

радио, 1977. – 383 с. 3. Базилевич Р.П. Алгоритмические и программные средства для размещения разногабаритных элементов на конструктиве / Р.П. Базилевич, И.Ф. Щерб'юк // Автоматизация проектирования дискретных систем (НАН Республики Беларусь). – Минск, Беларусь, 2007. – № 6. – С. 157–164. 4. Базилевич Р.П. Оптимізація розміщення елементів методом точкового сканування / Р.П. Базилевич, І.Ф. Щерб'юк // Комп'ютерні технології друкарства: алгоритми, сигнали, системи. – 2000. – № 4. – С. 179–182. 5. Базилевич Р.П. Низхідне розміщення різногабаритних елементів з оптимізацією методом сканувальної області / Р.П. Базилевич, І.Ф. Щерб'юк // Вісн. Нац. ун-ту "Львівська політехніка". – 2002. – № 468: Комп'ютерна інженерія та інформаційні технології. – С. 34–37. 6. Bazylevych R. VLSI and PCB elements placement optimizing using hierarchical scanning area method / R. Bazylevych, T. Telyuk // 42 Intern.Wissenschaftliches Kolloquium. 22–25.09.1997, Band 1, Technische Universitat Ilmenau, 1997. – P. 594–599.

УДК 622.692.4+622.691.24

Н. Притула<sup>1,2</sup>, О. Гринів<sup>1</sup>, В. Ямнич<sup>1</sup>, М. Притула<sup>1,2</sup>, О. Химко<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ТОВ “Математичний центр”,

<sup>2</sup> Центр математичного моделювання  
ІППММ ім. Я.С. Підстригача НАН України,

<sup>3</sup> Національний університет “Львівська політехніка”,

## СИСТЕМА РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ МАГІСТРАЛЬНИХ ГАЗОПРОВІДІВ

© Притула Н., Гринів О., Ямнич В., Притула М., Химко О., 2010

Побудована математична модель структури газотранспортної системи, яка дала можливість сформулювати вимоги до програмних засобів створення технологічних схем. Розроблено швидкі алгоритми аналізу, синтезу та еквівалентування технологічних схем. Наведено функціональні можливості розробленого автоматизованого робочого місця розробника технологічних схем.

**Ключові слова:** технологічна схема, розрахункова схема, газотранспортна система, компресорна станція, конвертація технологічних схем, технологічні об'єкти.

**The mathematical model of gas-transport system structure that made it possible to formulate requirements for technological schemes creation software was constructed. Fast analysis, synthesis and equivalence algorithms were developed. The technological schemes creator developed automated workstation functionality is presented.**

**Keywords:** scheme, design scheme, the gas transportation system, compressor station, conversion of technological schemes, technological objects.

### Вступ

Традиційно схеми в нафт-газовій галузі діляться на технологічні, розрахункові та потокові [1, 2]. Технологічні схеми є найдетальнішими і вони відображають реальну структуру газотранспортної системи. Основою об'єктно-орієнтованих технологічних схем є база даних графічних об'єктів, узгоджена і вивірена у виробничих підрозділах, яка використовується для візуалізації і роздрізу окремих ділянок технологічних схем.

Розрахункові схеми створюються на базі технологічних схем, єдиних класифікаторів технологічних об'єктів і повинні застосовуватися для виконання режимно-технологічних, іденти-

фікаційних розрахунків, визначення запасів газу в трубопроводах тощо. До складу об'єктів розрахункових схем входить опис елементів, які потрібно врахувати у режимно-технологічних розрахунках (трубопроводи, компресорні цехи, запірні і регулювальні арматури, підземні газосховища, родовища тощо).

Потокові схеми є агрегованими схемами газопроводів для відображення розподілу потоків газу по газотранспортних системах. Такі схеми створюються для використання як в системах відображення диспетчерської інформації, так і в програмних комплексах балансово-потоків розрахунків.

