

Чекурін В.Ф.

Інститут прикладних проблем механіки і математики імені Я.С. Підстригача НАН України

Химко О.М.

Національний університет «Львівська політехніка»

МОДЕЛЮВАННЯ ФУНКЦІЙ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ ГАЗОТРАНСПОРТНИМИ СИСТЕМАМИ

Із використанням методології IDEF0 та еталонної моделі PERA проведено аналіз функцій управління газотранспортними системами (ГТС). На цій основі визначені функції програмної системи для автоматизації управління ГТС. Деталізовано функції автоматизації оперативного управління магістральними газопроводами. Результати можна використати за розроблення архітектури системи автоматизації управління ГТС

Ключові слова: управління підприємствами, модель PERA, методологія IDEF0, автоматизація, програмні комплекси, MES-системи.

Постановка проблеми. Газотранспортна система (далі – ГТС) – це складний інженерний комплекс, який об'єднує магістральні газопроводи (далі – МГ) та підземні сховища газу (далі – ПСГ), оснащені компресорними станціями (далі – КС) та інші технологічними елементами [1; 2]. Управління ГТС має на меті: гарантоване доставлення природного газу з входів системи на її виходи в заданих об'ємах і в заданий час, забезпечення заданого рівня екологічної безпеки; підтримання системи у технічному стані, який забезпечує її належне функціонування, отримання максимального прибутку від роботи ГТС. Для ефективного виконання цих завдань необхідна автоматизація управління на всіх рівнях адміністративної структури.

Метою роботи є аналіз функцій управління ГТС та побудова на цій основі моделей функціональності програмної системи для автоматизації управління (далі – САУ) ГТС.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На ринку програмно-технічних систем для автоматизації управління виробничими підприємствами є чимало пропозицій для газотранспортної галузі. Це PI System – програмна система для управління даними і подіями в реальному часі [3], модульні системи прикладних програм PSI GMS фірми PSI [4] та SIMATIC IT фірма SIEMENS [5], призначені для автоматизованого контролю, моніторингу, аналізу та менеджменту в газотранспортній

галузі, розробка SIMONE фірми «Simone Research Group» [6] та інші.

З українських розробок відзначимо програмні продукти відділу розробки систем оптимального планування та прогнозування режимів роботи ГТС Науково-дослідного інституту транспорту газу ПАТ «Укртрансгаз», які впроваджуються на підприємствах ПАТ «Укртрансгаз» [7].

Деякі нові підходи до побудови комп'ютеризованих систем автоматизації управління ГТС розглянуті у публікаціях [8-10].

Виклад основного матеріалу досліджень. Для аналізу функцій управління ГТС, механізмів їх реалізації та зовнішніх чинників, які впливають на здійснення цих функцій, застосуємо методологію функційного моделювання IDEF0 [11]. За цим

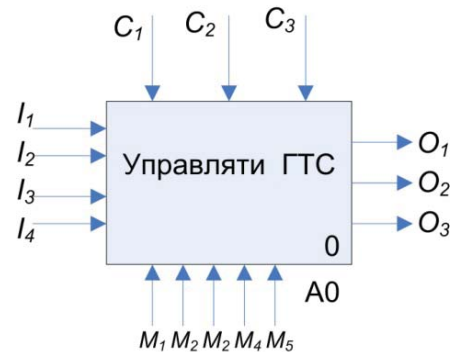


Рис. 1. IDEF0 діаграма функцій управління ГТС

підходом будь-яка функція зображується блоком (прямокутником), що має множини входів (стрілки зліва) та виходів (стрілки справа). Стрілки знизу відповідають механізмам, які використовуються для реалізації функції, а стрілки зверху представляють зовнішні управління та обмеження. На рис. 1 показана діаграма IDEF0 нульового рівня для функції А0 – управління ГТС.

Входами блоку А0 є інформація про: I_1 – потреби постачальників газу, I_2 – потреби споживачів газу, I_3 – середовище функціонування системи, та I_4 – актуальний стан системи.

