorystannja trubnoi' armatury transportnyh truboprovodnyh system za tehniko-ekonomichnym kryterijem. *Komunal'ne gospodarstvo mist*, 142, 32-39.
15. Goral', L., Danyljuk, M., Metoshop, I., Step'juk, M. (2008). Obg'runtuvannja docil'nosti utrymannja ob'ektiv vitchyznjanoi' gazotransportnoi' systemy v suchasnyh umovah. *Naukovyj visnyk IFTUNG*, 2(18), 144-149.
16. Il'ins'kyj, O., Lobjochenko, V., Kvasov, V., Varlamov, J., Zaharchenko, J. (2020). Shhodo osoblyvostej derzhavnogo informacijnogo obminu pid chas vynykennja nadzvychajnyh ekologichnyh situacij. *Komunal'ne gospodarstvo mist. Serija: Tehnicni nauky ta arhitektura*, 3(156), 170-179.
17. Unifikacija naukovo-metodychnogo zabezpechnnja pytan' cyvil'nogo zahystu zdobuvachiv vyshhoi' osvity jurydychnyh special'nostej zakladiv vyshhoi' osvity Ukrainy : kolektyvna monografija (2019). Za zag. red. prof. J. Drevalja. Kharkiv: NUCZU, 246 p.