

## ОСОБЛИВОСТІ ЗАДАЧ ОПТИМАЛЬНОГО ПРОЕКТУВАННЯ БЛОЧНО-КОМПЛЕКТНОГО ОБЛАДНАННЯ

*О. В. Іванов*

*ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул.Карпатська, 15, тел. (03422) 49358,  
e-mail: informatik@nung.edu.ua*

*Розглядається комплекс основних вимог до технологічності конструкції блочно-комплектного обладнання. Подано перелік показників технологічності, а саме сумарну, структурну, питому, порівняльну, відносну. Наведено основні формули для визначення трудомісткості, матеріаломісткості і собівартості по кожному показнику технологічності. Об'єктом дослідження є наземні об'єкти магістральних газопроводів у блочно-комплектному виконанні. Метою роботи є розгляд особливостей задач оптимального проектування блочно-комплектного обладнання.*

**Ключові слова:** блочно-комплектне обладнання, наземні об'єкти, магістральні газопроводи.

*Рассматривается комплекс основных требований к технологичности конструкции блочно-комплектного оборудования. Представлен перечень показателей технологичности, а именно суммарную, структурную, удельную, сравнительную, относительную. Приведены основные формулы для определения трудоемкости, материалоемкости и себестоимости по каждому показателю технологичности. Объектом исследования являются наземные объекты магистральных газопроводов в блочно-комплектном исполнении. Целью работы является рассмотрение особенностей задач оптимального проектирования блочно-комплектного оборудования.*

**Ключевые слова:** блочно-комплектное оборудование, наземные объекты, магистральные газопроводы.

*This research is dedicated to the exploration of the complex basic processability requirements to construction of block-ganged equipment. Total, structural, specific, comparative, relative processability index are described in this research. In this research are explored basic formulas for definition of labor coefficient, consumption of materials, cost of price to every processability index. Major subjects of this research are surface facilities of main gaspipelines in block-ganged implementation. This research's aim is to examine peculiarities of tasks of optimal designing of block-ganged equipment.*

**Keywords:** block-ganged equipment, surface facility, main gaspipelines.

### **Вступ**

Блочно-комплектний метод спорудження наземних об'єктів магістральних трубопроводів дозволяє скоротити матеріаловитрати на будівельному майданчику, знизити кошторисну вартість, зменшити тривалість будівництва.

Підсистема заводського виготовлення блочно-комплектного обладнання (БКО) у загальній системі блочно-комплектного будівництва є початковою, що задає ритм всьому циклу спорудження наземних об'єктів магістральних трубопроводів. Актуальність питання вдосконалювання організаційно-технічного рівня промислового виробництва БКО набуває велике значення з ростом кількості боксів, що випускаються.

Заводське виготовлення блочно-комплектного обладнання на відміну від промислового виробництва стабільної продукції в інших галузях має свої відмінні особливості, облік яких необхідний для організації виробництва БКО на сучасному технічному рівні. До цих особливостей відносяться:

- нерівномірність випуску блочно-комплектного обладнання, яке витікає із сезонного характеру робіт при спорудженні наземних об'єктів магістральних трубопроводів;
- велика номенклатура об'єктів, що випускається;
- функції замовника по комплектації технологічного обладнання;
- суміщення технічних рішень при конструюванні блок-боксів;
- проведення пусконаладжувальних робіт на будівельно-монтажних площадках.

### **Формування цілей статті.**

Уніфікація і підвищення техніко-економічних показників наземних об'єктів магістральних газопроводів передбачається не тільки за рахунок удосконалення проектних рішень (технологічних, будівельних), але і за рахунок розроблення нового чи модифікованого обладнання, яке відповідає цим рішенням.

- Були сформульовані наступні задачі для любого класу обладнання наземних об'єктів:
- підвищення одиничної потужності різного виду технологічного обладнання;
  - підвищення ефективності (економічності) і зниження питомої маси за рахунок підвищення параметрів робочих процесів;
  - блочність і повна заводська готовність обладнання, які забезпечують застосування індустріальних методів монтажу;
  - підвищена надійність, експлуатаційність і ремонтпридатність.

#### Аналіз літератури по даній темі.

В пошуках методів оптимального проектування блочно-комплектного обладнання приймали участь спеціалісти науково-дослідних, проектно-конструкторських і будівельно-монтажних організацій, промислових підприємств, і експлуатаційних організацій, зв'язаних з створенням і використанням потужностей нафтової і газової промисловості. Найбільший вклад цьому питанні належить Расторгуєву Г.А, Баталіну Ю.П., Куріцу С.Я, Березіну В.Л. [1-4].

