

Моделювання Структури Програмного Комплексу для Управління Газотранспортними Системами

Ольга Химко

Кафедра автоматизації теплових і хімічних процесів
Національний університет «Львівська політехніка»
Львів, Україна
olgakhymko@ukr.net

Василь Чекурін

Технічний факультет
Куявсько-Поморський університет в Бидгощі
Бидгощ, Польща
v.chekurin@mail.kpsw.edu.pl

Modeling of Structure of Software Complex for Management by Gas Transmission Systems

Olga Khymko

Dep. for Automation of Thermal and Chemical Processes
L'viv Polytechnic National University
L'viv, Ukraine
olgakhymko@ukr.net

Vasyl Chekurin

Technical Department
Kujawy and Pomorze University in Bydgoszcz
Bydgoszcz, Poland
v.chekurin@mail.kpsw.edu.pl

Анотація—Розглянуто модель структури інтегрованого програмно-технічного комплексу для автоматизації управління газотранспортною системою (ГТС). Комплекс включає в себе програмно-технічні системи для управління інформаційними та комерційними процесами, транспортуванням газу й експлуатацією споруд ГТС, які об'єднані єдиним інтерфейсом користувача та спільними інформаційними ресурсами.

Abstract—A model of functionality and structure of integrated hardware-software complex for automation of management by a gas transmission system has been considered in the paper. The complex consists of four hardware-software systems aimed for computerization of management by informational and business processes, gas transportation and GTS infrastructure maintenance. The systems are united by single user interface and common informational resources.

Ключові слова — газотранспортні системи; автоматизація управління; програмно-технічний комплекс

Keywords — gas transmission systems; automation of management; hardware-software complexes

I. ВСТУП

Газотранспортні системи (ГТС) призначені для планового переміщення природного газу від місць видобування (родовищ) до місць споживання. Комплекс ГТС об'єднує магістральні газопроводи і підземні сховища газу, оснащені технологічними елементами [1]. Складові частини ГТС утворюють в сукупності цілісний інженерний об'єкт.

Щоб ефективно керувати роботою цієї системи необхідна автоматизація технологічних процесів і виробничої діяльності підрозділів, критичних для її функціонування. Цього можна досягнути шляхом комп'ютеризації із використанням програмно-технічних комплексів (ПТК). ПТК слід розглядати як SIS-системи (Software Intensive Systems) — складні системи, функціональні можливості яких визначаються головно програмним забезпеченням [2]. Для побудови таких систем застосовують модельно-базований підхід, за яким моделі процесів, окремих компонент і системи в цілому використовуються упродовж усього циклу її життя [3]. Для побудови цих моделей застосовують різні засоби: текстуальне та графічне моделювання з використанням діаграмної техніки, уніфіковану мову візуального моделювання UML, предметно-орієнтовані мови моделювання DSL [4], засоби моделювання за методологією IDEF [4], а також формальні математичні методи теорії складних програмних систем [5].

II. МОДЕЛІ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

При побудові моделі SIS-системи виходять із певних моделей предметної області. Об'єктом ПТК є ГТС, а його предметною областю є процеси управління ГТС. Тож розглянемо спочатку моделі ГТС.

ГТС є гетерогенна система. Її функціонування визначають різномірні процеси — фізичні, технологічні інформаційні та комерційні (рис.1).

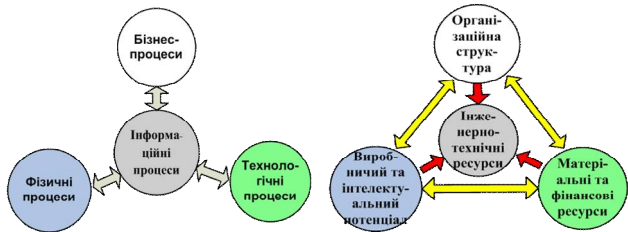


Рис. 1. Взаємодія процесів ГТС

Рис. 2. Структура виробничо-комерційного комплексу ГТС

Відповідно можемо розглядати моделі ГТС з різних точок зору – як виробничо-комерційну структуру, як фізичну систему чи як інформаційне середовище.