У роботі зроблена спроба вище вказані типи схем об'єднати в єдине ціле. У такому разі не потрібні роботи з розроблення систем інформаційного зв'язку між різними типами схем та систем підтримки різнотипних схем в актуальному стані.

Основним завданням під час розроблення технологічних схем є забезпечення достатньої точності топології на всій протяжності магістральних газопроводів (МГ). Для розв'язування цієї задачі розроблено комплекс автоматизованих робочих місць (АРМів) для роботи з технологічними схемами (ТС) [3, 4]. Всі АРМи ТС мають зв'язок із АРМами диспетчерів. Головними принципами створення і настроювання технологічних схем на АРМах розробників ТС є уніфікація елементів і єдині технологічні стандарти у всіх підрозділах ДК "Укртрансгаз", основані на технічних вимогах із формування і супроводження технологічних схем у заданому форматі. Вказаний принцип дає змогу оперативно і регулярно формувати, редагувати технологічну схему всієї ГТС.

Для розроблення автоматизованих робочих місць потрібно виконати такі основні роботи:

- розроблення вимог до технологічних схем та принципів створення багаторівневих технологічних схем;
- побудова єдиної системи класифікації, кодування та графічного відображення технологічних об'єктів ГТС (лінійна частина, запірні і регулювальні арматури, ГПА, вимірювальна апаратура, об'єкти переробки газу тощо);
- структурування базових задач для здійснення параметричного опису об'єктів і процесів у ГТС;
- побудова логічної структури даних газотранспортної системи, вивчення інформаційних потоків, побудова логічної структури даних газотранспортної системи та фізичної структури ГТС;
- розроблення вимог до програмних засобів, які забезпечують ефективне створення технологічних схем ГТС, КС, ПСГ;
- розроблення автоматизованої системи конвертації графічних даних технологічних схем, що зберігаються у файлах формату .dwg (AutoCAD).

Розроблення технологічних схем виконано на основі математичної моделі структури ГТС.

### Математична модель структури ГТС

Математичною моделлю структури ГТС є частково орієнтований без петель, не обов'язково зв'язний граф  $G = (V, E)$ , який складається зі скінченної кількості вершин  $V$  і ребер  $E$ . Кожне ребро визначається парою вершин. Для позначення вершин графа будемо використовувати символи  $u_1, u_2, \dots, u_n$ , а для позначення ребер – їх пари  $(u_i, u_j)$ . Ребра з однаковими вершинами називають паралельними. Якщо вершини  $u_i, u_j$  з'єднані лише одним ребром, то це ребро позначатимемо  $(i, j)$ .

Множина  $V$  є об'єднанням множин вершин  $V_1, V_2, V_3$ , які називаються вхідними, вихідними і внутрішніми, відповідно. Внутрішні вершини графа  $G = (V, E)$  ГТС – це місця з'єднання трубопроводів і різнотипних об'єктів, поворотів, відгалужень. Вершини  $V_1$  і  $V_2$  є відповідно притоками і відборами газу. Всі інші об'єкти, які характеризуються протяжністю, називають ребрами (трубопроводи, КС, запірні та регулювальні арматури, апарати повітряного охолодження (АПО), сепаратори тощо).

Граф технологічної схеми ГТС  $G = (V, E)$  подамо як об'єднання незв'язних підграфів  $G_i = (V_i, E_i)$  які покривають повністю граф  $G = (V, E)$ , за винятком ребер типу КС і в кожного з

яких хоча б один вхід чи вихід є вершиною входу чи виходу деякої компресорної станції. Кожен з таких підграфів назвемо керованим.

