

В.Ф. Чекурін<sup>1,2</sup>, М.Г.Притула<sup>3</sup>, О.М. Химко<sup>4</sup><sup>1</sup>Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С. Підстригача НАН України,<sup>2</sup>Kujawy and Pomorze University in Bydgoszcz,<sup>3</sup>ДК “Укртрансгаз”,<sup>4</sup>Національний університет “Львівська політехніка”

## СТРУКТУРА ТА ФУНКЦІЇ ІНТЕГРОВАНОГО ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ ГАЗОТРАНСПОРТНОЮ СИСТЕМОЮ

© Чекурін В.Ф., Притула М.Г., Химко О.М., 2013

**Проаналізовано газотранспортну систему як об’єкт автоматизованого управління, розроблено структуру інтегрованого програмно-технічного комплексу для автоматизації процесів управління цією системою. Обговорюються парадигми реалізації системи.**

**Ключові слова:** газотранспортна система, управління, автоматизація, програмно-технічні комплекси.

**A gas transmission system as an object of automation has been analyzed. A generalized structure of an integrated hardware-software complex for automation of management and control of this system has been developed. Paradigms for implementation of the system have been discussed.**

**Key words:** gas transmission system, management and process control, automation, hardware-software complex.

### Вступ

Для транспортування природного газу від місць його видобування до споживачів використовують газотранспортні системи (ГТС). Такими системами володіють, зокрема, Україна, США, РФ, ФРН, Чеська Республіка та інші держави. ГТС є складним комплексом взаємопов’язаних магістральних газопроводів протяжністю у десятки тисяч кілометрів та підземних сховищ газу (ПСГ).

Для ефективного використання цієї глобальної системи необхідна автоматизація управління нею як єдиним виробничо-бізнесовим комплексом (ВБК), а також автоматизація роботи усіх її підрозділів. Цього можна досягти зокрема комп’ютеризацією їх із використанням програмно-технічних комплексів (ПТК). Робота комплексів ґрунтується на математичних моделях фізичних, технологічних, інформаційних та бізнесових процесів, які проходять у системі упродовж циклу її життя. В межах цих моделей можна формулювати та досліджувати прямі й обернені задачі керування транспортуванням газу, прогнозувати наслідки управлінських дій, оптимізувати конфігурацію ГТС та режими експлуатації за різними критеріями, оцінювати надійність системи та її залишковий ресурс, розраховувати економічні показники тощо.

Відомі розробки [1]: SIMONE фірми “Simone Research Group” (Чехія), Ganesi/Gamos фірми Debis Systemhaus (ФРН), LicConsult/LicEnergy” (Данія), АСТРА ТзОВ “Інформгаз” та Тюменьгазпром” РФ), САМПАГ” Російського державного університету нафти і газу ім. І.М. Губкіна АСДУ ООО “Мострансгаз”) , “AMADEUS” (ООО “НПО Вниизэф – Волгогаз”, РФ, компанія SPP-DST6, Словаччина), “SEER&C” (ТзОВ “Вирт”, РФ), “ИНГИР” (ДООО “Гипрогазцентр”, РФ), “Волна” (РФЯЦ - ВНИИЭФ, РФ) та інші. Як зазначають автори статті [1], у всіх цих комплексах використовуються занадто спрощені моделі технологічних процесів, не беруться до уваги усі технологічні обмеження на режими роботи технологічного обладнання, або ж не враховуються особливості існуючих систем управління ГТС. Додамо до цього, що прикладні програмні системи,

які розглядаються у цих публікаціях, призначені здебільш для автоматизації окремих складових виробничо-бізнесового комплексу ГТС – диспетчерської служби, служби експлуатації, апарату управління. Попри значну кількість публікацій, присвячених, наприклад, автоматизації диспетчерської служби, програмно-технічні засоби для автоматизації керування технологічними процесами транспортування газу, які б відповідали сучасним вимогам щодо точності розрахунків та швидкодії у випадку нестационарних режимів роботи ГТС, ще не створена ні в Україні, ні в інших державах. Значного прогресу у напрямі автоматизації керування технологічними процесами в ГТС досягли автори публікацій [2, 3]. Проте і в підходах цих авторів не розглядаються питання створення інтегрованих програмно-технічних комплексів (ІПТК). Відомі лише окремі публікації (див., наприклад [5, 6]), автори яких досліджують переваги застосування ІПТК для управління ГТС як виробничо-бізнесовою системою та керування технологічними процесами в цій системі.

Метою статті є аналіз ГТС як об'єкта управління, визначення функцій інтегрованого програмно-технічного комплексу для автоматизації управління роботою ГТС та побудова моделі структури ІПТК.