Виходами блоку є: O_1 – документи, O_2 – команди управління персоналом і O_3 – сигнали керування обладнанням.

Механізмами реалізації функції управління ГТС є: M_1 – методи та засоби адміністративного менеджменту, M_2 – інтелектуальний та виробничий потенціали, M_3 – фінансові та матеріальні ресурси, M_4 – інформаційні ресурси, M_5 – методи та засоби автоматизації управління та керування технологічними процесами.

Зовнішнє керування визначають: C_1 – державне та міжнародне законодавство, C_2 – закони та принципи ринкової економіки, C_3 – галузеві стандарти, технічні умови та вимоги.

Таким чином, система управління ГТС, базуючись на інформації про потреби постачальників і споживачів природного газу, а також про бізнес-середовище, в якому функціонує ГТС, та про її актуальний стан, продукує інформацію, необхідну для переведення ГТС у стан, який забезпечує

задоволення потреб постачальників та споживачів природного газу та досягнення максимальної економічної вигоди. Ця інформація містить плани роботи усіх складових частин адміністративної та виробничої структур, які забезпечують їх функціонування у цьому стані впродовж заданого періоду часу. Система управління виробляє також команди управління персоналом і сигнали керування обладнанням, які забезпечують перебування ГТС у цьому стані впродовж усього періоду. Для цього вона використовує методи та засоби адміністративного менеджменту, інтелектуальний та виробничий потенціали, фінансові, матеріальні та інформаційні ресурси, методи та засоби автоматизації управління, а також методи та засоби автоматизації технологічних процесів. Реалізуючи цю функцію, система управління керується державним та міжнародним законодавством, законами та принципами ринкової економіки, галузевими стандартами, технічними умовами та вимогами.

На рис. 2 показано декомпозицію блока рис. 1.

В еталонній моделі PERA [12] систему управління виробничим підприємством представляють п'ятирівневою структурою.

На нульовому (найнижчому) рівні моделі PERA діють технологічні процеси. Перший та другий – рівні керування технологічними процесами, третій – рівень оперативного управління (англ. Manufacturing Operations Management — MOM). Четвертий (корпоративний) – рівень бізнес-планування та логістики (або стратегічне управління).