Означимо операції над графами, які необхідні для побудови математичної моделі ГТС. В об'єднання множин один і той самий об'єкт, незалежно від його типу, входить тільки один раз. Об'єднанням графів  $G_1$  і  $G_2$  ( $G_1 \cup G_2$ ) є граф  $G_3 = (V_1 \cup V_2, E_1 \cup E_2)$ . Перетином графів  $G_1$  і  $G_2$  ( $G_1 \cap G_2$ ) є граф  $G_3 = (V_1 \cap V_2, E_1 \cap E_2)$ . Пара вершин  $u_i$  і  $u_j$  у графі  $G$  замикається (ототожнюється), якщо ця пара замінюється такою новою вершиною, що всі ребра, інцидентні  $u_i$  і  $u_j$ , у графі  $G$ , стають інцидентними новій вершині. Під стягуванням у графі  $G$  розумітимемо операцію викидання ребра  $(u_i, u_j)$  й ототожнення вершин  $u_i$  і  $u_j$ . Граф  $G$  є стягуваним до графа  $H$ , якщо  $H$  можна одержати з  $G$  послідовністю стягувань. Умови стягування та ототожнення є такими: розраховані тиски в контрольованих вершинах у графах  $G$  і  $H$  є рівними і відрізняються на величину, співмірну з точністю методу; не збільшується кількість контурів; після розрахунку параметрів газопотоків у графі  $H$  можна відновити параметри газопотоків, із заданою точністю, в графі  $G$ ; сумарні затрати паливного газу для заданого режиму відрізняються на величину, співмірну з точністю ідентифікації характеристик ГПА; зміна сумарного акумульованого газу для обох графів дорівнює з точністю його розрахунку.

Вважаємо, що кожен об'єкт типу вершина чи ребро в ГТС мають унікальні номери, які при перетворенні графа  $G$  ГТС не змінюються. Вихідна технологічна граф-схема  $G$  є єдиною. Якщо існує інша технологічна граф-схема ГТС, то вона є ізоморфною або отримана із  $G$  застосуванням операцій стягування.

Вказані операції необхідні, насамперед, для зменшення розмірності систем рівнянь, які описують газодинамічні процеси в ГТС. Результатом операцій над графом є зменшення кількості елементів у графі, що, своєю чергою, впливає на розмірність відповідної системи рівнянь моделі. Окрім цього це дає змогу покращити, а в багатьох випадках забезпечити збіжність методу їх розв'язування.

Математична модель газотранспортної системи формується на основі математичної моделі структури ГТС, моделей газових потоків у технологічних об'єктах, умовах Кірхгофа.

**Автоматизоване робоче місце розробника технологічних схем** є програмним продуктом, який призначений для створення, редагування і перегляду технологічних схем МГ і забезпечення роботи кранового журналу, журналу вогневих робіт і АРМу диспетчера. Формування схем за допомогою цього АРМу виконує диспетчер чи технолог. Розроблено і програмно реалізовано такий набір АРМ панелей інструментів: АРМ технологічних схем; АРМ вогневих робіт; АРМ кранів.

Система меню АРМа ТС – це комплекс налаштованих меню, сервісних програм та уніфікованих графічних зображень із набором атрибутів. Оперативне поновлення графічної інформації є основою актуальності ТС. Технологічна схема повинна формуватися, збиратися і налаштовуватись автоматично в кожен режимний час. За необхідності час циклу актуалізації ТС можна буде змінювати.

**Панель інструментів "АРМ технологічних схем" дає змогу:**

- завантажувати схему із БД, редагувати схему, зберігати зміни у схемі у БД;
- формувати і передавати дані про зміни у схемі на вищі рівні (з ЛВУМГ в УМГ, або з УМГ в ОДУ);
- отримувати оновлення схем інших підрозділів;
- переглядати зміни між версіями схеми.

**Панель інструментів "АРМ вогневих робіт" дає змогу:**

- створювати та редагувати план виконання вогневих робіт;
- передавати дані про плани виконання вогневих робіт на вищий рівень;
- формування і роздрук документа виконання вогневих робіт;
- переглядати зміни на схемі після кожної з вогневих робіт.

**План вогневих робіт містить такі блоки інформації:**

- загальні відомості вогневої роботи;

- інформація про персонал;
- послідовність роботи;
- заходи з техніки безпеки.