#### Висвітлення основного матеріалу

Якщо частину найбільш важких і трудомістких ремонтних робіт (капітального характеру) перенести з об'єкту на спеціалізовані виробництва – ремонтні заводи, тоді можна буде здійснити агрегатно-вузловий спосіб ремонту. При цьому весь ремонт на об'єкті може бути здійснений шляхом заміни дефектних вузлів чи цілих агрегатів, відремонтованих поза об'єктом. Очевидно, що при цьому зменшується об'єм ремонтних робіт на об'єкті і підвищується якість ремонту, так як ремонт проводиться в умовах стаціонарного, спеціалізованого і, можливо, поточного виробництва. При такій формі організації ремонтної служби виникає додатковий ефект від механізації робіт, концентрації виробничих потужностей (ремонтні заводи) і зменшення числа запасних частин, а також від збільшення міжремонтного періоду в результаті якісного ремонту.

Проектування нового блочно-комплектного обладнання (БКО) являє собою складний багатоступінчастий процес, що складається із трьох основних етапів:

- формулювання цілей (розробка технічного завдання);
- інформаційного моделювання (розробка технічної пропозиції, ескізного й технічного проектів, а також робочої конструкторської документації);
- виготовлення й експериментального дослідження, натурних зразків (коректування конструкторської документації для умов серійного виробництва).

При формуванні функції мети, при розробці оптимального варіанту, і функції обмежень слід зазначити ряд особливостей.

У випадку нової розробки, коли в першу чергу необхідно одержати ефект від створення й впровадження БКО, критерій технологічності відіграє роль функції обмеження. У випадку модернізації БКО, що випускається, для поліпшення економічних показників (або збереження на колишньому рівні) цільова функція формується на основі критерію технологічності.

При формуванні цільової функції розробки не завжди можна обмежитися одним критерієм, оскільки забезпечення технологічності БКО являє собою різноманітне завдання. Це завдання ускладнюється тим, що аналізу потрібно піддати не тільки безліч конструктивно-технологічних варіантів для вибору оптимального за умовами виготовлення й експлуатації, але й все різноманіття вимог, пропонованих до його транспортування й монтажу (таблиця 1).

Розглянемо основні особливості завдань забезпечення технологічності, що впливають із їх оптимізаційного характеру. Однієї з основних особливостей є те, що під поняттям «технологічність конструкції БКО» варто мати на увазі комплекс «конструкція — технологія», а також урахувати раціональні технологічні процеси спорудження. Зміна характеристик комплексу можлива за рахунок більш раціональних конструктивних рішень або технологічних методів, ефективність яких залежить від технологічної уніфікації. У цьому випадку типовий технологічний процес розглядається як спосіб адаптації системи (конструкції) до умов будівництва.

Кожний технологічний процес має певні техніко-економічні показники. Оптимальні показники в того варіанта конструкції, який можна виготовити (транспортувати, монтувати) по найбільш раціональній технології. Отже, представляючи технологічність конструкції у вигляді комплексу «конструкція - технологія», доцільно виконувати проектування, враховуючи задану технологію й змінюючи відповідно до цієї умови конструкцію. Друга особливість завдань забезпечення технологічності конструкції – підхід до формування системи обмежень. Оскільки технологічність конструкції є складовою частиною якості БКО, всі інші показники якості, мети, що не враховуються при формуванні функції, повинні бути включені в систему обмежень. Ще одна особливість полягає в тому, що рішення повинні прийматися з урахуванням можливості агрегування блокових пристроїв у БКО.

Під агрегуванням розуміють метод проектування технологічних установок, комплексів і об'єктів з уніфікованих блок-модулів багаторазового застосування, заснований на структурно-

змінному синтезі і який передбачає зміну кількості й характеристик стосовно нової продуктивності й технології.

