

**КООРДИНУВАННЯ ВЗАЄМОДІЇ ПІДСИСТЕМ У ІНТЕГРОВАНІЙ
ІЄРАРХІЧНІЙ СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ
НАФТОГАЗОВИДОБУВНИМИ ПІДПРИЄМСТВАМИ (НГВП)
КОРПОРАТИВНОЇ СТРУКТУРИ**

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

1. Вступ.

Одним із основних напрямків стабілізації і подальшого розвитку економіки України є становлення дієвої системи господарювання на всіх ієрархічних рівнях різних галузей економіки. З огляду на це актуалізуються проблеми підвищення ефективності управління нафтогазовидобувними підприємствами корпоративної структури, тобто бізнес-сегмент *upstream*.

З існуючих наукових досліджень [1; 2, с. 188-189; 3] відомо, що у зв'язку з невизначеністю цін на нафту і газ, менеджерам важко оцінити потенційну фінансову віддачу від інвестицій у геологорозвідку та видобування вуглеводнів у довгостроковій перспективі.

Від цього потерпає бізнес-сегмент *downstream*, тобто переробка нафти і газу. Наявність значної невизначеності, пов'язаної з цінами на вуглеводні вимагає проведення координування взаємодії підсистем НГВП на основі аналізу ефективності інвестицій. Фінансовий аналіз при цьому використовує моделі оцінювання на основі потоку доходів, генерованих інвестиціями, а також терміну окупності та внутрішньої норми продуктивності.

Вивчення літературних джерел [6, 7, 8, 9, 10 та ін.] і практики функціонування вітчизняних та іноземних НГВП корпоративної структури дали змогу стверджувати, що досягнення найкращих економічних показників, зокрема максимального прибутку від реалізації вуглеводнів, можливе шляхом вирішення завдання координування взаємодії підсистем системи управління підприємством. Проте, проблеми практичного використання координування взаємодії підсистем у системах управління НГВП висвітлені не повністю та

потребують подальшого удосконалення у напрямі врахування потреб реального бізнесу.

Тому метою даної роботи є розвиток сучасного методологічного інструментарію управління НГВП корпоративної структури в контексті підвищення ефективності їх діяльності.

2. Обґрунтування необхідності координування взаємодії підсистем у інтегрованій ієрархічній системі управління НГВП корпоративної структури.

Для ефективного функціонування системи управління нафтогазовидобувним підприємством важливими є умови координованості та сумісності завдань управління. У загальному випадку постулат сумісності для дворівневої системи управління НГВП можна сформулювати так: завдання системи сумісні, якщо реалізація завдань підсистем нижнього рівня завжди забезпечує досягнення загальної мети функціонування підприємства.

Управління НГВП здійснюється на двох рівнях управління: верхньому та нижньому. На верхньому рівні відбувається планування, контроль та оптимізаційне управління, а нижній рівень забезпечує виконання завдань шляхом ефективного розподілу техніки на технологічних ділянках і складання графіків роботи для кожного технічного засобу. До завдань планування належить складання плану роботи для усіх технологічних систем та підсистем технологічного процесу і графіків роботи для кожного технічного засобу, які би забезпечували досягнення максимального прибутку з мінімальними витратами за умови обмежених часових, технічних і матеріальних ресурсів.

До завдань контролю належать проведення обліку фактичних показників роботи технологічних систем, підсистем та технічних засобів, визначення рівня відхилення між запланованими та фактичними показниками роботи, а також контроль за тим, щоб отриманні фактичні показники відповідали технологічним умовам проведення робіт.

До завдань оперативного управління належить здійснення перепланування з мінімальними витратами з метою усунення відхилень між

плановими та фактичними показниками роботи технологічних систем та підсистем об'єкта управління.

Під регулюванням розробки нафтових і газових родовищ слід розуміти цілеспрямовану підтримку і зміну умов експлуатації свердловин у межах прийнятих раніше технологічних рішень (під час проектування та аналізу розробки) з метою досягнення максимально високих технологічних (коефіцієнт нафтовіддачі, темп відбору нафти) та економічних показників видобування. Регулювання та оптимізацію процесу розробки нафтових і газових родовищ проводять на основі великої кількості критеріїв, які можна звести до двох основних груп:

- економічні – забезпечення мінімальних капітальних вкладень або експлуатаційних витрат, мінімальної собівартості та ін.;
- технологічні – забезпечення максимального рівня видобування вуглеводнів, максимального відбору нафти, мінімального обсягу видобутої і закачуваної води.

Багато критеріїв обумовлені складністю вирішення завдання оптимізації розробки родовища, але усі вони повинні підпорядковуватися основній меті: виконання встановленого плану видобування вуглеводнів за мінімальних витрат і з максимально можливим коефіцієнтом нафто- та газовіддачі. Оскільки така задача є багатокритерійною з суперечливими критеріями, то впровадження кожного методу регулювання в умовах конкретного родовища повинно забезпечити максимальний прибуток НГВП.

