

РОЗБІЖНОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОЕКТУВАННЯ В УКРАЇНІ З СУЧАСНИМИ ВИМОГАМИ СВІТОВОЇ НАФТОГАЗОВОЇ ІНДУСТРІЇ

¹Б.В. Копей, М.Г. ¹Яриновський, ²В.Ю. Вязніцев

¹ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42331,
e-mail: koreyb@iung.edu.ua

² CNGS Engineering, 95034, м. Сімферополь, вул. Куйбишева, 2,
тел. (0652) 605973

Наведено порівняння етапів реалізації комплексних проектів у вітчизняній та міжнародній практиці і відповідно складу технічної документації; проведено аналіз структур проектних організацій; проведено аналіз підходів до екологічної складової будівельного інжинірингу та наведено ефективність запровадження системи автоматизованого проектування в проектних організаціях.

Пропонуються нові наукові результати та методи проектування з використанням САПР. Для оптимізації розрахунку, а також отримання найбільш точних результатів, використано комп'ютерну розрахункову програму Bentley AutoPIPE XM Edition, яка має необхідну сертифікацію та базується на методі кінцевих елементів. Внаслідок проведених розрахунків можна визначити оптимальні характеристики об'єкту, підібрати матеріал та вжити необхідні заходи щодо попередження критичних навантажень.

Ключові слова: інжиніринг, проект, документація, метод скінчених елементів, навантаження, температура.

Приведено сравнение этапов реализации комплексных проектов в отечественной и международной практике и соответственно состав технической документации проведен анализ структур проектных организаций; проведен анализ подходов к экологической составляющей строительного инжиниринга и приведены эффективность внедрения системы автоматизированного проектирования в проектных организациях.

Предлагаются новые научные результаты и методы проектирования с использованием САПР. Для оптимизации расчета, а также получения наиболее точных результатов, использована компьютерная расчетная программа Bentley AutoPIPE XM Edition, которая имеет необходимую сертификацию и базируется на методе конечных элементов. В результате проведенных расчетов можно определить оптимальные характеристики объекта, подобрать материал и принять необходимые меры по предупреждению критических нагрузок.

Ключевые слова: инжиниринг, проект, документация, метод конечных элементов, нагрузки, температура.

In this article the comparison of stages of complex projects in domestic and international practice and in accordance with the technical documentation is presented; the structures of design organizations are analyzed; the analyses of environmental component of engineering construction and computer-aided design system implementation in design organizations are introduced.

The authors offer new scientific results and design methods of using CAD system. To optimize the calculation, and obtain the most accurate results a computer calculation program – Bentley AutoPIPE XM Edition (certificated), based on the finite element method was applied. According to these calculations the optimal performance of the object can be determined, proper material can be selected and necessary measures to prevent critical loads can be taken.

Key words: engineering, project, documentation, finite element method, loads, temperature.

Вступ. У зв'язку з інтенсивними роботами на шельфах Чорного та Азовського морів в українському секторі та з планами щодо будівництва нових морських гідротехнічних споруд постає питання ефективної організації інжинірингових робіт. Порівнюючи світовий досвід організації виконання міжнародних проектів і вітчизняний, можемо констатувати, що реалізація складних комплексних проектів в умовах ринкової економіки ставить українські компанії у невідгідне становище. Це передусім пояснюється невідповідністю етапів проектування вимогам світової індустрії.

У статті наведено порівняння етапів реалізації комплексних проектів у вітчизняній та міжнародній практиці і відповідно складу технічної документації; проведено аналіз структур

проектних організацій; проведено аналіз підходів до екологічної складової будівельного інжинірингу та наведено ефективність запровадження системи автоматизованого проектування в проектних організаціях.

Аналіз сучасних закордонних і вітчизняних досліджень, публікацій. В літературі практично відсутні дані та порівняння етапів реалізації комплексних проектів нових морських гідротехнічних споруд у вітчизняній та міжнародній практиці і, відповідно, складу технічної документації [1-6].

Висвітлення невирішених раніше частин загальної проблеми. Невирішеними на даний час є адаптація структур проектних ор-

ганізацій до вимог міжнародного ринку; до цього часу практично не проведено аналіз підходів до екологічної складової будівельного інжинірингу та існує гостра необхідність запровадження сучасних ефективних систем автоматизованого проектування в проектних організаціях.

Постановка задачі досліджень, що розглядаються. В даній роботі автори поставили задачу порівняти технологію проектування в Україні та зарубіжний досвід. Виокремити організаційні проблеми, які постають перед науково-проектними інститутами та інжиніринговими компаніями.

Терміни та скорочення, використані у статті. Під інжинірингом розуміють широкий спектр послуг, починаючи від розробки технологій до комплектації обладнання та консультування щодо ефективності організації виробництва.

Feasibility study – Техніко-економічне обґрунтування проекту

FEED (Front End Engineering Design) – Розширений базовий проект

EPC (Engineering, Procurement, Construction) – Проектування, закупівля та доставка устаткування, будівництво (під ключ)

EPCM (Engineering, Procurement, Construction Management) – Проектування, закупівля та доставка устаткування, управління будівництвом

EPCM and Commissioning – Проектування, закупівля та доставка устаткування, управління будівництвом, передача в експлуатацію

Basic Design Package, Basis of Design, Basic Data, Basic Engineering Data Package – Базові дані, що видаються ліцензіаром для проектування технічних установок

Detailed Design – Робочі креслення

Detailed Engineering – Детальний інжиніринг

Невідповідність стадій проектування «Проект» і «Basic Design». В тендерних вимогах українських Замовників на проектування нафтогазових об'єктів для вітчизняних об'єктів використовується термін «Проект» (П) або «Робочий проект» (РП) (для технічно неважких проектів), а для іноземних «Basic Design». Проте аналіз свідчить, що ці поняття різні за об'ємом і кількістю документації, і в кінцевому результаті ставлять українські компанії у невигідне положення [1-5].