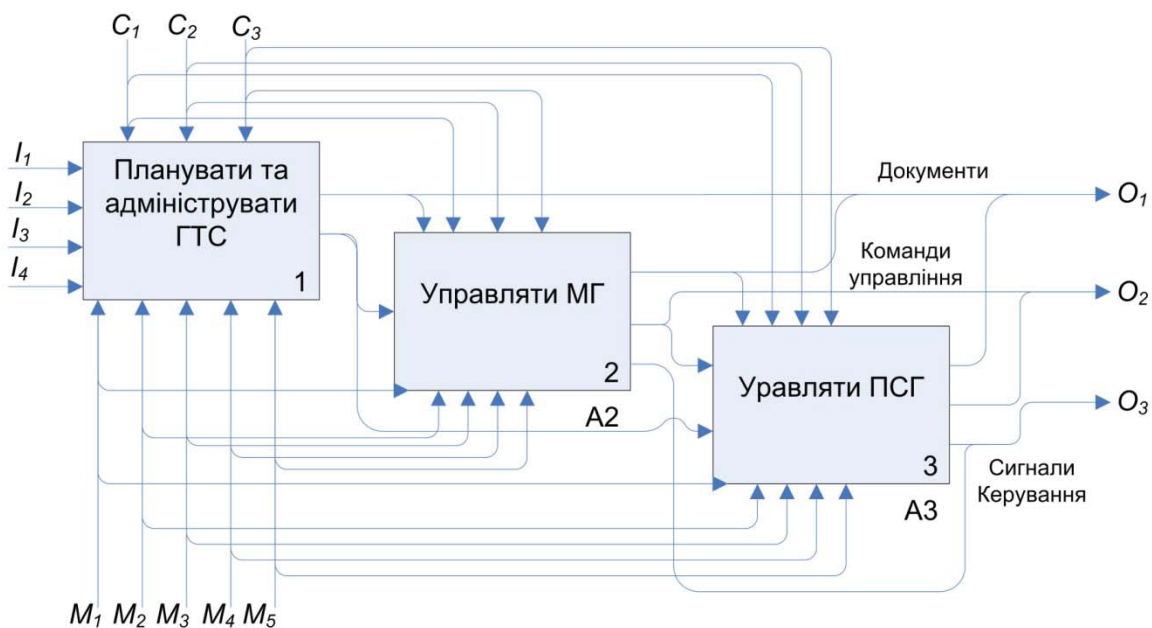


Рис. 2. Декомпозиція функції А0 – «Управляти ГТС»

Блок 1 на діаграмі рис. 2 відносимо до четвертого рівня. Він реалізує функцію управління комерційними процесами, визначальними для виробничої діяльності усієї корпорації. Менеджмент корпоративного рівня має на меті перспективне (стратегічне) і короткотермінове (тактичне) планування виробництва, постачання, збут, управління модернізацією та розвитком виробництва тощо. Процеси четвертого рівня діють на часових відрізках тривалістю місяць, тиждень, день. Цей блок формує інформацію у вигляді документів і даних (верхній вихід блоку) і передає їх блокам 2 та 3 як зовнішні обмеження та управління. Блок 1 формує також команди

управління персоналом, які надходять на входи блоків 2 та 3 з нижнього його виходу. Блоки 2 та 3 видають на своїх виходах документи, команди управління персоналом та сигнали керування обладнанням, які з'являються.

На рас. 2 та 3 показні діаграми декомпозиції блоків 2 та 3 рис.2, які реалізують функції А2 – «Управляти МГ» та А3 – «Управляти ПСГ».

На входи I_{21} та I_{31} блоків 2.1 та 3.1 функції А2 та А3 відповідно надходять команди управління персоналом з блоку 1 функції А0. Стрілки зверху C_{21} та C_{31} в цих блоках зображають документи, вироблені блоком 1 функції А0, які регламентують роботу функцій А2 та А3.

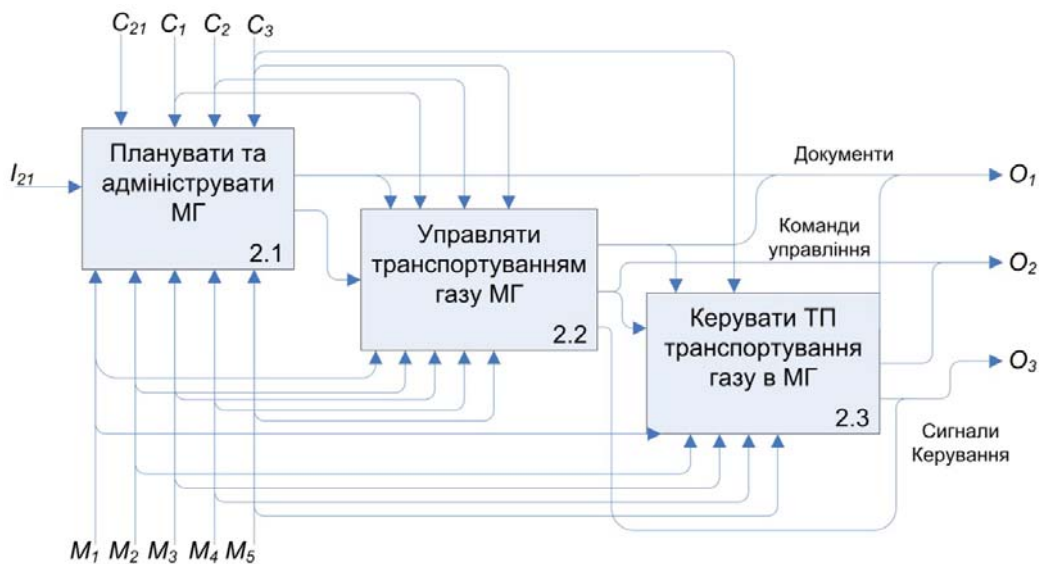


Рис. 3. Декомпозиція функції А2 – «Управляти МГ»