У процесі функціонування НГВП відбуваються певні зміни під впливом зовнішніх та внутрішніх чинників.

До зовнішніх чинників належать [5, с. 119-127]: загальний стан економіки держави, регіону, нафтогазовидобувної галузі; стан ринку та конкурентний статус НГВП на цьому ринку; рівень інфляції; рівень платоспроможного попиту та рівень доходів споживачів; податкова та кредитна політика уряду; законодавчі акти щодо контролю за діяльністю підприємства; зовнішньоекономічні зв'язки та ін. Впливати на ці чинники НГВП не в змозі,

але може адаптуватися до їх дії. Топ-менеджмент НГВП повинен їх враховувати при аналітичних оцінках і прийнятті управлінських рішень, а також слідкувати за їх змінами та відповідно координувати свою діяльність.

До внутрішніх чинників належать: стан основних засобів, обсяг оборотних активів, розмір боргових зобов'язань, розмір витрат та їх динаміка порівняно з грошовими доходами, стан майна і фінансових ресурсів, темпи видобутку нафти, газу і газового конденсату та ін. Менеджмент НГВП може впливати на ці чинники, оскільки вони є керованими, і корегувати їх вплив на техніко-економічні показники діяльності підприємства.

Координування – це процес узгодження, що стає очевидним, якщо розглядати його на прикладі підприємства, як складної системи. На підставі аналізу літературних джерел [11, 12, 13 та ін.] з проблеми координування взаємодії окремих підсистем у системах управління НГВП пропонується під цим поняттям розуміти «встановлення взаємозв'язків у діяльності окремих підсистем НГВП, як складної системи, та узгодження управлінських дій».

Зазначимо, що НГВП, як складні системи, загалом практично не піддаються формалізації. Тому запропоновано застосовувати метод їх декомпозиції на простіші системи, який використовується до моменту досягнення рівня деталізації підсистем з їх структурою і взаємозв'язками, на якому вони піддаються формалізації. Під час такої декомпозиції може виявитися, що ряд структурних елементів не бере участі у досягненні поставленої мети. Проте для досягнення такої мети як максимум прибутку або мінімум собівартості видобування вуглеводнів, необхідне охоплення системою управління усіх структурних елементів об'єкта, які беруть участь у формуванні прибутку (собівартості), тобто необхідна інтегрована скоординована система управління. Тоді такі критерії, як мінімум витрат, максимум продуктивності, зменшення витрат енергії формуються (досягаються) саме у результаті управління кожним структурним елементом системи. Координування такої системи стає процесом узгодження виходів одних підсистем НГВП з входами інших. Якщо усі входи і виходи усіх підсистем узгоджені, то можна вважати,

що координація досягнута. У різних системах як входи і виходи можуть використовуватися різні показники, що порівнюються: собівартість видобування вуглеводнів, обсяг видобутої нафти, кількість використаних доліт, витрати певних матеріальних компонентів, час та ін. Проте вивчення літературних джерел [7÷13 та ін.] і практики функціонування вітчизняних та іноземних НГВП дають змогу стверджувати, що питанням координування взаємодії підсистем не приділялося належної уваги, вони до сьогодні не отримали належного теоретичного обґрунтування, відсутні моделі координації та результати їх використання.

НГВП складається з ряду взаємопов'язаних підсистем, головними з яких є підсистеми видобування та підготовки нафти, газу і води. Відмінність підсистеми від простої групи елементів полягає у тому, що для підсистеми формуються підцілі її функціонування, і кожна з підсистем виконує певну функцію. Так, підсистема підготовки нафти виконує функцію отримання знесоленої, зневодненої нафти. Підсистема підготовки газу – отримання якісного, без вмісту води та твердих домішок газу. Тому, знаючи функції підсистем, можна визначити взаємодії підсистем, при яких управління та ефективність кожної підсистеми будуть оптимальними.

Координацію на НГВП можна вважати досягнутою коли усі входи і виходи підсистем видобування та підготовки нафти, газу і води будуть узгоджені. Як виходи і входи у даних підсистемах можуть використовуватися такі показники, як витрати хімреагентів і води, що використовуються для зневоднення і знесолювання нафти, обсяг підготовленої нафти на виході з установки, вміст солей і води у нафті на вході в установку, вміст солей і води у нафті на виході з установки, витрати електроенергії на дегідратацію та ін.

Для досягнення найкращих економічних показників нафтогазовидобувного підприємства необхідно керуватися наступними положеннями, що випливають із системного підходу: пропорційно-послідовна оцінка взаємодій підсистем підготовки нафти, газу і води; координація (узгодження) цілей, інформаційних, ресурсних та інших характеристик;

правильне співвідношення окремих рівнів ієрархії у системі; прогнозування взаємодій, коли координування здійснюється шляхом встановлення змінних взаємодії підсистем, що координуються. При цьому повинна реалізовуватися головна мета – збільшення прибутку підприємства.