### 1. Аналіз об'єкта управління

Природний газ є важливим енергетичним і сировинним ресурсом сьогодення. Його життєвий цикл охоплює такі стадії: 1) розвідка; 2) видобування; 3) транспортування і збереження; 4) розподіл; 5) використання. Реалізація третьої фази відбувається за допомогою газотранспортної системи.

Складові частини ГТС у сукупності утворюють цілісний інженерний об'єкт, конфігурація якого може змінюватися в процесі використання, залежно від потреб постачальників і споживачів газу, умов експлуатації та технологічних вимог. Магістральні трубопроводи та ПСГ оснащено компресорними станціями, трубами-перемичками, запірно-регулювальною арматурою (кранами, регуляторами тиску та витрат тощо) та іншими технологічними елементами. Відбір газу здійснюють через газорозподільні станції.

ГТС – це глобальна система, що покриває значну територію держави. Наприклад, загальна протяжність газопроводів ГТС України становить близько 37 тис. км. До її складу входять 12 ПСГ загальною ємністю  $31 \cdot 10^9 \text{ м}^3$ , 72 компресорні станції, на яких встановлено 702 газоперекачувальних агрегати загальною потужністю понад 5440 МВт, 1437 газорозподільних станцій. Вхідна пропускна заданість ГТС становить понад  $280 \cdot 10^9 \text{ м}^3/\text{рік}$ , вихідна – близько  $180 \cdot 10^9 \text{ м}^3/\text{рік}$ .

Для опису фізичних і технологічних процесів розглядатимемо ГТС як відкриту термодинамічну систему, що складається із двох основних підсистем: споруд ГТС та акумульованого в них газу (рис.1). До споруд ГТС відноситимемо складові системи, заповнені газом (трубопроводи, компресорні станції, пласти підземних сховищ газу) та інші технологічні елементи. Взаємодія цих двох підсистем між собою та ГТС із довкіллям відбувається завдяки обміну між ними масою, імпульсом та енергією.

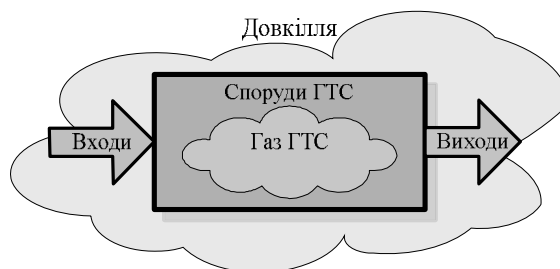


Рис. 1 ГТС як відкрита термодинамічна система

Через входи і виходи газова підсистема ГТС обмінюється із зовнішнім середовищем масою ( $M$ ), імпульсом ( $P$ ) і енергією ( $E$ ) (рис. 2).

Внаслідок деформації споруди ГТС обмінюється із довкіллям імпульсом та механічною енергією, а також теплом (тепловіддача з поверхні) та масою (технологічні та аварійні викиди газу,

вихлопи машин компресорних станцій). Крім того, споруди ГТС споживають електроенергію зі зовнішніх джерел енергопостачання.

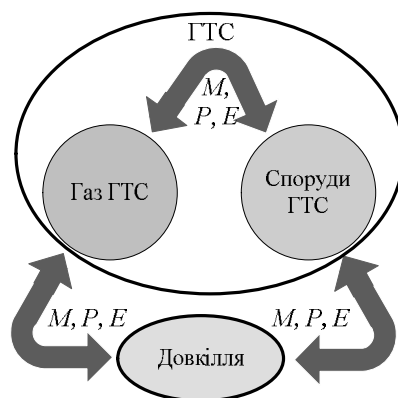


Рис.2 Взаємодія підсистем ГТС і довкілля

Компресорні станції передають газовій підсистемі ГТС імпульс та енергію та відбирають з неї масу (паливний газ). Газ ГТС взаємодіє зі спорудами через внутрішню поверхню трубопроводів, газоперекачувальних агрегатів, поверхню пор пластів ПСГ тощо, обмінюючись із цією підсистемою імпульсом та енергією внаслідок дії сил тиску та тертя на цих поверхнях, а також процесу теплопередачі.

Керують процесом транспортування газу зміною конфігурації системи, режимів роботи компресорних станцій та ПСГ. Змін режимів роботи компресорних станцій досягають збільшенням (зменшенням) кількості увімкнених газоперекачувальних агрегатів, регулювання потужності, яку вони споживають. Наслідком цього є зміни швидкості обертання агрегатів, ступеня стиснення газу, який створює компресорна станція, а відтак — зміни величини імпульсу, механічної та теплової потужностей, які станція віддає в газову підсистему.