**Таблиця 1 – Комплекс основних вимог до технологічності конструкції БКО**

Тип	Вимоги до технологічності конструкції
Виробничі	Зниження матеріаломісткості
	Підвищення технологічної адаптації конструкції по видам
	Рациональне розчленування блочно-комплектного обладнання, яке забезпечує конструктивно-технологічну спадковість складових частин і незалежність їх монтажу, випробовування і контролю
	Підвищення групової уніфікації блочно-комплектного обладнання і складових частин
Транспортні	Підвищення застосовності сортаменту матеріалів і комплектуючих деталей
	Забезпечення збереженості конструкції при транспортуванні, завантаженні і розвантаженні
Монтажні	Забезпечення транспортability по масі і габаритам
	Забезпечення зручності стиківки, приведення блочно-комплектного обладнання до площини кріплення до фундаменту і підключення до комунікацій
	Підвищення блочності
	Забезпечення взаємозамінності панелей, елементів кріплення і герметизації швів
Експлуатаційні	Виключення «мокрих» процесів і доробляння деталей на будмайданчику
	Забезпечення раціональних способів технічного обслуговування (наявність оглядових люків)
	Забезпечення властивості інвертарності
	Забезпечення можливості агрегатно-вузлового ремонту, взаємозамінності і легкозніманості

Важливий вид технологічності, яким повинна володіти конструкція блочного обладнання – це експлуатаційна технологічність. Тут основними властивостями можуть бути доступність контролю за поведінкою блочного обладнання, що експлуатується (контролепридатність) і пристосованість обладнання і його частин до проведення ремонтних операцій (ремонтпридатність). Ці дві властивості тісно зв'язані з працездатністю самого обладнання (напрацювання на відмову чи до n-ої відмови, технічним ресурсом). Очевидно, якщо блочне устаткування чи його частина володіють високими характеристиками надійності, необхідність у виконанні операцій по обслуговуванню зменшується. При цьому необхідно врахувати визначаючу особливість якості блочних устаткувань з точки зору експлуатаційної технологічності. Такі якості конструкції, як безпечність і зручність обслуговування, тяжко піддаються диференційованій кількісній оцінці. Достовірно ясно лише те, що всі блочні устаткування повинні забезпечити повну і безумовну безпечність обслуговування і ремонту. Це означає, що повинні бути збережені всі правила техніки безпеки, які відносяться до обслуговування і ремонту обладнання, апаратури і комунікацій, а також і інші вимоги безпечної роботи в умовах обмеженого простору, в яких може вестись робота.

Друга якість конструкції – зручність обслуговування, оцінка якого частково відображається в показнику ремонтпридатності, повинно відноситись до блочних устаткувань з деяким застереженням. Річ у тому, що обслуговування (огляд, профілактичні заходи на працюючому обладнанні) і ремонт обладнання складають лише частину часу експлуатації самого обладнання. При достатньо налагодженому обладнанні і технологічних процесах, в яких воно бере участь, періодичність обслуговування представляє величину третього і більше порядку мализни порівняно з часом експлуатації, а тривалість ремонту цього обладнання – величину другого порядку мализни. Тому вибір умов зручності обслуговування і ремонту потрібно шукати в техніко-економічних співставленнях.

До числа основних показників технологічності відносяться показники трудомісткості, металоємності й собівартості, застосовувані для всіх видів промислової продукції. Розрізняють наступні показники трудомісткості, металоємності й собівартості: сумарну (загальну), структурну, питому, порівняльну й відносну трудомісткість (металоємність, собівартість) (таблиця 2). Поряд з основними показниками технологічності для характеристики конструкції БКО використовуються

показники уніфікації. Показники уніфікації характеризують насиченість продукції стандартними, уніфікованими й оригінальними складовими частинами, а також рівень уніфікації з іншими подібними виробами.

Таблиця 2 – Визначення основних показників технологічності БКО

Види показника технологічності	Формули для визначення показника		
	Трудомісткість	Матеріаломісткість	Собівартість
Сумарна	$T = t_1 + \dots + t_k = \sum_{i=1}^k t_i$	$M = m_1 + \dots + m_n = \sum_{i=1}^n m_i$	Сумарна (загальна) собівартість продукції визначається в залежності від умов оцінки її технологічності у вигляді заводської, цехової, повної, неповної, проектної, планової, звітної.
Структурна	Структурна трудомісткість є складовим елементом сумарної (загальної) трудомісткості і визначається шляхом сумування трудомісткості по робочим місцям, апаратам чи агрегатам, які входять в склад однорідних в технологічному розумінні окремих цехів, ділянок чи видів робіт.	Структурна матеріаломісткість характеризує затрати окремих видів (сортів, марок) матеріалів і є елементом сумарної (загальної) матеріаломісткості	Структурна собівартість характеризує затрати по окремим видам робіт, які виконуються в окремих цехах, ділянках, лініях, які беруть участь в технологічному процесі виготовлення даної продукції.
Питома	$t_{num} = \frac{T}{B}$	$m_{num} = \frac{M}{B}$	$S_{num} = \frac{S}{B}$
Порівняльна	$t_n = \frac{T}{T_0}$	$m_n = \frac{M}{M_0}$	$S_n = \frac{S}{S_0}$
Відносна	$t_{відн} = \frac{t_i}{T}$	$m_{відн} = \frac{m_i}{M}$	$S_{відн} = \frac{S_i}{S}$