Реалізовано також допоміжні програмні засоби, зокрема, для усіх текстових полів існує функція швидкого їх заповнення.

***Панель інструментів “АРМ кранів” дає змогу:***

- переглядати історію зміни стану кранів ("закритий", "відкритий");
- змінювати стан кранів;
- надсилати файл станів кранів на вищій рівень;
- оновлювати стан кранів.

На основі описаних панелей інструментів, для зручності роботи диспетчера розроблено і програмно реалізовано такий набір команд:

- АРМ технологічних схем (завантажує схему відповідного підрозділу із БД, активізує панель інструментів "АРМ технологічних схем");
- АРМ технологічних схем (загальна) (завантажує схему з усіма підрозділами, які наявні в БД, активізує панель інструментів "АРМ технологічних схем");
- АРМ вогневих робіт (завантажує схему відповідного підрозділу, активізує закладку для редагування вогневих робіт та панель інструментів "АРМ вогневих робіт");
- АРМ кранів (завантажує схему відповідного підрозділу, таблицю кранів, активізує панель інструментів "АРМ кранів");
- АРМ кранів (загальна) (виконує дії, аналогічні "АРМ кранів", але завантажує всю схему);
- АРМ кранів (підсхеми) (виконує дії, аналогічні "АРМ кранів", але завантажує вибрану підсхему (наприклад, схема КС)).

***Відображення на технологічних схемах*** параметрів із журналу диспетчера дає змогу повніше оцінити ситуацію, особливо в нештатних ситуаціях. Програма зв'язку ТС і ЖД дасть змогу побачити режим на схемі за відсутності телемеханіки. АРМи диспетчерів і система підтримки ТС в актуальному стані будуть інтегровані з комплексом розрахункових задач. Це уможливить глибокий аналіз режимних даних, ідентифікацію стану окремих об'єктів, дасть змогу виконувати режимно-технологічні розрахунки, аналізувати динаміку процесів і на цій основі формувати управлінські рішення.

Складовою частиною АРМу технологічних схем є редактор схем.

***Розглянемо основні функціональні можливості редактора схем:*** всі схеми, які розробляються, повністю об'єктно-орієнтовані; схеми верхнього рівня формуються повністю зі схем нижнього рівня; деякі об'єкти, обв'язки ГПА, “гребінка” на ПСГ і т.д. на верхньому рівні можуть бути замінені гідравлічними еквівалентами, які не вплинуть на зміну поточкорозподілу і його параметрів у системі; на всіх рівнях схем використовуються одні й ті самі графічні символи об'єктів для кожного класу; всі технологічні об'єкти системи мають єдину адресацію, тобто код одного і того самого об'єкта на всіх схемах збігається.

### **Реалізація БД**

Для збереження інформації про технологічні схеми ГТС України використано СУБД Oracle.

Розроблено і програмно реалізовано БД для рівнів ОДУ, УМГ, ЛВУМГ.

БД редагується (зміна топології, характеристик об'єктів) на рівнях УМГ і ЛВУМГ.

**Рівень ОДУ.** На рівні ОДУ створено одну базу даних. Зміни в схемі отримуються з рівня УМГ і автоматично записуються в базу даних рівня ОДУ. Розроблено і програмно реалізовано підтримку версій технологічної схеми. Під час кожної обробки змін, надісланих з певного УМГ, створюється резервна копія попередньої версії частини схеми, що відповідає цьому УМГ. Отже, передбачено можливість контролю змін у кожному УМГ або ЛВУМГ окремо і повернення схеми до стану будь-якої попередньої версії для кожного УМГ або ЛВУМГ.

**Рівень УМГ.** Для кожного УМГ створено окрему базу даних. У ній зберігається технологічна схема всієї ГТС України. Редагувати схему можна тільки у межах цього УМГ. Розроблено і програмно реалізовано підтримку версій технологічної схеми. Під час кожної зміни схеми в базі

даних створюються копії попередніх версій схеми для ЛВУМГ, дані яких були змінені. Передбачено можливість скасування змін, зроблених в останніх версіях, і повернення до певної версії схеми. Обмін даними рівня УМГ з рівнем ОДУ реалізовано двома функціями:

- переслати в ОДУ зміни в схемі, здійснені в цьому УМГ;
- отримати з ОДУ зміни в схемі, зроблені в решті УМГ.