Слід підкреслити, що силова дія газової підсистеми на внутрішні поверхні споруд ГТС (сили тиску і тертя) спричиняє механічні напруження в металі споруд. Процеси теплообміну в системі “газ ГТС – споруди ГТС – довкілля” призводять до виникнення температурних напружень. До того ж силова дія зовнішнього середовища (тиск та зміщення ґрунтів, зміщення опор трубопроводів, вітрові навантаження тощо) і теплообмін з довкіллям також можуть спричинити напруження в металі трубопроводів. Напружено-деформований стан, зумовлений зазначеними процесами, може спричинити пластичні деформації в металі, сприяти виникненню та розвитку структурних дефектів (тріщин, розшарувань, розривів суцільності), корозійних пошкоджень тощо.

До загальної характеристики ГТС України додамо, що її газотранспортні магістралі споруджені за різними технологіями із використанням труб різних виробників, які відрізняються за технологією виготовлення, механічними властивостями металу, діаметром та товщиною стінки. На компресорних станціях використовуються газоперекачувальні агрегати різних типів (поршневі компресори, газотурбінні та електроприводні газоперекачувальні агрегати). До того ж більшість об’єктів ГТС експлуатуються впродовж тривалих періодів. Внаслідок цього механічні властивості металу споруд ГТС, стан їхніх внутрішніх поверхонь, від якого залежать енергетичні затрати на транспортування газу, залишковий ресурс різних споруд ГТС часто є відомі лише наближено.

Враховуючи результати аналізу, розглядатимемо інженерно-технічний комплекс газотранспортної системи (ІТК ГТС) як нелінійну керовану динамічну систему з розподіленими параметрами, для якої характерні значні розміри та інерційність, дія розподілених і зосереджених керуючих впливів, значна невизначеність значень внутрішніх параметрів і зовнішніх чинників. Визначальними для функціонування системи є процеси перенесення маси, імпульсу та енергії газовими сумішами, силова та тепла взаємодія газу ГТС зі спорудами ГТС, обмін масою, імпульсом і енергією з довкіллям.

ГТС як виробничо-бізнесовий комплекс (ВБК ГТС), крім інженерно-технічної складової, містить й інші складові, необхідні для його ефективного функціонування. Це організаційна структура, виробничий та інтелектуальний потенціали, матеріальні та фінансові ресурси (рис. 3).

Організаційна структура ВБК ГТС об'єднує центральні та регіональні органи управління газотранспортною системою, структурні підрозділи, які забезпечують технологічні процеси, експлуатацію споруд ГТС тощо. Виробничий та інтелектуальний потенціали формують засоби виробництва, колективи робітників, інженерно-технічних працівників, службовців, науковців, керівників усіх ланок. До цієї ж складової відноситимемо інформаційні ресурси, накопичені знання, know how, вміння, практичні навички та досвід роботи працівників, систему підготовки та перепідготовки кадрів тощо.

Управління роботою ВБК ГТС здійснюється з використанням цих складових, дотримуючись певних правил, визначених законами та нормативними документами, і прагнучи задовольнити певні критерії (економічна ефективність роботи, технічний стан ГТС, екологічна безпека та інші).

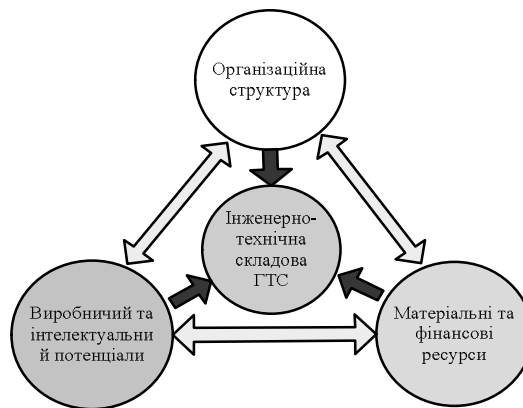


Рис.3. Структура ВБК ГТС

## 2. Структура та функції управління ГТС

Управління газотранспортною системою має на меті:

- гарантоване постачання природного газу з входів системи на її виходи в заданих обсягах;
- підтримання системи у технічному стані, який забезпечує гарантоване постачання природного газу з її відходів на виходи в заданих обсягах;
- забезпечення заданого рівня екологічної безпеки;
- отримання максимального прибутку від роботи ГТС.

Оскільки ГТС є гетерогенною системою, яка складається із різномірних за своєю природою складових (рис. 2), то при реалізації функцій управління необхідно враховувати взаємодію різномірних процесів. Виділимо чотири різномірні групи процесів, які визначають функціонування ВБК ГТС: а) бізнес-процеси; б) технологічні процеси; в) газодинамічні та термодинамічні процеси; г) інформаційні процеси (рис. 4).