Структура ГТС як виробничо-комерційної структури показана на рис.2.

Як фізична система ГТС являє собою відкриту термодинамічну систему, що складається із двох основних підсистем – споруд ГТС та акумульованого в них газу (рис.3). До споруд ГТС відносимо її складові, заповнені газом (трубопроводи, компресорні станції, пласти підземних сховищ газу) та інші технологічні елементи. Взаємодія цих двох підсистем між собою та ГТС із довкіллям відбувається шляхом обміну між ними масою M , імпульсом P та енергією E (рис.4)

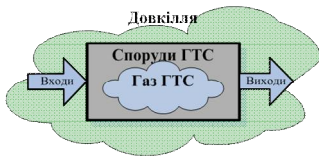


Рис. 3. ГТС як відкрита термодинамічна система

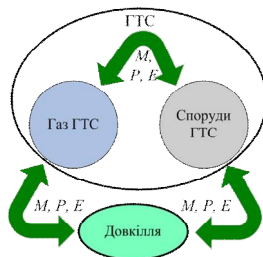


Рис. 4. Взаємодія підсистем ГТС і довкілля

Розглядаючи ГТС як об'єкт управління можна означити її як нелінійну динамічну систему з розподіленими параметрами, для якої характерні значні розміри й інерційність, дія розподілених і зосереджених зовнішніх впливів, істотна невизначеність значень внутрішніх параметрів і зовнішніх чинників.

Найпростішою моделлю ГТС є сукупність $G_B = (W, O)$, що об'єднує множини входів W та виходів O . Цю систему можна представити у вигляді дводольного графа $G_B = (N_{ext}, L_{ext})$, де $N_{ext} = W \cup O$ – множина зовнішніх вузлових елементів ГТС, L_{ext} – множина ребер, які пов'язують вхідні вузли W графа з його вихідними O вузлами. Позначимо як $P_{N_{ext}}$ і $P_{L_{ext}}$ сукупності множин параметрів стану для усіх вузлових і лінійних елементів:

$$P_{N_{ext}} = \{P_{N_{ext}} \forall N_{ext} \in N_{ext}\}, \quad P_{L_{ext}} = \{P_{L_{ext}} \forall L_{ext} \in L_{ext}\}.$$

Нехай $P_B = P_{N_{ext}} \cup P_{L_{ext}}$ – множина, тоді пара $M_B = (G_B, P_B)$ визначає бізнес-модель ГТС. За належного вибору множини параметрів стану P_B , модель M_B є достатньою для управління ГТС на рівні бізнес-процесів.

Проте в рамках цієї моделі неможливо оптимізувати затрати на транспортування газу, оцінювати вплив системи на довкілля, як і зворотній вплив, враховувати вплив режимів транспортування на технічний стан споруд тощо. Для цього слід взяти до розгляду фізичні процеси, які протікають у системі під час її експлуатації.

Модель структури ГТС подамо у вигляді сукупності $M_T = (C, F)$, де C – множина споруд ГТС, F – накопичений в порожнинах споруд. Споруди ГТС поділяються на дві групи – вузлові та лінійні елементи (трубопроводи). Схема з'єднання споруд ГТС у цілісну мережу визначає модель конфігурації G_C , яку можна подати у вигляді сукупності $G_C = (N, T)$, де N – множина вузлових елементів, T – множина трубопроводів.

Кожному елементу моделі конфігурації $N \in N$ та $T \in T$ поставимо у відповідність математичну модель фізичних процесів, які в ньому протікають $N \rightarrow P_N$ та $T \rightarrow P_T$. Сукупності математичних моделей для усіх вузлових $P_N = \{P_N \forall N \in N\}$ і лінійних $P_T = \{P_T \forall T \in T\}$ елементів доповнимо сукупністю P_G співвідношень, які виражають закони збереження маси, імпульсу та енергії у взаємодії споруд ГТС C з газом F , який через них протікає, та довкіллям. Сукупність усіх трьох множин утворює математичну модель процесів у спорудах ГТС: $P_C = P_N \cup P_T \cup P_G$, а модель споруд ГТС M_C визначимо як $M_C = (G_C, P_C)$.