Прийняті позначення:

$T, M$  – сумарна трудомісткість, матеріаломісткість;

$t_{num}, m_{num}, S_{num}$  – питома трудомісткість, матеріаломісткість, собівартість;

$t_n, m_n, S_n$  – порівняльна трудомісткість, матеріаломісткість, собівартість;

$t_{відн}, m_{відн}, S_{відн}$  – відносна трудомісткість, матеріаломісткість, собівартість;

$t_1 \dots t_k$  – трудомісткість по окремим цехам, ділянкам і видам робіт, які беруть участь в технологічному процесі виготовлення даної продукції;

$k$  – кількість цехів, ділянок і видів робіт;

$m_1 \dots m_n$  – матеріаломісткість складової частини продукції;

$n$  – число складових частин продукції;

$T_0, M_0, S_0$  – базова трудомісткість, матеріаломісткість, собівартість, прийнята чи задана для порівняння при оцінці рівня технологічності по цьому показнику;

$B$  – одиниця параметра, що визначається;

$t_i, m_i, S_i$  – трудомісткість, матеріаломісткість, собівартість  $i$ -ої складової частини продукції.

Застосування Б и БКО обумовлює зниження витрати трудових і матеріальних ресурсів, зменшення тривалості будівництва наземних об'єктів і витрат при їхній експлуатації (рисунк 1).



Рисунк 1 – Структура наземного об'єкта в блочному виконанні

Експлуатація об'єктів нафтової й газової промисловості, виконаних із застосуванням блокових пристроїв, повинна вироблятися у відповідності з "Збірником інструкцій і рекомендацій з техніки безпеки для будівельників об'єктів нафтової й газової промисловості".

При проектуванні блочно-комплектного об'єкта повинні виконуватися наступні вимоги:

- надійна і безпечна експлуатація блокового устаткування;
- перенесення максимального обсягу будівельно-монтажних робіт на промислові, складально-комплектувальні підприємства й бази будівельної індустрії;
- чіткого поділу робіт нульового циклу з наземним і надземним розташуванням комунікацій.

Основними засобами для реалізації вимог, зазначених вище, є вдосконалення в області керування, організації, технології й техніки, а також досягнення малого об'єму споруджень наземного об'єкта шляхом:

- максимального використання стандартних і типових рішень і конструкцій Б и БКО високого ступеня заводської готовності, а також типових технологічних схем збору, обробки й транспортування нафти й газу, уніфікованих схем компонування генеральних планів;

- сполучення й обліку техніко-економічного обґрунтування в одному функціональному елементі однорідних функцій, реалізованих у різних Ф-Блоках, наприклад, використання одного джерела для енергопостачання основного технологічного процесу, електропостачання, теплопостачання, одержання й передачі інформації, керування; використання одного джерела (акумуляторна) для аварійного електропостачання маслосистем агрегатів, вузла зв'язку, диспетчерської, виконавчих механізмів арматур і ін.;

- зменшення розмаїтості (номенклатури) робочих агентів, що беруть участь у процесах (наприклад, використання повітря як робочого агента для охолодження, теплопостачання, передачі інформації), уніфікації їхніх параметрів;

- зменшення кількості (обсягу) робочих агентів, що беруть участь у процесах, на основі обліку різночасності їхнього використання, заміни резерву тимчасовим (пересувним), зведення розмірів резерву (оптимізація);

- інтенсифікації робочих процесів за рахунок підвищення тиску, температури, швидкостей робочих агентів для створення малогабаритного устаткування й агрегатів, приладів, блокових систем;

- скорочення чисельності обслуговуючого експлуатаційного персоналу, а також супутніх споруджень на об'єктах за рахунок підвищення надійності устаткування, автоматизації процесів, телемеханізації керування й застосування вахтового й безвахтового способів обслуговування;

- скорочення чисельності ремонтного експлуатаційного персоналу, а також супутніх споруджень на об'єктах шляхом застосування агрегатно-вузлового ремонту, при якому основні вузли й агрегати устаткування ремонтуються на централізованих спеціалізованих ремонтних базах (ЦСРБ), що розміщуються в економічно обґрунтованому радіусі обслуговування.