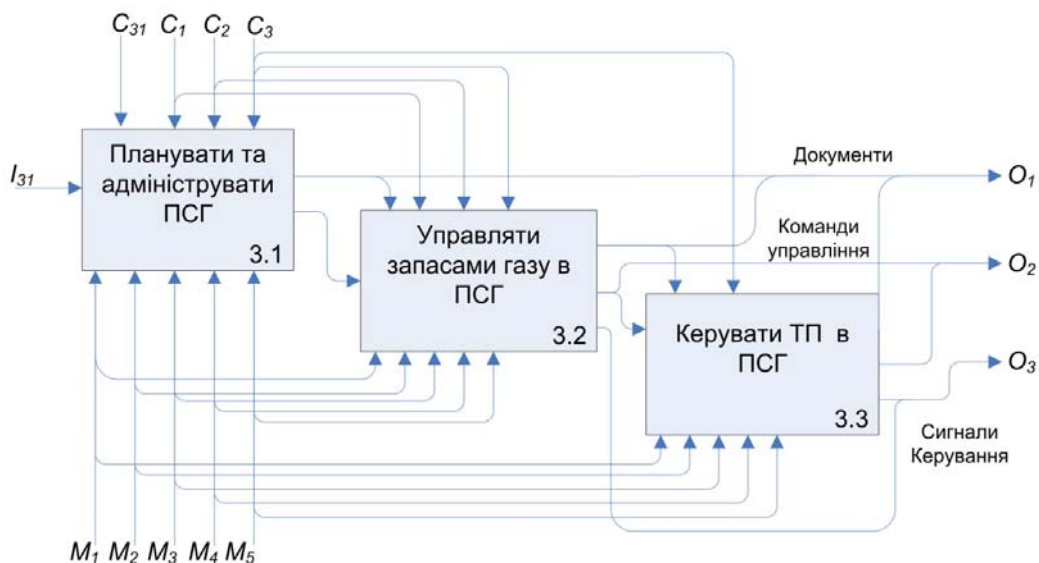


Рис. 4. Декомпозиція функції А3 – «Управляти ПСГ»

Відношення між моделями IDEF0 та PERA.

Запропонована функційна модель управління ГТС легко накладається на модель функціональної ієрархії PERA (див. рис. 5).

Як бачимо, на корпоративному рівні діють функції планування та адміністрування ГТС та її основними складниками – МГ та ПСГ. Рівень оперативного управління представлений функціями «Управляти транспортуванням газу МГ» та «Управляти запасами газу в ПСГ». На цьому рівні формуються алгоритми керування технологічним обладнанням, параметрами технологічних процесів, виробничим персоналом, матеріальними ресурсами, енергією та транспортованими потоками. Тривалості процесів третього рівня визначаються днями, робочими змінами, годинами, хвилинами і секундами.

На нижніх рівнях моделі PERA – другому (вбудовані мікропроцесорні системи автоматики) та першому (виконавчі пристрої автоматики – сенсори та актуатори) діють функції 2.3. та 3.3 IDEF0 моделі. Процеси першого рівня протікають у реальному часі фізичних процесів, тобто їхні параметри змінюються на часових періодах порядку секунд і менших.

Функції програмного комплексу САУ ГТС.

Базуючись на відповідності між функціями управління ГТС та рівнями базової моделі функціональної ієрархії PERA (див. рис.5), програмний комплекс САУ ГТС можна будувати сукупністю програмних систем, призначених для автоматизації управління ГТС на корпоративному й оперативному рівнях, і систем автоматизації керування

технологічними процесами (САК ТП).