Координування має здійснюватися як на стадії проектування НГВП, так і на стадії його функціонування. На стадії проектування однією з умов створення проекту НГВП є координування потоків інформації, енергії і матеріалів у місцях поєднання технологій, механізації і автоматизації виробництва за допомогою засобів контролю, управління і координування [14, с. 32-35] (рис.1).

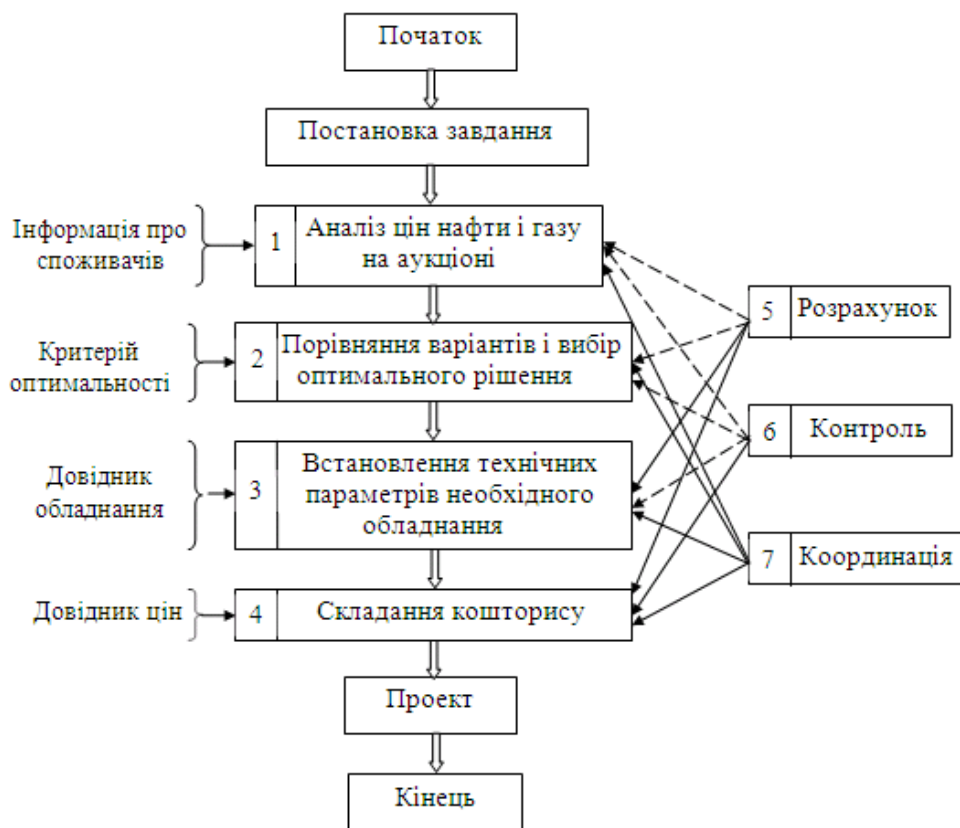


Рис. 1. Модель процесу проектування нафтогазовидобувного підприємства (сформовано автором)

Координування на стадії функціонування НГВП є специфічним завданням ієрархічної інтегрованої системи управління, яка використовує такі принципи як прогнозування, узгодження і оцінка взаємодій (рис. 2), на яких ґрунтуються ітеративні та безітеративні процедури [14, с. 32-36].

Принцип прогнозування взаємодій реалізується, коли координування здійснюється шляхом задавання змінних взаємодій координуючих підсистем, що відповідають проміжним завданням. Принцип узгодження взаємодій передбачає модифікацію локальних функцій мети за допомогою параметрів, які визначаються координатором. Принцип оцінки взаємодій можна розглядати як узагальнення принципу прогнозування взаємодій на випадок, коли у задачах нижнього рівня координатором визначаються області допустимих значень змінних взаємодії підсистем.



Рис. 2. Основні принципи координування роботи підсистем НГВП корпоративної структури (сформовано автором)

Отже, з позиції координування як важливої функції управління, НГВП можна віднести до складних цілеспрямованих обмежено самоорганізованих систем, які характеризуються у будь-який період функціонування нестаціонарністю, стохастичністю, нелінійністю, багатомірністю і функціонують в умовах апіорної та поточної невизначеності щодо структури і параметрів системи.

3. Координування роботи підсистем НГВП.

Для формалізованого опису такої системи доцільно [15, с. 18] використовувати такі категорії: цілі і плани PL ; зовнішні і внутрішні ресурси RO , RI ; виконавці EX ; процеси PR ; перешкоди DT ; контроль SV ; управління RD ; ефективність EF . Тобто система НГВП може бути описана множиною

$$S = \{PL, RO, RI, EX, PR, DT, SV, RD, EF\}, \quad (1)$$

яка забезпечує певну поведінку в умовах навколишнього середовища.

Характерними особливостями цієї системи є значна кількість елементів, які створюють підсистеми, наявність взаємозв'язку і взаємодії між підсистемами; ієрархічність системи управління, наявність людини у контурі управління та необхідність прийняття рішень в умовах невизначеності.