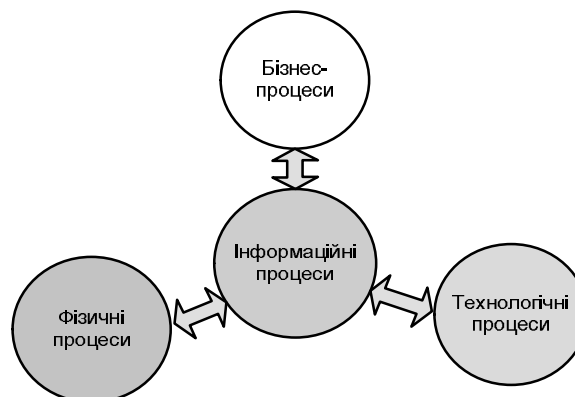


Рис. 4. Взаємодія процесів ВБК ГТС

Внаслідок реалізації бізнес-процесів відбувається формування: а) транспортних навантажень на ГТС; б) внутрішніх і зовнішніх фінансових потоків; в) внутрішніх і зовнішніх потоків матеріальних ресурсів; г) планів розвитку організаційної структури та інфраструктури ГТС; д) планів розвитку інтелектуального потенціалу; е) оцінок бізнес-ризиків. Крім того, бізнес-процеси визначають реалізацію технологічних процесів у частині їх планування, управління і контролю.

Одним із результатів дії бізнес-процесів є завдання, на основі яких формуються технологічні процеси. Ця група процесів визначає роботу ІТК ГТС загалом: а) розподіл газових потоків у мережі; б) керування усім технологічним устаткуванням лінійної частини, компресорних станцій, ПСГ; в) проведення технічного обслуговування, аварійно-відновлювальних робіт, реконструкції тощо; г) керування технологічними й екологічними ризиками.

Реалізація технологічних процесів у ІТК ГТС супроводжується фізичними процесами, які відбуваються у газі ГТС, у спорудах ГТС та довкіллі. До таких процесів належать: а) термодинамічні, газодинамічні, фільтраційні та дифузійні процеси в газі ГТС; б) процеси теплопровідності, деформації, старіння, деградації властивостей та руйнування металу споруд ГТС і пластів ПСГ; г) техногенні процеси в довкіллі (повітряний і водний басейни, ґрунти, геологічні пласти, флора і фауна), зумовлені функціонуванням ГТС.

Слід підкреслити, що рівень навантажень на ІТК ГТС, які визначаються бізнес-процесами, впливають на інтенсивність фізичних процесів, а відтак — на швидкість зношування споруд ГТС і техногенний вплив на довкілля. Для компенсації цих впливів на споруди ГТС і довкілля необхідно вживати певних заходів, які вимагають капіталовкладень, використання матеріальних і людських ресурсів. Тобто існує зворотний зв'язок між бізнес-процесами та фізичними процесами.

Інформаційні процеси відповідальні за: а) відбір та нагромадження даних про параметри: 1) фізичних процесів, які відбуваються у газі ГТС, спорудах ГТС та довкіллі; 2) технологічних процесів, які реалізуються в системі; 3) стану технологічного устаткування (споруд ГТС); 4) матеріальних і фінансових потоків та економічної ефективності роботи ГТС; 5) стану та тенденцій розвитку виробничого та інтелектуального потенціалів; б) підтримання інформаційних потоків між підсистемами ВБК ГТС (див. рис.3) та процесами, які циркулюють у цій системі (див. рис. 4); в) реєстрацію в журналах аудиту вчинених в системі управлінських дій, які важливі з погляду фінансової, технологічної або екологічної безпеки; г) обміну інформацією із зовнішніми джерелами; д) формування баз даних і баз знань на основі інформації, отриманої із внутрішніх і зовнішніх джерел та їх підтримки; е) надання інформаційних сервісів за запитами користувачів та інші.

Подамо структуру управління ГТС у вигляді сукупності чотирьох напрямків (рис.5).

Управління бізнес-процесами має на меті: а) досягнення максимальної економічної ефективності роботи ВБК 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 транспортуванням газу має на меті реалізацію технологічних процесів, які забезпечують: а) точне виконання зобов'язань, взятих перед постачальниками і споживачами природного газу; б) мінімальні втрати газу та витрати паливно-енергетичних ресурсів, б) мінімальне зношування споруд ГТС; в) мінімальне забруднення атмосферного та водного басейнів, ґрунтів і геологічних пластів шкідливими викидами, максимальний рівень технологічної і екологічної безпеки. Досягають цієї мети, керуючи конфігурацією мережі, режимами роботи компресорних станцій та підземних сховищ газу, а також управлінням виробничим та інтелектуальним потенціалами, які є у розпорядженні диспетчерської служби та інших підрозділів.