Актуальний стан АТП ГТС України відповідає сучасним вимогам. Тут встановлені і функціонують системи на основі сенсорних мереж, програмованих логічних контролерів та SCADA-систем [14]. Відчутний прогрес у розвитку САК ТП можна пояснити тим, що галузева специфіка й істотні технологічні відмінності української ГТС, порівняно із газотранспортними системами Європи чи США, проявляються на рівні керування ТП не так сильно. Тому впровадження існуючих комп'ютеризованих систем автоматики не вимагає значних коштів. Це стосується також і управління ГТС на корпоративному рівні. Тому останнім часом спостерігається модернізація цього рівня управління на засадах комп'ютеризації. Тут використовують ERP системи, розроблені SAP AG і призначені для управління бізнес-процесами і стосунками з клієнтами [15].

Водночас в оперативному управлінні специфіка української ГТС є найбільш відчутною. Тому впровадження існуючих систем відомих світових брендів для автоматизації оперативного управління ГТС України вимагають суттєвої адаптації й, відповідно, додаткових фінансових затрат.

Тож економічно виправданим є створення САУ ГТС для оперативного рівня власними силами. Беручи до уваги стан автоматизації управління української ГТС, таку систему доцільно створювати як MES систему, використовуючи методологію, стандартизовану в ANSI/ISA-95. Це дозволить, використовуючи наявні вже засоби автоматизації технологічних процесів і прикладне



Рис. 5. Функції управління ГТС в контексті моделі PERA



Рис. 6. Основні функції САУ МГ на оперативному рівні

програмне забезпечення рівня бізнес-планування та логістики і впровадити автоматизований обмін інформацією між нижніми рівнями моделі PERA та корпоративним управлінням.

На рис. 6 показано основні функції САУ оперативного управління магістральними газопроводами. Система надає підтримку в чотирьох напрямках оперативного управління МГ.

Управління поточкорозподілом має меті формування потоків у мережі МГ, які забезпечують потреби постачальників і споживачів газу. Із цією метою, застосовуючи математичні моделі структури ГТС та моделі динаміки газу, а також методи математичного моделювання й оптимального керування, формуються конфігурація мережі, режими роботи КС і взаємодія МГ із ПСГ. Оскільки в процесі експлуатації МГ характеристики технологічних об'єктів лінійної частини і КС змінюються, то передбачено спеціальну функцію ідентифікації параметрів математичних моделей шляхом розв'язування відповідних обернених задач, сформульованих в межах математичних моделей динаміки газу з використанням даних вимірювання параметрів газових потоків в мережі.

Друга група функцій САУ МГ відповідає за автоматизацію контролю цілісності технологічних об'єктів, балансування газу і виявлення витоків [16]. Третя група забезпечує автоматизацію

процесів експлуатації об'єктів МГ – проведення технічного обслуговування і ремонтів (ТОіР), модернізації, опрацювання нештатних ситуацій та заходів екологічної безпеки.

Четверта група функцій, виконує одне з основних завдань САУ МГ – підтримує автоматизований обмін інформацією між усіма рівнями управління моделі PERA.

Висновки. Спираючись на моделі PERA, функції управління ГТС можна розподілити між її рівнями. Оперативне управління ГТС передбачає оптимальне керування потоками газу в мережі МГ і в ПСГ. Це вимагає розв'язування в реальному часі початково-крайових задач для нелінійних рівнянь із частинними похідними. На цьому рівні найбільше проявляються відмінності української ГТС від систем транспортування газу західних країн. Розроблені для них системи автоматизації оперативного управління складно адаптувати до потреб української ГТС. Систему автоматизації оперативного управління ГТС України доцільно створювати у вигляді двох систем, що взаємодіють між собою, – САУ МГ і САУ ПСГ. САУ МГ слід створювати як MES систему. Це дозволить пов'язати інформаційними потоками САУ усіх рівнів управління.

Запропонована модель функцій САУ МГ та відповідна модель функцій САУ ПСГ дозволять розробити архітектуру цих програмних систем.