Слід зазначити, що найкращі економічні показники функціонування НГВП корпоративної структури можна забезпечити, вирішивши завдання координування роботи усіх підсистем. Для багаторівневих систем управління НГВП внутрішньорівнева та міжрівнева координація відрізняється рівнем організації взаємодій [16, с. 238-248]:

- координування за вхідними або вихідними параметрами;
- координування у часі, тобто синхронізація роботи підсистем;
- координування за обмеженнями, коли на ряд параметрів у точках сполучення окремих підсистем встановлюються обмеження системою управління вищого рівня, які задаються з системних позицій і враховують цілі й обмеження підсистем;

- координування за цілями, коли система управління вищого рівня встановлює для підсистем нижнього рівня цілі функціонування та чинники, які її характеризують, із визначенням їх кількісних значень на плановий період, тобто цільові функції підсистем формуються вищим рівнем.

Автори робіт [16, 17, с. 48-49] виокремлюють такі види координуючих впливів:

- інтегральне координування, яке вважається слабким; для кожної підсистеми задається плановий показник K на певний період часу T і різні обмеження (нормативи) на енергетичні і матеріальні потоки:

$$\int_0^T (z(t) - z^*) dt \leq K, \quad (2)$$

де $z(t)$, z^* – відповідно поточний стан системи у момент часу t та її оптимальний стан;

- чітке або жорстке координування, коли для параметра K , який

координується, у кожний момент часу висувається вимога дотримання рівності $K(t) = K$;

– інтервальне координування, при якому вимагається лише належність параметра K , що координується, до заданого інтервалу

$$K(t) \in [K_{\min}, K_{\max}] ; \quad (3)$$

– лінгвістичне координування, коли здійснюється формування нечітких координуючих впливів на природній мові.

Слід зазначити, що у переважній більшості систем управління НГВП відсутні підсистеми координування, а відомі алгоритми та процедури координування не враховують зміни параметрів об'єктів управління, значні запізнення у передачі інформації, зміни умов та режимів роботи.

Проте нами доведено, що для ефективного функціонування інтегрованої системи управління НГВП важливими є умови координованості та сумісності завдань управління, що забезпечують вирішення загального завдання управління [18, с. 28-32].

Завдання координування виконується при обмеженнях на управлінські дії \bar{U}_i

$$\bar{U}_i \in \left\{ \bar{U}_{i_{\min}}, \bar{U}_{i_{\max}} \right\}, \quad (4)$$

$i=(1,k)$

де i – порядковий номер підсистеми;

k – кількість підсистем НГВП.

Для кожної з підсистем розробляється завдання оптимізації як результат декомпозиції загального завдання управління НГВП. Завдання координування вирішується з використанням принципу прогнозування взаємодій підсистем на основі ітераційного алгоритму [12, с. 112-115].

Ефективним методом координування є метод прогнозованої взаємодії, який ґрунтується на тому, що зв'язки між підсистемами умовно розриваються і розглядаються окремі підсистеми у вигляді їх моделей. Проте може статися так, що у результаті оптимізації кожної підсистеми окремо отримують значення

вихідних змінних, які не задовольняють умовам взаємодій підсистем НГВП. Для усунення цього явища застосовується координування роботи підприємства підсистем шляхом зміни величини множника Лагранжа.

Для цього формується завдання оптимізації роботи i -тої підсистеми НГВП на основі лагранжіана за умови, що вихідні змінні \vec{Y}_i можна варіювати, при заданих вихідних змінних $\vec{Y}_1, \dots, \vec{Y}_N$ мінімізувати цільову функцію

$$G = \sum_{i=1}^N G_i(\vec{V}_i, \vec{U}_i) \rightarrow \min_{U \in \Omega_u}, \quad (5)$$

де \vec{V}_i – вектор вхідних впливів, які прикладені до i -ї підсистеми з боку інших підсистем підприємства;

Ω_u – обмеження під час управління;

\vec{U}_i – вектор управління i -ю підсистемою НГВП, а також системою загалом, у такому вигляді:

$$G_{iY}(\vec{V}_i, \vec{U}_i, \vec{\lambda}_i, \vec{\rho}_i, \vec{\mu}_i) = G_i(\vec{V}_i, \vec{U}_i) + \lambda_i^T (\vec{Y}_i - \vec{f}_i(\vec{V}_i, \vec{U}_i)) + \rho_i^T (\vec{V}_i - \vec{f}_{i<j>}(\vec{Y}_1, \dots, \vec{Y}_N)) + \mu_i^T \vec{H}_i(\vec{Y}_i, \vec{V}_i, \vec{U}_i) \rightarrow \min, \quad (6)$$

де $\vec{\lambda}_i, \vec{\rho}_i, \vec{\mu}_i$ – множники Лагранжа;

\vec{Y}_i – вектор вихідних змінних i -ї підсистеми, а також системи у цілому;

$\vec{f}_{i<j>}$ – вектор-функція;

\vec{H}_i – вектор-функція.

Умова (6) виконується лише у точці оптимуму.