У відповідність моделі конфігурації G_C поставимо граф конфігурації $G_C = (X, E)$ де X та E – множини вершин і ребер графа. Множина X представляє усі вузлові елементи, а множина E – усі лінійні елементи моделі конфігурації: $X \leftrightarrow N$, $E \leftrightarrow T$. Відтак існує взаємно-однозначна відповідність між моделями: $G_C \leftrightarrow G_C$. Вузлам $X \in X$ та ребрам $E \in E$ поставимо у відповідність математичні моделі P_X та P_E , які описують рух газу у порожнинах відповідних вузлового $N \leftarrow X$ та лінійного $T \leftarrow E$ елементів моделі конфігурації G_C .

Позначимо $P_X = \{P_X \forall X \in X\}$ та $P_E = \{P_E \forall E \in E\}$ сукупності математичних моделей руху газу у всіх порожнинах вузлових та лінійних елементів ГТС, а як P_F – множину співвідношень, які визначають закони збереження маси імпульсу й енергії у процесах взаємодії газу ГТС F зі спорудами C та довкіллям. Вводячи сукупність $P_F = \{P_X, P_E, P_F\}$, означимо модель руху газу

через ГТС як $\mathbf{M}_F = (\mathbf{G}_F, \mathbf{P}_F)$, а модель ГТС як відкритої термодинамічної системи у вигляді сукупності $\mathbf{M}_T = (\mathbf{M}_C, \mathbf{M}_F)$.

Моделі \mathbf{M}_B , \mathbf{M}_C і \mathbf{M}_F утворюють концептуально різні проекції ГТС як об'єкта реального світу в світ відображень. Разом із інформаційною моделлю \mathbf{M}_I вони утворюють модель ГТС $\mathbf{M} = \{\mathbf{M}_B, \mathbf{M}_C, \mathbf{M}_F, \mathbf{M}_I\}$, необхідну для побудови ПТК для автоматизації її управління.

Між математичними моделями \mathbf{M}_B , \mathbf{M}_C і \mathbf{M}_T існує співвідношення $\mathbf{M}_B \subset \mathbf{M}_C \subset \mathbf{M}_T$.

Взаємозв'язок між моделями \mathbf{M}_C та \mathbf{M}_F проілюстровано на рис. 5. Тут зображено структуру математично-алгоритмічного забезпечення для реалізації функцій управління транспортуванням газу й експлуатацією споруд ГТС.



Рис. 5. Структура математично-алгоритмічного забезпечення

III. ФУНКЦІЇ УПРАВЛІННЯ ГТС

Управління газотранспортною системою має на меті: а) гарантоване доставляння природного газу із входів системи на її виходи в заданих об'ємах; б) підтримання системи у технічному стані, який забезпечує гарантоване доставляння природного газу і заданий рівень екологічної безпеки; в) отримання максимального прибутку від роботи ГТС.

Структуру управління ГТС подамо у вигляді сукупності чотирьох напрямків: а) управління бізнес процесами, б) управління інформаційними процесами, в) управління транспортування газу та г) управління технічним обслуговуванням і експлуатацією. Виходячи з цього множину \mathbf{F} функцій управління ГТС розгляда-тимемо як сукупність функцій управління цими групами процесів: $\mathbf{F} = (\mathbf{F}_I, \mathbf{F}_B, \mathbf{F}_F, \mathbf{F}_C)$, де \mathbf{F}_I , \mathbf{F}_B , \mathbf{F}_F та \mathbf{F}_C — функції управління інформаційними, комерційними, транспортними процесами й експлуатацією споруд ГТС.

Управління бізнес процесами має на меті: а) досягнення максимальної економічної ефективності роботи ГТС, б) точне виконання зобов'язань взятих перед постачальниками і споживачами природного газу, в) розвиток інфраструктури ГТС, відповідно до короткострокових і довгострокових прогнозів розвитку ринку газотранспортних послуг, г) мінімізацію екологічного та бізнес ризиків.