Управління інформаційними процесами має на меті підтримання інформаційної системи у стані, який забезпечує: а) відбір та нагромадження об'єктивних даних у обсягах, необхідних для надійного управління технологічними та бізнес-процесами; б) обмін інформацією між підсистемами, в реальному часі; в) оперативне надання інформаційних послуг користувачам усіх груп відповідно до їх потреб. Досягають мети, вибираючи належну структуру інформаційної системи, адаптуючи її до актуальних потреб управління,

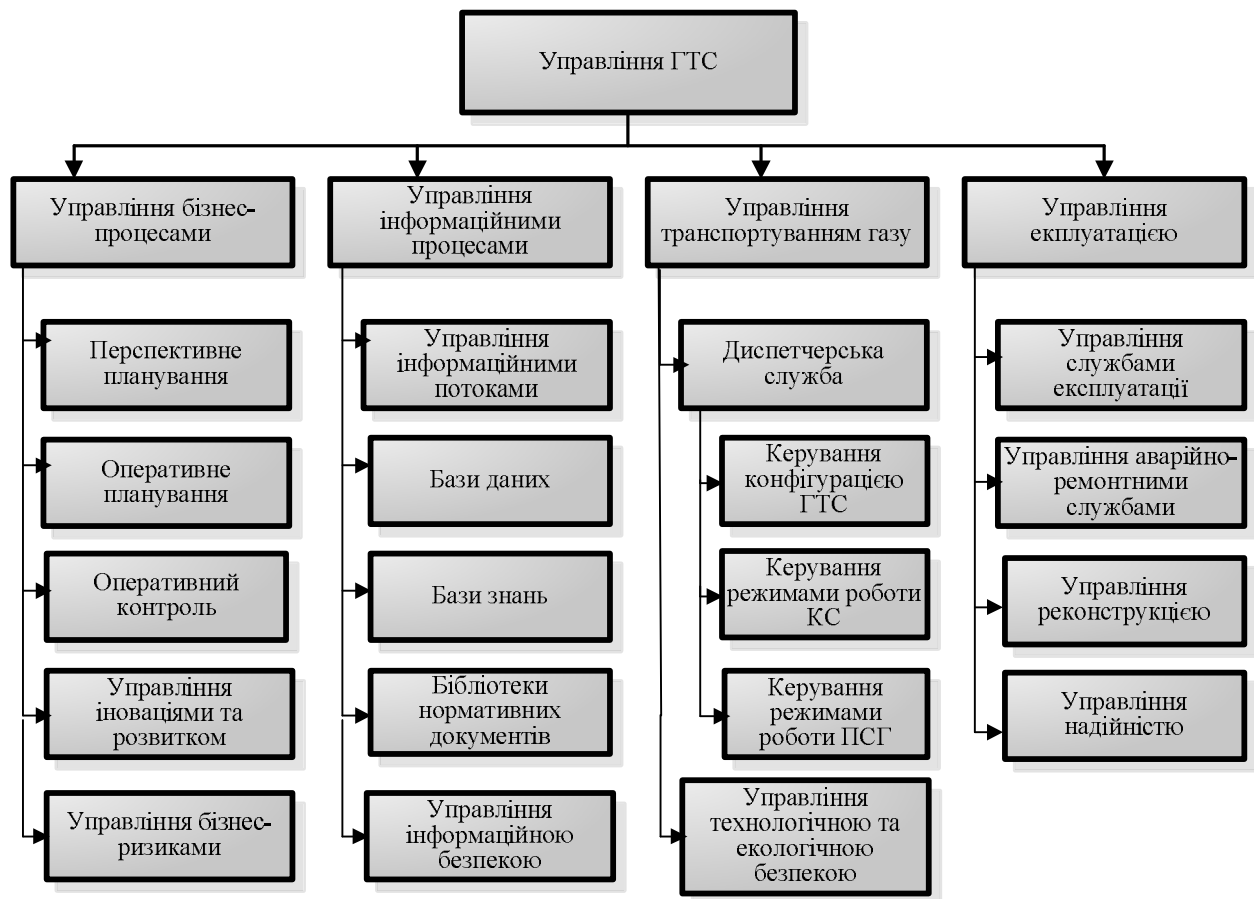


Рис.5. Структура управління ВБК ГТС

### 3. Структура програмно-технічного комплексу для автоматизації управління ВБК ГТС

Отже, розглядаємо ВБК ГТС як сукупність чотирьох складників: а) організаційна структура, б) матеріальні та фінансові ресурси; в) інтелектуальний та виробничий потенціали; г) ІТК ГТС. Процеси, які визначають функціонування ВБК ГТС, поділяємо на чотири категорії: а) бізнес-процеси; б) інформаційні процеси; в) технологічні процеси; д) фізичні процеси. Складники ВБК ГТС взаємодіють, обмінюючись інформацією, а також матеріальними, фінансовими, виробничими та інтелектуальними ресурсами. Взаємовплив визначальних процесів різних категорій робить ці процеси взаємопов'язаними: бізнес-процеси формуються на основі інформаційних процесів та ініціюють технологічні процеси, які, своєю чергою, взаємно пов'язані із фізичними та інформаційними процесами. Фізичні процеси впливають на зношування споруд ГТС, а відтак на технологічні процеси. Для компенсації впливу фізичних процесів на стан споруд ГТС необхідні спеціальні заходи, які реалізують із залученням бізнес-процесів.

Така модель ВБК ГТС як об'єкта управління дозволяє розділити проблему його автоматизації на проблеми створення ПТК для автоматизації окремих напрямків управління та проблеми взаємодії між ПТК напрямків.

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

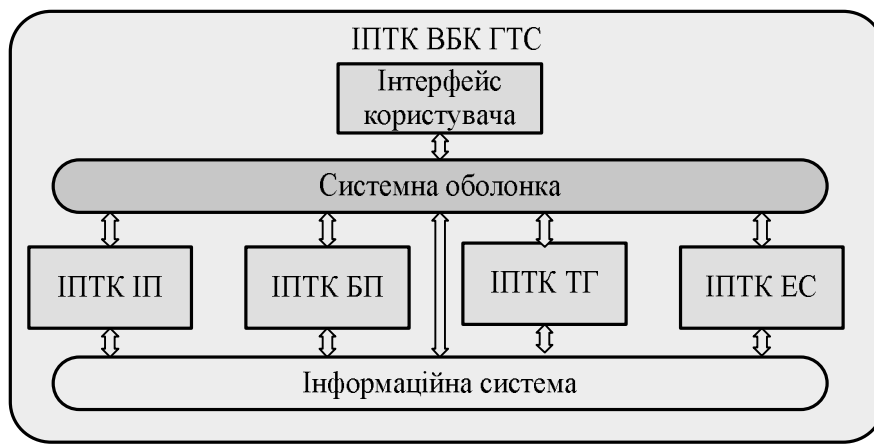


Рис.6 Структура інтегрованого програмно-технічного комплексу для автоматизації управління ВБК ГТС