Список літератури:

1. The Interstate Natural Gas Transmission System: Scale, Physical Complexity and Business Model. URL: <http://www.ingaa.org/?ID=10724> (дата звернення 05.04.2018).
2. Укртрансгаз. Характеристика газотранспортної системи України. URL: [https:// http://utg.ua/utg/gts/description.html](https://http://utg.ua/utg/gts/description.html) (дата звернення 05.04.2018).
3. PI System Architecture, Planning and Implementation Course. URL: <http://cdn.osisoft.com/learningcontent/pdfs/PISystemArchitecturePlanningAndImplementationWorkbook.pdf> (дата звернення 05.04.2018).
4. Gas Management Suite Smart Operation and Management of Gas Grids and Storage. URL: http://www.psoilandgas.com/fileadmin/files/downloads/PSI_GO/psi_gas_management_suite.pdf (дата звернення 05.04.2018).
5. SIMATIC IT для построения MES-систем. URL: http://www.siemens.com/simatic_it (дата звернення 05.04.2018).
6. SIMONE Research Group. Solutions for simulation and optimization in the gas industry. URL: <http://www.simone.eu> (дата звернення 05.04.2018).
7. Система моделювання, планування, оптимізації та формування параметрів керування газопотоками. URL: http://www.mathcenter.com.ua/docs/GasPresentation_ua.pdf (дата звернення 05.04.2018).
8. Чекурін В., Притула М., Химко О. Моделювання архітектури та функціональності програмно-технічного комплексу для автоматизації управління магістральними газопроводами. Фізико-математичне моделювання та інформаційні технології. 2013. № 18. С. 209-218.
9. Чекурін В.Ф., Притула М.Г., Химко О.М. Методологія MES і комп'ютеризація управління ГТС. Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Серія «Комп'ютерні системи та мережі». 2014. № 806. С. 275-283.
10. Пономарьов Ю.В., Притула М.Г., Химко О.М., Чекурін В.Ф. Автоматизація управління ГТС: стан та перспективи розвитку з використанням MES. Нафтогазова галузь України. 2015. № 5. С. 40-45.
11. Menzel C., Mayer R.J. The IDEF Family of Languages. Handbook on Architectures of Information Systems. International. Handbooks on Information Systems. 2006. P. 215-249.
12. Bernus P., Nemes L. A framework to define a generic enterprise reference architecture and methodology. Computer Integrated Manufacturing Systems. 1996. Vol. 9 (3). P. 179-191.
13. Коваль М.В., Багдасар'ян Г.М. До проблеми формування україномовної технічної термінології. Науково-технічне слово. 1993. № 1. С. 75-78.
14. Назаренко І.В., Ференець В.Д., Суханов Д.Є., Николайчук М.Я. Побудова і моделювання уніфікованих систем управління виконавчими механізмами об'єктів газотранспортної системи. Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2014. № 1(2). С. 41-48.
15. Розпочато промислову експлуатацію автоматизованої системи управління SAP. Трубопровідний транспорт. 2013. № 1(79). С. 4.
16. Чекурін В.Ф., Химко О.М. Моделювання системи виявлення та ідентифікації витоків в магістральних газопроводах. Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: «Технічні науки». 2018. Т. 29(68). Ч. 2. № 1. С. 52-57.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ФУНКЦИЙ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА
ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ГАЗОТРАНСПОРТНЫМИ СИСТЕМАМИ**

С использованием методологии IDEF0 и эталонной модели PERA проведен анализ функций управления газотранспортными системами (ГТС). На этой основе определены основные функции программной системы для автоматизации управления ГТС. Детализированы функции автоматизации оперативного управления магистральными газопроводами. Результаты могут быть использованы при разработке архитектуры системы автоматизации управления ГТС

Ключевые слова: управление предприятиями, модель PERA, методология IDEF0, автоматизация, программные комплексы, MES-системы.

**FUNCTIONAL MODELING OF THE PROGRAM COMPLEX
FOR AUTOMATION OF MANAGEMENT BY GAS TRANSMISSION SYSTEMS**

With application of the IDEF0 methodology and the reference model PERA analysis of functions for management by gas transmission system (GTS) has been performed. On this basis the main functions of program system for automation of the management by GTS have been defined. The functions for operational management by the gas mains are defined in detail. The results can be used for development of the system for automation of GTS management.

Key words: Enterprise management, PERA model, IDEF0 methodology, management automation, software complexes, MES.