Управління інформаційними процесами має на меті підтримання інформаційної системи у стані, який забезпечує: а) відбір і нагромадження об'єктивних даних у обсягах, необхідних для надійного управління комерційними процесами, транспортування газу й експлуатацією споруд ГТС; б) обмін інформацією між підсистемами ГТС в реальному часі; в) оперативне надання інформаційних послуг користувачам усіх груп відповідно до їх потреб.

Управління транспортуванням газу має на меті реалізацію режимів транспортування газу, які забезпечують: а) виконання зобов'язань перед постачальниками та споживачами природного газу, б) мінімальні втрати газу та витрати паливно-енергетичних ресурсів, в) дотримання заданих рівнів інтенсивності зношування споруд ГТС, г) дотримання допустимих норм забруднення атмосферного та водного басейнів, ґрунтів і геологічних пластів, д) дотримання заданих рівнів технологічної й екологічної безпеки. Реалізація цієї мети відбувається шляхом керування конфігурацією мережі, режимами роботи компресорних станцій і підземних сховищ газу, а також управлінням виробничим та інтелектуальним потенціалами, які є у розпорядженні диспетчерської служби та інших підрозділів.

Управління експлуатацією споруд ГТС має на меті утримання споруд ГТС у технічному стані, який забезпечує: а) виконання усіх функцій транспортування газу, б) високу ефективність функціонування споруд ГТС, в) заданий рівень екологічної безпеки. Реалізація цієї мети відбувається шляхом технічного обслуговування, реконструкції та модернізації споруд ГТС, спорудження нових трубопроводів, компресорних станцій та інших споруд, управлінням виробничим та інтелектуальним потенціалами, які є у розпорядженні служби експлуатації, ремонту та реконструкції тощо.

IV. МОДЕЛЬ СТРУКТУРИ ПТК ГТС

Подамо структуру ПТК як сукупність чотирьох програмно-технічних систем (ПТС), які призначені для автоматизації управління: а) бізнес процесами (ПТС БП), б) інформаційними процесами (ПТС ІП), в) процесами транспортування газу ПТС ТГ та г) процесами експлуатації споруд ГТС (ПТС ЕС). Ці чотири складові об'єднані в інтегрований програмно-технічний комплекс єдиним інтерфейсом користувача та спільними інформаційними ресурсами (рис. 6). Така структура дозволяє спростити задачі автоматизації напрямків управління ВБК ГТС

Інтерфейс користувача ПТК надає доступ до функцій усіх ПТС, обчислювальних та інформаційних ресурсів, а також зовнішніх пристроїв, залежно від потреб конкретного користувача. Інтерфейс автоматично налаштовується під зареєстрованого користувача, згідно

його потреб і ролі, яку він виконує в системі у цьому сеансі взаємодії з ПТК.

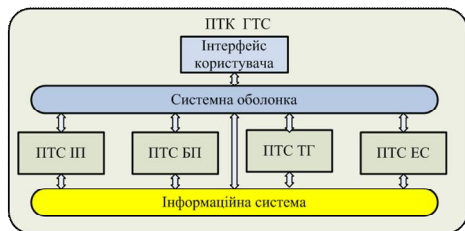


Рис.6. Структура ПТК

Системна оболонка реалізує функції керування обліковими записами користувачів (реєстрації, авторизація, ідентифікація, автентифікація), доступом прикладних процесів, які виконуються ПТК, до спільних інформаційних і обчислювальних ресурсів, а також до периферійних пристроїв, здійснює захист інформації від локальних і віддалених атак. Важливою функцією системної оболонки є формування та підтримання віртуальних обчислювальних середовищ для усіх користувачів. Ці середовища формуються з використанням системних ресурсів і функціоналів ПТК напрямків.

ПТК реалізують функції, необхідні для автоматизації відповідних напрямків управління. Їхня робота базується на математичних моделях та алгоритмічному забезпеченні, специфічних для кожного напрямку управління. До складу ПТК напрямку входять інтерфейс на частину, редактор задач, математичне ядро, бібліотека функцій, система підтримки прийняття управлінських рішень, система відображення та документування. Три складники ПТК — математичне ядро, бібліотека функцій і система прийняття рішень будуються на основі моделей M_B , M_C , M_F та M_I .