Інтерфейс користувача ПТК надає доступ до функцій усіх ПТК, обчислювальних та інформаційних ресурсів, а також зовнішніх пристроїв, залежно від потреб конкретного користувача. Інтерфейс автоматично налаштовується під зареєстрованого користувача, згідно із його потребами і роллю, яку він виконує в системі у цьому сеансі взаємодії з ПТК.

Системна оболонка реалізує функції керування обліковими записами користувачів (реєстрація, авторизація, ідентифікація, автентифікація), доступом прикладних процесів, які виконуються ПТК, до спільних інформаційних і обчислювальних ресурсів, а також до периферійних пристроїв, захищає інформацію 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 окремих напрямів реалізують функції, необхідні для автоматизації відповідних напрямків управління. Їхня робота ґрунтується на математичних моделях та алгоритмічному забезпеченні, специфічних для кожного напрямку управління. Структуру ПТК показано на рис. 8.

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

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

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

Підсистема підтримки рішень дає змогу ухвалювати обґрунтовані управлінські рішення за результатами розв'язування задач інформацією, отриманою 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 подання результатів розв'язування задач і прийнятих рішень на екрані чи твердих носіях, формування відповідних документів в електронній формі і збереження їх в інформаційній системі для подальшого використання.

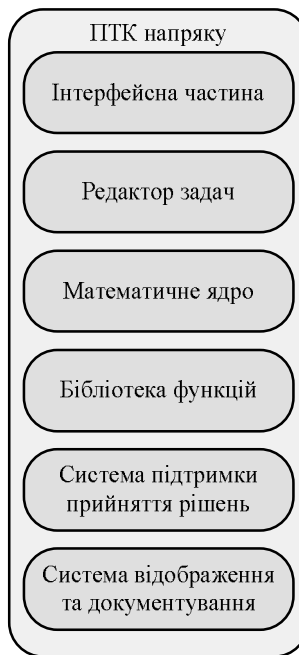


Рис. 7. Структура ПТК напряму управління

Інформаційні ресурси містять дані, необхідні для функціонування усіх ПТК. ПТК напрямів містять функції для тематичного оброблення даних згідно із потребами управління цим напрямом. Інформація, отримана в результаті такого оброблення, нагромаджується у спільних інформаційних ресурсах, поповнюючи бази знань та репозиторії документів за напрямками управління. Варіант структури інформаційної системи показано на рис. 8.