Отже, процедура координування підсистем НГВП формулюється таким чином:

– для заданих значень $\vec{U}_i(Y), \vec{\lambda}_i(Y), \vec{\rho}_i(Y), \vec{\mu}_i(Y)$, визначених з N підзадач, розшукати такі $\vec{Y}_1, \vec{Y}_1, \dots, \vec{Y}_N$, що задовольняють рівняння

$$\left(\frac{dG_\lambda}{d\vec{Y}_i} \right)^T = 0, \quad (7)$$

– змінні \vec{Y} слід координувати до тих пір, поки буде виконуватися рівняння (7).

– обчислити нев'язки:

$$\vec{E}_i[t] = \vec{\lambda}_i[t] - \sum_{j=1}^N \frac{d}{d\vec{Y}_i} [\vec{Y}_i[t] \cdot \vec{\rho}_j[t]] + \frac{d}{d\vec{Y}_i} [\vec{H}_i(\vec{Y}_i, \vec{V}_i, \vec{U}_i) \cdot \vec{\mu}_j[t]], \quad i = 1, 2, \dots, N. \quad (8)$$

Якщо значення нев'язки (8) дорівнює нулю, то вважається, що координація досягнута і процес її пошуку припиняється. В інших випадках значення $\vec{Y}_i[t]$ корегується і процес повторюється.

Даний процес є ітераційним

$$\vec{Y}_i[t + 1] = \vec{Y}_i[t] - \gamma \cdot \vec{E}_i[t], \quad (9)$$

де γ – скаляр, від якого залежить збіжність процесу координування, тобто виконання умови

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \rho_i = \rho_i^*, \quad (10)$$

де ρ_i^* - оптимальне значення ρ_i .

Одним з відомих підходів до координування роботи підсистем підприємства є використання еталонних моделей у вигляді функцій передачі або диференціальних рівнянь та ітераційних алгоритмів, які дають змогу на кожній ітерації отримати покращений результат. Такий алгоритм працює наступним чином [20, с. 24-26]:

крок 1: необхідно визначити набір координат стану та змінних взаємодії довільно для кожної з підсистем НГВП, виходячи з заданих обмежень;

крок 2: слід розв'язати незалежно одна від одної локальні задачі оптимізації підсистем НГВП, з використанням даних, отриманих раніше і з урахуванням того, що для кожної з підсистем підприємства існує задача оптимізації зі своїми критеріями, моделями та обмеженнями;

крок 3: лід розрахувати функцію ефективності для усього технологічного комплексу видобування вуглеводнів при існуючих обмеженнях та математичних моделях;

крок 4: слід сформуванати вектор змінних взаємодії підсистем НГВП;

крок 5: необхідно оцінити функцію ефективності технологічного комплексу видобування вуглеводнів з отриманими значеннями змінних взаємодії підсистем НГВП;

крок 6: треба перевірити умови зупинки процедур координування. Якщо

$$I^{(n)} - I^{(n-1)} \leq \varepsilon, \quad (11)$$

де I – загальний показник ефективності технологічного комплексу видобування вуглеводнів;

n – крок ітерації;

ε – константа,

тоді робота алгоритму координування припиняється;

крок 7: у випадку невиконання умови (11) необхідно здійснити нову ітерацію, інакше змінні взаємодії підсистем НГВП вважаються оптимальними.

Цей алгоритм розроблено за умови, що для кожної підсистеми НГВП, що координується, кількість керувальних дій $dim(U_i)$ більша кількості вихідних змінних $dim(Y_i)$ взаємодії підсистем, тобто

$$dim(U_i) \geq dim(Y_i). \quad (12)$$

Під час реалізації таких алгоритмів необхідно враховувати наступні вимоги до процедур координування:

– процедури координування необхідно здійснювати, виходячи із загальної мети та показників роботи технологічного комплексу видобування вуглеводнів в цілому так, щоб вирішення завдання координування гарантувало вирішення загального завдання управління НГВП;

– необхідно мати адекватні математичні моделі підсистем НГВП або використовувати процедури їх ідентифікації в умовах існуючих збурень;

– оскільки завдання управління і координування є складними, часто доцільно отримувати часткові рішення за умов дефіциту машинного часу у вигляді проміжної ітерації, рішення на якій забезпечує суттєве підвищення ефективності роботи НГВП. За цих умов необхідно у будь-якій точці

припустимої області значень змінних визначити оцінки змінних взаємодії підсистем у напрямку найбільшого зростання показника ефективності.

Таким процедурам координування роботи підсистем НГВП також властиві деякі особливості:

- завдання координування вирішується на основі математичних моделей окремих підсистем НГВП;
- еталонна модель задається у вигляді залежностей координат стану управліннь та виходів;
- на кожній ітерації передбачається найбільше зростання показника ефективності кожної підсистеми;
- проміжні результати на кожній ітерації задовольняють обмеженням і можуть бути основою для визначення управлінських дій, які відповідають кращим значенням загального показника ефективності роботи підсистеми порівняно з попередніми ітераціями;
- для прискорення процесу збіжності доцільно у кожній наступній ітерації зменшувати крок змінних взаємодій вдвічі;
- якщо не виконується умова (12), тобто кількість управлінських дій менша кількості вихідних змінних взаємодії підсистем НГВП, тоді це може призвести до того, що підзадачі нижнього рівня будуть некоординованими відносно координатора, оскільки у цих підсистемах управління U_i буде однозначно визначатись вхідними V_i і вихідними змінними Y_i .