Зміни пересилаються у вигляді файлів електронною поштою. Таку форму передавання даних вибрано через низьку продуктивність і нестабільну роботу каналів зв'язку між ОДУ та УМГ.

**Рівень ЛВУМГ.** Для кожного ЛВУМГ створено окрему базу даних. У ній зберігається технологічна схема всієї ГТС України. Редагувати схему можна тільки в межах певного ЛВУМГ. Розроблено і програмно реалізовано підтримку версій технологічної схеми. При кожній зміні схеми в базі даних створюється копія попередньої версії схеми для цього ЛВУМГ. Передбачено можливість скасування змін, здійснених в останніх версіях, і повернення до певної версії схеми.

Обмін даними рівня ЛВУМГ з рівнем УМГ реалізовано двома функціями:

- переслати в УМГ зміни в схемі, здійснені в цьому ЛВУМГ;
- отримати з УМГ зміни в схемі, зроблені в решті ЛВУМГ/УМГ.

Зміни пересилаються у вигляді файлів електронною поштою. Таку форму передавання даних вибрано через низьку продуктивність і нестабільну роботу каналів зв'язку між УМГ та ЛВУМГ.

**У розробленій системі можуть виникати конфлікти.** Оскільки інформація може змінюватися як на рівні УМГ, так і на рівні ЛВУМГ, очевидно, можливі конфлікти (одночасна зміна параметрів об'єктів на обох рівнях). Розроблено і програмно реалізовано таку схему вирішення конфліктів: при обробці файлів з ЛВУМГ у разі виявлення конфлікту дані з ЛВУМГ не записуються в УМГ; замість підтвердження про оновлення в ЛВУМГ відсилається повідомлення про конфлікт і дані з УМГ; на рівні ЛВУМГ повідомлення про конфлікт обробляється — зміни, здійснені на рівні ЛВУМГ, анулюються, натомість записуються зміни, надіслані з УМГ.

**Список користувачів** системи зберігається у базі даних. Створено єдиного користувача з правами адміністратора. Адміністратор може розширювати список користувачів і визначати їхні права. Кожен користувач прив'язаний до певного ЛВУМГ (або УМГ), що, відповідно, обмежує його права на редагування схеми.

### Схеми обміну інформацією на рівнях ОДУ, УМГ, ЛВУМГ

На наведених нижче рисунках подано можливі схеми обміну інформації.