- зменшення обсягу інформації, що надходить на головний щит об'єкта, за рахунок використання переважно саморегульованого технологічного устаткування й агрегатів;

- зменшення загальної маси матеріалів, що витрачаються на створення наземного об'єкта, за рахунок сполучення однорідних функцій основи в різних конструкціях (наприклад, сполучення опорної конструкції блокового пристрою з фундаментом, із платформою транспортного засобу й ін.);

- зменшення об'ємної маси конструкційних матеріалів за рахунок застосування переважно легких металевих сплавів, полімерів і інших ефективних матеріалів;

- скорочення обсягів робіт нульового циклу на об'єктах за рахунок винесення технологічних трубопроводів, електричних кабелів на естакади або в комунікаційні коридори, застосування пальових і плитних фундаментів, мінімізуючих витрати праці й "мокрі" процеси;
  - зменшення займаних площ максимальним блокуванням на генплані, двоповерхового компонування блокових пристроїв як основного, так і допоміжного призначення, винесення із площадки блокових пристроїв, що мають із основними виробничими спорудженнями мінімум зв'язків або не мають зовсім;
  - використання багатофункціональних агрегатних конструкцій, що сполучають кілька видів процесів у єдиному корпусі або об'єднаних на одній основі;
  - поставки газоперекачуючих агрегатів заводами-виготовлювачами на монтажні площадки зі ступенем готовності, що забезпечує пуск в експлуатацію без розбирання й ревізії;
  - виконання компоновочних рішень Б и БКО на генеральних планах наземних об'єктів з мінімального числа зблокованих єдиних комплексів.
- При проектуванні блокових і блочно-комплектних пристроїв необхідно забезпечити:
- виконання вимог експлуатації (включаючи питання протипожежного захисту й безпеки праці);
  - виконання вимог технічної естетики й архітектури;
  - максимальну уніфікацію технічних рішень на всіх рівнях (від окремих блокових пристроїв до генерального плану);
  - об'єднання блокових пристроїв, розміщених у блок-боксах (ББ), у єдине приміщення (блок-будинок), що дозволяє одержати необхідні будівельні площі й обсяги з обліком їх вибухо- і пожежобезпеки;
  - максимальне підвищення компактності окремих блокових пристроїв і об'єкта в цілому (на основі застосування високого ступеня заводської готовності технологічного встаткування основного й допоміжного призначення й зчленування блок-боксів у єдине блок-будинок).

### Висновки

Метод блочно-комплектного будівництва наземних об'єктів нафтової і газової промисловості є одним із ефективних напрямків науково-технічного прогресу в області будівництва і забезпечує досягнення значного ефекту при експлуатації і ремонті.

Отже, при проектуванні об'єктів нафтогазового обладнання у блочно-комплектному виконанні варто прагнути до виконання з мінімального числа блокових пристроїв на основі створення комбінованих агрегатних конструкцій, великогабаритних блокових пристроїв (суперблоків), збірних конструкцій і вузлів максимальної одиничної маси.

### Література

1. Березин В.Л. Особенности задач оптимального проектирования блочно-комплектных устройств / Ю.В.Санников, В.Л. Березин // Нефтепромышленное дело и транспорт нефти. – 1984. – № 5. – С. 48-51.
2. Куриц С.Я. Блочно-комплектное строительство в нефтяной и газовой промышленности / С.Я. Куриц – М.: Недра, 1977. – 304 с.
3. Баталина Ю.П. Комплектно-блочное строительство объектов нефтяной и газовой промышленности: Справочное пособие / Ю.П.Баталина, В.Г.Чирскова, Г.И.Шмаля. – М.: Недра, 1986. – 576 с.
4. Расторгуев Г.А. Заводское изготовление блочно-комплектных устройств при сооружении наземных объектов магистральных трубопроводов в Западной Сибири / Расторгуев Г.А.// Комплектно-блочное строительство наземных объектов. -1985. – Вып. 4. –44 с.

*Стаття надійшла до редакційної колегії  
10.06.12*

*Рекомендована до друку оргкомітетом  
міжнародної науково-технічної конференції  
“Проблеми і перспективи транспортування нафти і газу”,  
яка відбулася 15-18 травня 2012 р.*