У процесі реалізації вказаних алгоритмів доцільно користуватися наступними рекомендаціями [15]:

- процедури координування необхідно визначати виходячи з загальної мети та показників ефективності роботи нафтогазовидобувного підприємства корпоративної структури. Координування повинно гарантувати вирішення загального завдання управління НГВП;
- використовувати адекватні математичні моделі підсистем НГВП або процедур їх ідентифікації в умовах існуючих збурень;

- оскільки завдання управління НГВП загалом є складним, доцільно отримувати часткові рішення в умовах дефіциту машинного часу. Це може бути проміжна ітерація, управлінське рішення яке забезпечує суттєве підвищення ефективності роботи НГВП. За цих умов у будь-якій точці припустимої області значень змінних необхідно визначати оцінки змінних взаємодії підсистем у напрямі найбільшого зростання показника ефективності нафтогазовидобувного підприємства.

3. Особливості процедур координування.

Аналіз результатів розглянутих наукових досліджень показав, що основними особливостями таких процедур координування є:

- завдання координування роботи підсистем НГВП вирішується на основі їх математичних моделей;
- проміжні результати на кожній ітерації задовольняють існуючі обмеження і можуть бути основою для визначення управлінських дій, які відповідають кращим значенням загального показника ефективності порівняно з попередніми ітераціями;
- на кожній ітерації передбачається найбільше зростання показника ефективності роботи НГВП в умовах урахування зв'язків між усіма його підсистемами.

Під час практичної реалізації таких алгоритмів координування необхідно також враховувати, що математичні моделі та критерії оптимальності для кожної з підсистем НГВП є функціями багатьох змінних. Головною умовою використання цих алгоритмів є коректність загального завдання управління НГВП. Зазначимо, що для управління виробничою діяльністю нафтогазовидобувних підприємств доцільно розробляти алгоритми координування на засадах системно-синергічного підходу, зокрема з використанням методів нечіткої логіки і теорії нечітких множин.

Координування роботи підсистем НГВП на синергетичних засадах дає змогу в умовах ринкової економіки забезпечити найкращі техніко-економічні показники функціонування таких підприємств.

Забезпечення оптимального управління НГВП потребує крім координування роботи усіх підсистем ще й сумісності завдань ієрархічної системи управління. Основні умови забезпечення сумісності завдань ієрархічної системи управління НГВП корпоративної структури наступні:

- завдання управління підсистемами НГВП нижнього рівня повинні бути коректними;
- алгоритм вирішення завдання координування має забезпечувати пошук таких дій, при яких вирішення завдань нижнього рівня управління відповідає екстремуму загального показника ефективності (прибутку) НГВП;
- алгоритми вирішення завдань управління нижнього рівня інтегрованої системи управління НГВП та завдання координування повинні бути стійкими відносно похибок обчислення.

З позицій системного аналізу розглянемо систему управління нафтогазовидобувним підприємством як таку, що складається з N підсистем, які в усталеному режимі роботи у загальному випадку описуються наступними рівняннями підсистем [21]:

$$\vec{Y}_i = \vec{f}_i(\vec{V}_i, \vec{U}_i), i = 1, 2, \dots, N, \quad (13)$$

де \vec{Y}_i – вектор вихідних змінних i -ї підсистеми НГВП, а також системи загалом;

\vec{f}_i – векторний інтегро-диференціальний оператор;

\vec{V}_i – вектор вхідних впливів, які прикладені до i -ї підсистеми НГВП з боку інших підсистем;

\vec{U}_i – вектор управління i -ю підсистемою НГВП, а також системою загалом.

Зв'язки між окремими підсистемами НГВП можна вважати усталеними:

$$\vec{V}_i = \vec{f}_{i<j>}(\vec{Y}_i, \dots, \vec{Y}_N), i, j = 1, 2, \dots, N, \quad (14)$$

де $\vec{f}_{i<j>}$ – вектор-функція.

У випадку лінійних взаємозв'язків між підсистемами вектор вхідних впливів має такий вигляд:

$$\vec{V}_i = \sum_{j=0}^{N-1} C_{ij} \vec{Y}_j, \quad i = 1, 2, \dots, N, \quad (15)$$

де j – підсистема, з якою має зв'язок i -та підсистема;

C_{ij} – коефіцієнт лінійного зв'язку між підсистемами i, j .

Обмеження під час управління мають такий вигляд:

$$\Omega_u : \vec{H}_i(\vec{Y}_i, \vec{U}_i, \vec{V}_i) \leq 0, \quad i = 1, 2, \dots, N, \quad (16)$$

де \vec{H}_i – вектор-функція.