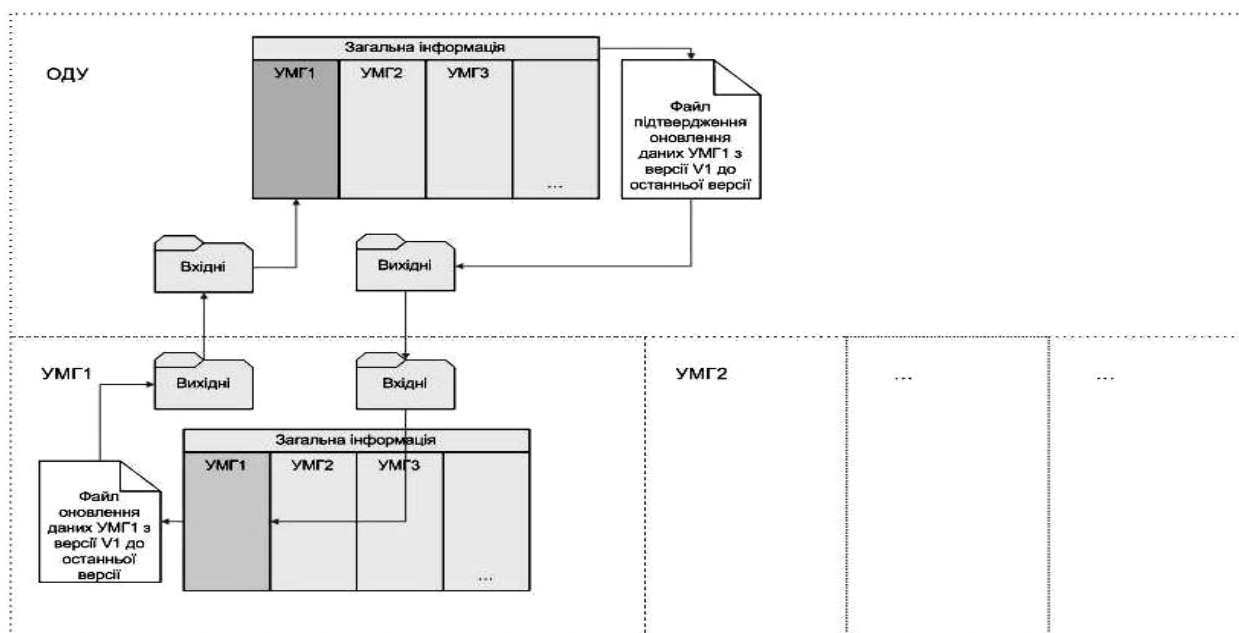


Рис. 1. Схема обміну інформації між рівнями ОДУ та УМГ у разі надсилання файлу оновлення даних з рівня УМГ (УМГ1) до рівня ОДУ та отримання підтвердження про внесення змін