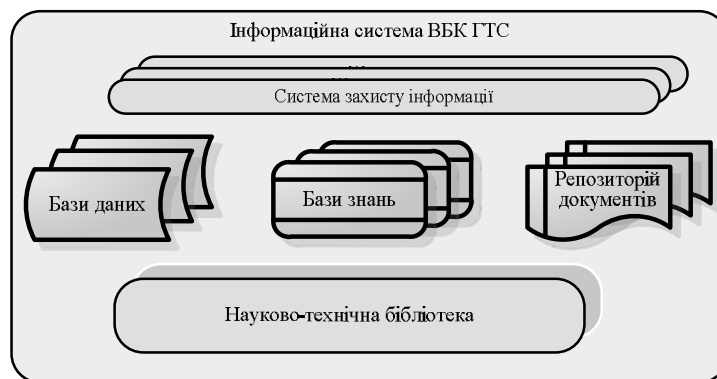


Рис. 8. Структура інформаційних ресурсів ВБК ГТС

#### 4. Про реалізацію ПТК

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

Розробленням функційних моделей встановлюють функціональність кожної підсистеми, визначаючи множини її вхідних та вихідних параметрів, параметрів керування та механізмів реалізації. З цією метою можна застосувати методологію функційного моделювання IDEF0 [7].



Побудова математичних моделей передбачає: а) встановлення визначальних процесів визначення; б) параметрів стану об'єктів управління для кожного напрямку; в) побудову визначальних співвідношень, які пов'язують параметри стану; г) формулювання рівнянь, які описують зміну стану, д) встановлення початкових та крайових умов системи. Моделі будують, використовуючи підходи та методи, характерні для предметної галузі кожного ПТК. Так, наприклад, для ІТК ГТС визначальними процесами, як зазначалося, є термодинамічні процеси в газі та спорудах ГТС, процеси перенесення маси імпульсу і енергії, а також дифузійно-фільтраційні процеси в газі ГТС, процеси теплообміну, деформування, деградації властивостей та руйнування металу споруд ГТС тощо. Для опису цих процесів необхідні моделі: а) структури ІТК ГТС; б) перенесення маси, імпульсу та енергії в газі ГТС; в) напружено-деформованого стану, міцності; г) надійності елементів конструкцій ІТК ГТС.

У межах побудованих моделей можна формулювати задачі: а) прогнозування наслідків конкретних управлінських дій; б) розподілу газових потоків в ГТС; в) розрахунку потоків фінансових, матеріальних та інтелектуальних ресурсів; г) оцінювання економічної ефективності роботи ВБК ГТС; д) оптимізації структури ІТК ГТС, організаційної структури ВБК ГТС, фінансових ресурсів та виробничого й інтелектуального потенціалів; д) оптимізації технологічних процесів, бізнес-процесів, фінансових потоків, потоків матеріальних ресурсів та інтелектуального потенціалу тощо.

Запропонована структура ШТК дає змогу розпаралелювати процес його реалізації. Процеси створення ПТК для усіх чотирьох напрямків управління, інтерфейсу користувача, системної оболонки та інформаційної системи можна здійснювати незалежно. Створені ПТК напрямів можна доповнити системною оболонкою, інформаційною системою та інтерфейсом користувача і отримати так завершену систему для автоматизації відповідного напрямку управління. Після тестування та дослідної експлуатації усіх ПТК їх можна інтегрувати, створивши цілісну систему — ШТК для автоматизації управління ВБК ГТС.

### **Висновки**

Газотранспортна система як об'єкт управління є відкритою гетерогенною системою, що поєднує в єдине ціле: а) ІТК ГТС; б) організаційну структуру; в) виробничий та інтелектуальний потенціали; г) матеріальні й фінансові ресурси. Процеси, які визначають функціонування цієї системи, можна поділити на чотири групи: інформаційні, бізнес-процеси, технологічні процеси, фізичні процеси. Процеси в кожній із груп взаємодіють між собою та процесами інших груп. ВБК ГТС взаємодіє із зовнішнім середовищем, обмінюючись із ним масою, енергією та імпульсом, а також інформацією, фінансовими потоками, матеріальними, виробничими та інтелектуальними ресурсами.

Основними цільовими функціями управління ВБК ГТС є: а) гарантоване постачання природного газу з входів системи на її виходи в заданих об'ємах; б) забезпечення заданого рівня екологічної безпеки; в) підтримання системи у технічному стані, який забезпечує виконання пунктів (а) та (б); г) отримання максимального прибутку від роботи ГТС. Управління цією системою можна поділити на чотири напрями: а) управління бізнес-процесами; б) управління інформаційними процесами; в) управління транспортуванням газу; в) управління експлуатацією споруд ГТС.