Якщо режим процесу управління регламентовано, тоді рівняння (13), (14) розглядають як рівняння для визначення відхилення реального режиму $X = (\vec{Y}, \vec{V}, \vec{U})^T$ від заданого. Тому модель цілі управління можна задати лише цільовою функцією $G(o)$. Вона, як правило, є змінною складовою витрат на технологічний процес у цілому і має бути мінімізована

$$G = (\vec{V}, \vec{U}) = G(\vec{V}, \vec{U}) \rightarrow \min_{U \in \Omega_u}. \quad (17)$$

Цільова функція (17) є адитивною функцією витрат в окремих підсистемах НГВП.

Отже, координування взаємодії підсистем НГВП зводиться до мінімізації цільової функції (17) з урахуванням зв'язків (14), (15) і обмежень (16).

Реалізація такого підходу з позиції системного аналізу може здійснюватися на основі різних методів координування: прогнозованої взаємодії, збалансованої взаємодії, оціненої взаємодії, координаційного принципу навантажувального та коаліційного типів [17], що забезпечують виконання умови

$$E_{\text{НГВП}} = \sum_{i=1}^N E_i \rightarrow \max, \quad (18)$$

де $E_{\text{НГВП}}$, E_i – відповідно ефективність системи управління НГВП та окремих підсистем;

N – кількість підсистем.

З огляду на те, що нафтогазовидобувні підприємства корпоративної структури характеризуються лише притаманними їм економічними,

технологічними, виробничими, управлінськими параметрами, значної уваги потребують формування та використання специфічних систем координування їх розвитку, які б охоплювали усю сукупність критеріїв ефективності їх функціонування.

Тому як ефективний засіб підвищення рівня координованості підсистем системи управління нафтогазовидобувними підприємствами корпоративної структури нами пропонується використання теорії нечітких множин, нечіткої логіки і, зокрема, функцій належності, що дають змогу уникнути обмежень, які виникають при традиційних координаційних процесах. При цьому для кожного об'єкта управління визначається своя функція належності $\mu_F(u)$, яка вказує ступінь відповідності кожного елемента $u \in U$ нечіткій множині $F \subset U$ і може приймати числові значення у діапазоні

$$0 \leq \mu_F(u) \leq 1, \quad (19)$$

де U – повна множина, що охоплює усю проблемну область;

u – елемент множини ($u \in U$);

F – нечітка множина множини U .

Нечіткою цільовою функцією буде та ціль, яку можна описати як нечітку множину у відповідному просторі. Якщо X – задана множина альтернатив, тоді нечітка ціль, чи просто ціль G визначатиметься фіксованою нечіткою множиною G в X , тобто $G \subseteq X$. Так само нечітке обмеження, чи просто обмеження Ω_u у просторі X визначається як деяка нечітка множина у X , $\Omega_u \subseteq X$. Отже, і ціль, і обмеження розглядаються як нечіткі множини у просторі альтернатив X , що дає змогу при формуванні рішення не робити між ними різниці. Тоді проблема прийняття рішення в умовах нечіткості може інтерпретуватися як комплексний вплив нечіткої цільової функції G (17) та нечіткого обмеження Ω_u (16) на вибір альтернатив і характеризується перетином множин $G \cap \Omega_u$, який формує нечітку множину рішень R , тобто

$$R = G \cap \Omega_u. \quad (20)$$

Для множини рішень функція належності задається таким перетином множин

$$\mu_{G \cap \Omega_u}(x) = \min(\mu_G(x), \mu_{\Omega_u}(x)). \quad (21)$$

Отже, для нафтогазовидобувних підприємств корпоративної структури алгоритми координування взаємодії окремих підсистем у системі управління їх розвитком доцільно розробляти на основі структурно-логічного аналізу та методів теорії нечітких множин і нечіткої логіки з використанням функцій належності.

Висновки

1. Проаналізовано місце невизначеності майбутніх цін на нафту і газ в оцінці потенційної фінансової віддачі від інвестицій у геологорозвідку та нафтогазовидобування. Доведено, що наявність значної невизначеності, пов'язаної з цінами на вуглеводні, вимагає здійснення координування взаємодії підсистем інтегрованої системи управління нафтогазовидобувними підприємствами корпоративної структури на засадах системно-синергічного підходу, який може бути масштабований для різних нафтогазовидобувних підприємств.

2. Сформульовано узагальнену мету координування підсистем нафтогазовидобувного підприємства корпоративної структури, що дозволяє інтегрувати складні технологічні, фінансові та інвестиційні моделі у єдине ціле ланцюгом формування акціонерної вартості підприємств, що функціонують за умов істотної апріорної та поточної невизначеності. Це дає змогу використати її для вирішення завдань координування роботи підсистем у інтегрованій системі управління нафтогазовидобувним підприємством корпоративної структури.

3. Визначено завдання координування у інтегрованій ієрархічній системі управління нафтогазовидобувним підприємством корпоративної структури, що ґрунтується на системно-синергетичних засадах. Це дає змогу сформувати структуру інтегрованої системи управління нафтогазовидобувним підприємством і сформулювати основні положення для забезпечення умов її стійкості.