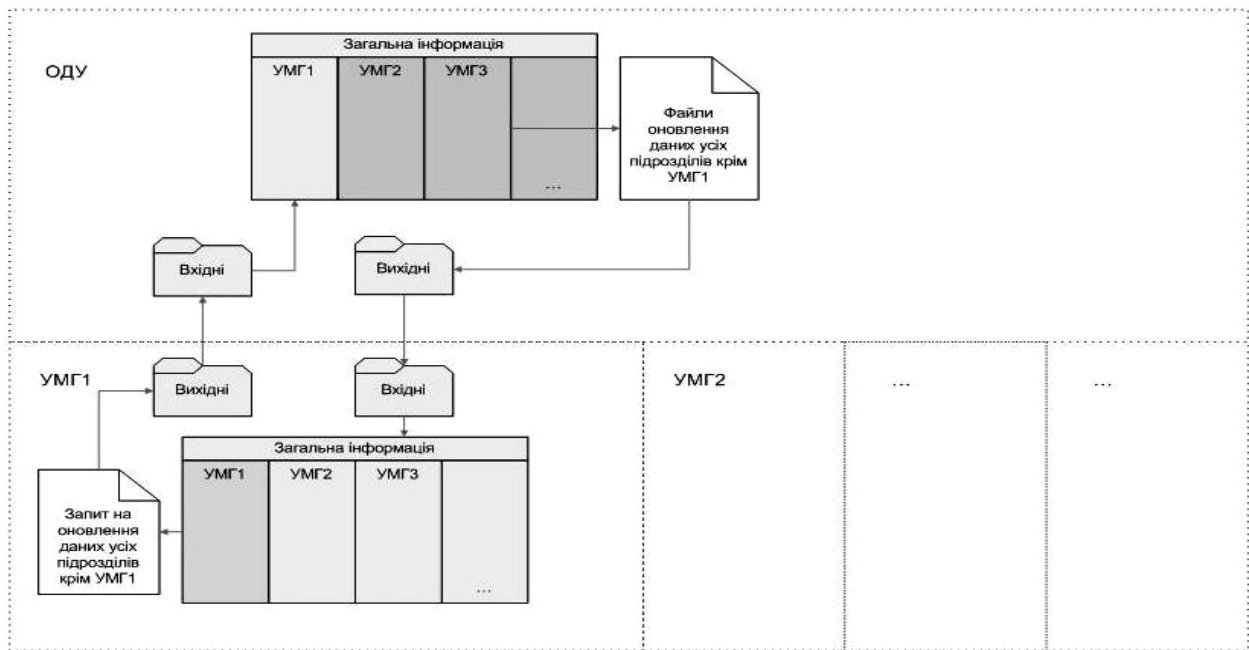


Рис. 2. Схема обміну інформацією між рівнями ОДУ та УМГ у разі надсилання файлу-запиту на оновлення даних та отримання відповідного файла з даними усіх підрозділів (крім УМГ1) з рівня ОДУ до рівня УМГ (УМГ1)

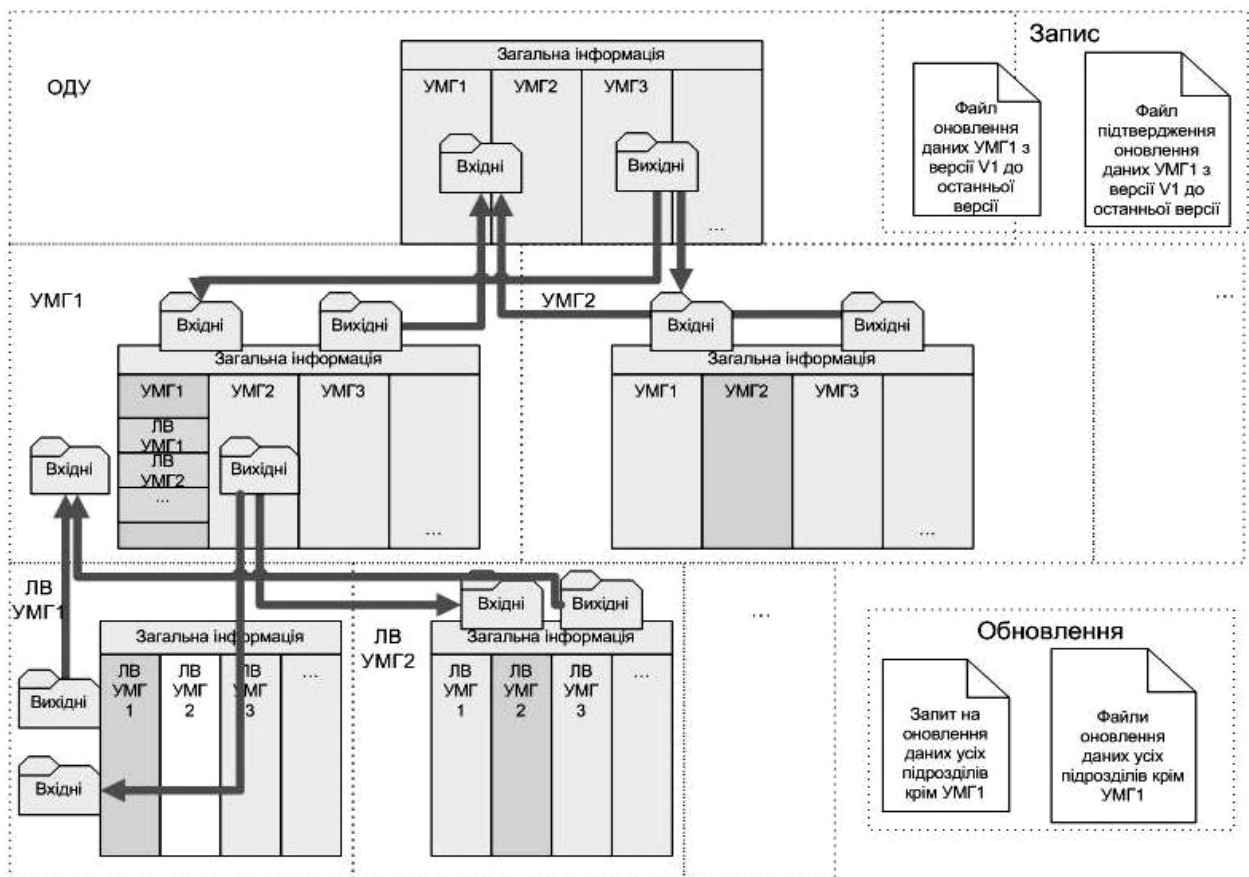


Рис. 3. Схема обміну інформацією між рівнями ОДУ, УМГ і ЛВУМГ під час надсилання файлів оновлення даних та файлів-запитів на оновлення даних інших підрозділів