Відповідно до цього запропонована структура інтегрованого програмно-технічного комплексу для управління ВБК ГТС містить чотири програмно-технічні комплекси, кожен із яких призначений для автоматизації управління за певним напрямом. ПТК напрямів поєднано єдиним інтерфейсом користувача та спільними інформаційними ресурсами. Системна оболонка, яка керує роботою ШТК, підтримує для кожного користувача віртуальне обчислювальне середовище, в якому він отримує доступ до обчислювальних та інформаційних ресурсів ШТК, а також до функцій будь-якого із ПТК залежно від його потреб та ролі, яку він виконує в ВБК ГТС.

Реалізації ШТК мають передувати формування визначальних процесів для усіх складових комплексу, побудова їхніх математичних моделей та формулювання в межах цих моделей задач, специфічних для кожного ПТК, а також розроблення алгоритмів для їхньої реалізації.

*1. Тевяшев А.Д., Набатова С.Н., Фролов В.А. Системный анализ проблемы повышения надежности поставок природного газа потребителям газотранспортных систем // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2006. – 6/2 ( 24 ) – С. 33–37. 2. Панкратов В.С., Герке В.Г.,*

Сарданашивили С.А., Митичкин С.К. Комплекс моделирования и оптимизации режимов работы ГТС.– М.: ООО ИРЦ Газпром, 2002. 3. Химко М.П., Фролов В. А., Павленко В.А., П'янило Я.Д., Притула Н.М. Розрахунок параметрів газотранспортних систем // Науково-виробничий журнал України “Нафтова і газова промисловість”. – 2006. – № 3. – С. 33–37. 4. Тевяшев А.Д., Тевяшева О.А., Фролов В.А. Стохастичний підхід до оцінювання ступеня технологічної стійкості режимів роботи газотранспортних систем // Науково-виробничий журнал України “Нафтова і газова промисловість”. – 2006. – № 4. – С.49–52. 5. Борисенко В., Пономарев Ю., Борисенко Т. Интегрированный моделирующий комплекс поддержки принятия решений в комплексной корпоративной системе управления магистральной газотранспортной сетью// International Book Series "Information Science and Computing" сс. 123–130. 6. Чекурін В. До побудови програмної системи для моделювання та оптимізації процесів транспортування природного газу// Фізико-математичне моделювання та інформаційні технології, 2007, №5, – С. 158–169. 7. Integration Definition for Function Modeling (IDEF0).— Federal Information Processing Standards Publication 183, Computer Systems Laboratory, National Institute of Standards and Technology, 1993. (<http://www.idef.com>)

УДК 681.325

А.Е. Лагун, І.І. Лагун

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

## ВИКОРИСТАННЯ ВЕЙВЛЕТ-ПЕРЕТВОРЕННЯ ДЛЯ ПРИХОВУВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ В НЕРУХОМИХ ЗОБРАЖЕННЯХ

© Лагун А. Н., Лагун І.І., 2013

Наведено результати досліджень щодо використання вейвлет-перетворення для приховування інформації в цифрових зображеннях. Приховано цифрові водні знаки у гладких областях зображення за допомогою вейвлетів Добеші і отримано стегозображення високої якості. Також проаналізовано вплив рівнів розкладання контейнера зображення на якість приховування цифрового водяного знака. Також визначено можливості застосування різних типів вейвлет-перетворень у стеганографії.

**Ключові слова:** дискретне малохвильове перетворення, стеганографія, цифровий водяний знак, стегозображення.

**The paper presents the outcomes of research on the use of wavelet transform for hiding information in digital still images. Hiding digital watermarks in smooth areas of an image using Daubechies wavelets was carried out and high-quality steganographic images were obtained. The influence of the level of decomposition of image container on the quality of the digital watermark hiding was analysed. The paper also outlines applicability of different types of wavelet transforms in steganography.**

**Key words:** discrete wavelet transform, steganography, digital watermarking, stego.

### Вступ

Розвиток засобів цифрової обчислювальної техніки дав поштовх для розвитку комп'ютерної стеганографії, яка ґрунтується на вбудовуванні секретного повідомлення в цифрові дані, що, як правило, мають аналогову природу (аудіозаписи, зображення, відео).

Стегосистема – сукупність засобів і методів, які використовують для формування прихованого каналу передавання інформації [1]. Основним призначенням стегосистеми є “не стільки приховування секретних даних, скільки передавання з основною інформацією додаткової, взагалі не секретної, котру не можна видалити без значного погіршення якості основного повідомлення і на підставі прийому якої здійснюється процедура ідентифікації і/або верифікації основного повідомлення”. Загальну структуру стегосистеми наведено на рис. 1.