Література:

1. U.S. Energy Information Administration “Short Term Energy Outlook”, U.S. Dep. of Energy, Table 2 “U.S. Energy Prices–Henry Hub” (Dec 11, 2010): [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
www.eia.doe.gov/emeu/steo/pub/contents.html
2. Mills L. From Volatility to Value: Analyzing and Managing Performance Risk in Energy–Saving Projects / M. Mills // Energy Polisy.– 2006. – № 34.– P. 188-199.
3. Brown S.P.A. What Drives Natural Gas Prices / S.P.A. Brown, M.K. Yucel // Federal Reserve Bank of Dallas, Research Note, Feb. – 2005. – 136 p.
4. Wite D.C. Evaluatug the Economics of Energy-Saving Projects: [Електронний ресурс] / D.C. Wite // CEP desember 2001. – P. 34-38. – Режим доступу: <http://www.aiche.org/cep>
5. Білономірова Я.М. Стійкість функціонування підприємств як головний критерій їх економічної безпеки / Я.М. Білономірова // Економіка: проблеми теорії та практики: зб. наук.праць. – Дніпропетровськ: ДНУ. – 2009. – Вип. 258. – С. 119-127.
6. Hamel G. Corporate Imagination and Expeditionary Marketing / G. Hamel, С.К. Prahalad // Haward Bussines Review, 1991. – Vol. 69. – p. 23-32.
7. Данилюк М.О. Організаційно-економічні основи реформування нафтогазового комплексу України: [монографія] / М.О. Данилюк. – К.: Манускрипт, 1998. – 237 с.
8. Алексеев И.В. Экономический механизм управления развитием предприятия / И.В. Алексеев. – Львів: Світ, 1991. – 154 с.
9. Кузьмин О.Є. Корпорації та інтегровані структури: проблеми науки та практики : монографія / О.Є. Кузьмин, О.Є. Кузь, О.Г. Мельник, І.В. Алексеев, А.В. Шегда та ін. – Х.: ІНЖЕК, 2007. – 344с.
10. Луценко И.А. Формирование системного подхода к постановке задач управления / И.А. Луценко // Вісник Криворізького технічного ун-ту. – 2006. – Вип. 2(12). – С. 139-143.

11. Оцінка ефективності інвестицій у розвідку і розробку нафтових родовищ: [монографія] / За ред. Витвицького Я.С. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2006. – 248 с.
12. Кондратьев Н.Д. Проблемы экономической динамики / Н.Д. Кондратьев. – М.: Экономика, 1989. – 523 с.
13. Чукаєва І.К. Проблеми управління та регулювання розвитком нафтогазового комплексу / І.К. Чукаєва // Економіка і право. – 2009. – № 2 (24). – С.29-33.
14. Фадєєва І.Г. Синергізм та координація роботи підсистем в інтегрованій системі управління нафтогазовидобувної корпорації / І.Г.Фадєєва // Економічний часопис –XXI.Економічні науки.– Київ,2012.– №1-2.– С.32-35.
15. Ладанюк А.П. Основи системного аналізу / А.П. Ладанюк. – Вінниця: Нова книга, 2004. – 174 с.
16. Коломієць О.В. Побудова динамічної моделі об'єднання підприємств із синергічними зв'язками / О.В. Коломієць // Вісник Державного ун-ту «Львівська політехніка». – 2002. – № 446. – С. 238-248.
17. Шагеев А.Ф. Автоматизированный мониторинг процессов обработки скважин – первая ступень інтелектуальних систем управління / А.Ф. Шагеев, А.М. Тимушева, Л.Н. Шагеева, А.С. Тришкин // Нефтяное хозяйство. – 2000. – № 11. – С. 48-49.
18. Фадєєва І.Г. Постановка задачі координації в інтегрованій ієрархічній системі управління нафтогазовим підприємством, що базується на синергічних засадах / І.Г. Фадєєва // Materialy VI meidzynarodowej naukowopractycznej konferencji [«Aktualne problem nowoczesnych nauk-2010»] 07-15 czerwca 2010roku, Economiczne nauki, Przemysl: Nauka i Studia, 2010. – Vol. 12. – С. 28-32.
19. Ладанюк О.А. Координація функціонування технологічних дільниць цукрового заводу з урахуванням задач прогнозування / О.А. Ладанюк, Н.А. Заєць, Л.О. Власенко, Н.М. Луцька // Вісник Вінницького політехнічного ін-ту. – 2006. – № 6. – С. 112-115.

20. Шумигай Д.А. Алгоритми координації підсистем технологічних комплексів з використанням моделей / Д.А. Шумигай, А.П. Ладанюк // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2010. – № 6/3(48). – С. 24-26.
21. Егоров С.В. Моделирование и оптимизация в АСУТП / С.В. Егоров, Д.В. Мирахмедов. – Ташкент: Мехнат, 1987. – 200 с.