виділення фрагментів схем. Побудовано максимально детальні векторизовані технологічні схеми всіх підрозділів ДК "Укртрансгаз". Розроблено і програмно реалізовано модель автоматизації робочого місця диспетчера (АРМу), а також базу даних підтримки схем ГТС України. Розроблено і програмно реалізовано механізм обміну інформацією між підрозділами управління ГТС України.

Для ефективного використання бази технологічних схем потрібно виконано додаткові роботи: забезпечити підтримку технологічних схем в актуальному стані; забезпечити інформаційну підтримку режимних і прогнозних задач, які розв'язуються у підрозділах ДК "Укртрансгаз".

1. Панкратов В.С., Герке В.Г., Митичкин С.К., Сарданаивили С.А. *Комплекс моделирования и оптимизации режимов работы ГТС.* – М.: Газпром, 2002. – 56 с. – (Газовая промышленность. Сер. Автоматизация, телемеханизация и связь в газовой промышленности Изд-во ООО ИРЦ).
2. Панкратов В.С., Берман Р.Я. *Разработка и эксплуатация АСУ газотранспортными системами,* – Л.: Недра, 1982. – 142 с.
3. Притула Н.М. *Розрахунок параметрів потокорозподілу в газотранспортній системі (стаціонарний випадок)*// *Фізико-математичне моделювання та інформаційні технології.* – Львів, 2007. – Вип. 5. – С. 146–157.
4. Притула Н. М., Притула М. Г., П'янило Я.Д. *Розрахунок параметрів усталеного руху газу в магістральних газопроводах* // *Вісн. Нац. ун-ту "Львівська політехніка".* – Львів, 2006. – № 565: *Комп'ютерні науки та інформаційні технології.* – С. 270–274.

УДК 519.15:621.372

О.Я. Різник, Д.С. Балицька

Національний університет "Львівська політехніка",  
кафедра автоматизованих систем управління

## СИНТЕЗ БАГАТОПОЗИЦІЙНИХ БАГАТОКРАТНИХ КОДІВ НА ОСНОВІ ЧИСЛОВИХ В'ЯЗАНОК

© Різник О.Я., Балицька Д.С., 2010

**Розглянуто перетворення інформації на основі багатопозиційних багатократних кодів для кодування інформації. Розроблена методика побудови кодових комбінацій чисел на основі теорії числових в'язанок, що уможливорює подання кодових комбінацій чисел у вигляді багатопозиційного багатократного коду.**

**Ключові слова:** в'язанка, кодування, лінійка Голомба, багатопозиційний багатократний код.

**In the article transformations of information are examined on the basis of noise codes for realization of code of information. The worked out methods of construction of code combinations of numbers are on the basis of theory of numerical bundles, which enables presentation of code combinations of numbers as a noise code.**

**Keywords:** bundle, code, Golomb ruler, noise code.

### Вступ

Сьогодні криптографія необхідна приватному комерційному сектору економіки України для прогресивного розвитку. Це стосується використання криптографічних алгоритмів, їхніх прикладних вживань, загальних методів управління ключами і їх розподілу. Секретні ключі є основою криптографічних перетворень, для яких, згідно з правилом Керкхофа, стійкість хорошої шифрувальної системи визначається лише секретністю ключа. Основна проблема класичної криптографії довгий час полягала в складності генерування непередбачуваних двійкових послідовностей великої довжини із застосуванням короткого випадкового ключа. Для її вирішення широко застосовують