Інтерфейсна частина ПТК відповідає за взаємодію внутрішніх її модулів із системною оболонкою.

Редактор задач дозволяє: а) завантажувати задачі з інформаційної системи, б) редагувати їх, в) формувати нові задачі, специфічні для предметної області відповідних напрямків управління та зберігати їх у інформаційній системі, г) відлагоджувати задачі тощо.

Математичне ядро здійснює чисельну реалізацію сформульованих прикладних задач. Бібліотека функцій містить функції і процедури, які можна підвантажувати в математичне ядро і використовувати для розв'язування задач. Цю бібліотеку можна доповнювати, що дозволяє розширювати функціональні можливості ПТК впродовж усього циклу його життя;

Підсистема підтримки рішень дозволяє формувати обґрунтовані управлінські рішення, виходячи із результатів розв'язування задач, інформації, отриманої із бази знань системи та інших джерел, використовуючи методи нечіткої логіки та методи штучного інтелекту.

Підсистема відображення та документування, призначена для графічного, табличного чи математичного представлення результатів розв'язування задач і

прийнятих рішень на екрані чи твердих носіях, формування відповідних документів у електронній формі і збереження їх у інформаційній системі для подальшого використання.

Інформаційна система надає ресурси, необхідні для функціонування усіх ПТК. ПТК напрямків містять функції для тематичного оброблення даних згідно потреб управління цим напрямком. Інформація, отримана в результаті такого оброблення нагромаджується у спільних інформаційних ресурсах, поповнюючи бази знань та репозиторії документів за напрямками управління.

Реалізація запропонованої системи передбачає наступні етапи: а) розроблення функційних моделей ПТК напрямків; б) побудова моделі взаємодії підсистем ПТК з системною оболонкою та інформаційною системою; в) побудова математичних моделей процесів, визначальних для кожного із чотирьох напрямків управління, г) математичне формулювання задач, специфічних для кожного напрямку і розроблення алгоритмів для їхньої чисельної реалізації; д) проектування ПТК напрямків, інтегрованого програмно-технічного комплексу, та інформаційної системи; з) кодування; ж) інтеграція та тестування ПТК напрямків; е) інтеграція та тестування ПТК.

V. ВИСНОВКИ

Газотранспортна система як об'єкт управління є відкрита гетерогенна система, що поєднує в єдине ціле інженерно-технічний комплекс, організаційну структуру, виробничий та інтелектуальний потенціали, матеріальні та фінансові ресурси. Взаємопов'язані процеси, які визначають функціонування цієї системи, можна поділити на чотири групи – інформаційні, комерційні, технологічні та фізичні процеси. Управління цією системою можна автоматизувати, використовуючи інтегрований програмно-технічний комплекс, що складається із програмно-технічних систем для управління процесами транспортування газу, експлуатації споруд ГТС, інформаційних і бізнес-процесів. Єдиний інтерфейс користувача та спільні інформаційні ресурси забезпечують обмін інформацією між ПТК, ефективний захист інформації та розподіл системних ресурсів між користувачами, які діють у предметних областях різних ПТК.

ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

- [1] "The Interstate Natural Gas Transmission System: Scale, Physical Complexity and Business Model" [Online]. Available: <http://www.ingaa.org/?ID=10724>
- [2] V. Bonneau, "Software intensive systems in the future" [Online]. Available: ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/ist/docs/embedded/puissochet-060207_en.pdf.
- [3] MSDN. Моделирование приложения. [Online]. Available: <http://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/>
- [4] C. Menzel, R. J. Mayer, "The IDEF family of languages" In: *Handbook on Architectures of Information Systems. International Handbooks on Information Systems.* – 2006. – P. 215-249.
- [5] D. Krob, "Modeling of complex software systems: a reasoned overview." in: Najm E., Pradat-Peyre JF., Donzeau-Gouge V.V. (eds) *Formal Techniques for Networked and Distributed Systems - FORTE 2006. Lecture Notes in Computer Science, vol 4229.* Springer, Berlin, Heidelberg.