Будівельний інжиніринг завжди тісно пов'язаний з бізнес-процесами в рамках реалізації інвестиційних проектів. В Україні і в міжнародній практиці є відмінності в назвах, об'ємах і документальному оформленні етапів інжиніринга. Їх порівняння відображено в табл. 1. Широко використовуване у міжнародній практиці поняття «Basic Design» здебільшого є невизначеним за значенням і входить окремим етапом в частину проекту, яку називають «Basic Engineering Stage», яка, в свою чергу, включає передпроектні роботи і розробку проектної документації. Розробка проектної документації і Basic Engineering Stage являються етапами, які передують розробці робочої документації і Detailed Design відповідно. Об'єм робочої документації і документації Detailed Design повинні бути достатніми для побудови об'єкта. Співвідношення етапів виконання інжинірингових робіт вітчизняних компаній із зарубіжним досвідом відображено на рис. 1.

Для того, щоб підготувати об'єм документації для етапу Basic Design, звернемось до стандарту Американського нафтогазового інституту API RP 2A (розділ 9). У вказаному вище стандарті поняттю Design Basis приблизно відповідають «Design Drawings and Specifications». Відповідно API RP 2A на етапі Basic Design проектні креслення повинні давати наочну інформацію по основних компонентах об'єкта. Акцент на цих кресленнях ставиться на загальне розташування обладнання і основні характеристики обладнання. Проектні креслення включають план розташування і орієнтацію конструкції на родовищі та розташування обладнання на палубах платформ різної конструкції.

Співвідношення етапів виконання інжинірингових робіт згідно українських нормативних вимог і робіт по стандарту API RP 2A відображено на рис. 2.

Аналізуючи наведені вище порівняння, необхідно обережно підходити до використання терміну Basic Design як аналогічного до «Проект». Як правило, склад документів Basic Design визначається внутрішніми стандартами компаній, які спеціалізуються на проектуванні морських об'єктів, тобто відсутній чіткий перелік документів для цього етапу.

Оцінка вартості проекту на цьому етапі виконується з точністю від 10% до 15%. На думку деяких зарубіжних спеціалістів, в Process Design Package представлено близько 50% всієї необхідної документації по технологічному процесу об'єктів. На цьому етапі витрати на проектування технологічного процесу оцінюються в 50%.

Слід звернути увагу на тривалість виконання нафтогазових проектів. За міжнародними нормами можливе виконання робочої документації ще до того моменту, коли остаточно буде затверджено проектну документацію. В Україні, натомість, такої можливості нема, і присутнє більш складне бюрократичне оформлення документації. Це, в свою чергу, відображається на термінах реалізації проектів, а також до відсталості нововведених енергетичних комплексів від останніх тенденцій світового нафтогазового інжинірингу [6-11].

Підводячи підсумки даного розділу слід зазначити, що при проведенні тендерів на розроблення проектної документації для морських стаціонарних нафтогазових об'єктів за участі іноземних Виконавців в технічному завданні на проектування Замовником повинен бути представлений перелік необхідних для розробки документів. Ця умова не тільки поставить в рі-

Таблиця 1 – Етапи, документи і результати інжинірингової діяльності в процесі реалізації інвестиційного проекту

| Відповідно до міжнародної практики | Відповідно до вітчизняної практики |
|---|--|
| Передінвестиційний етап | |
| <u>Feasibility Study</u> (аналіз економічної доцільності): | <u>Інвестиційний задум:</u> |
| - Consulting | - Як правило відсутній |
| - Preliminary Engineering (попередній інжиніринг) | - Розробка документів: ✓ Техніко-економічні розрахунки (ТЕР); ✓ Техніко-економічне обґрунтування (ТЕО) |
| - Feasibility Report (техніко-економічний звіт) | |
| - Документи, які відповідають технічному завданню (ТЗ) і комплексному технологічному завданню (КТЛЗ), зазвичай не розробляються | - Розробка документів: ✓ Завдання на проектування; ✓ Технічне завдання на розробку обладнання |
| - підготовка конкурсної документації для ЕРС/ЕРСМ контрактів | - Розробка документів: ✓ Технічних вимог до основного обладнання для замовника (інвестора); ✓ Підготовка конкурсної документації для ЕРС/ЕРСМ контрактів |
| Інвестиційний етап | |
| - Basic Engineering (базовий інжиніринг) | - Розробка: ✓ Проект або робочий проект (РП) |
| - Detailed Engineering (детальний інжиніринг) | |
| - Здійснення функції технічного агента-інженера | - Відсутній |
| - Нагляд за будівництвом | - Авторський нагляд ведеться організацією, яка здійснила розробку проектної документації |
| - Участь в прийомі обладнання, в здачі об'єкта в експлуатацію | - Цю функцію виконує авторський нагляд, в тому числі участь в робочій і державній комісіях |

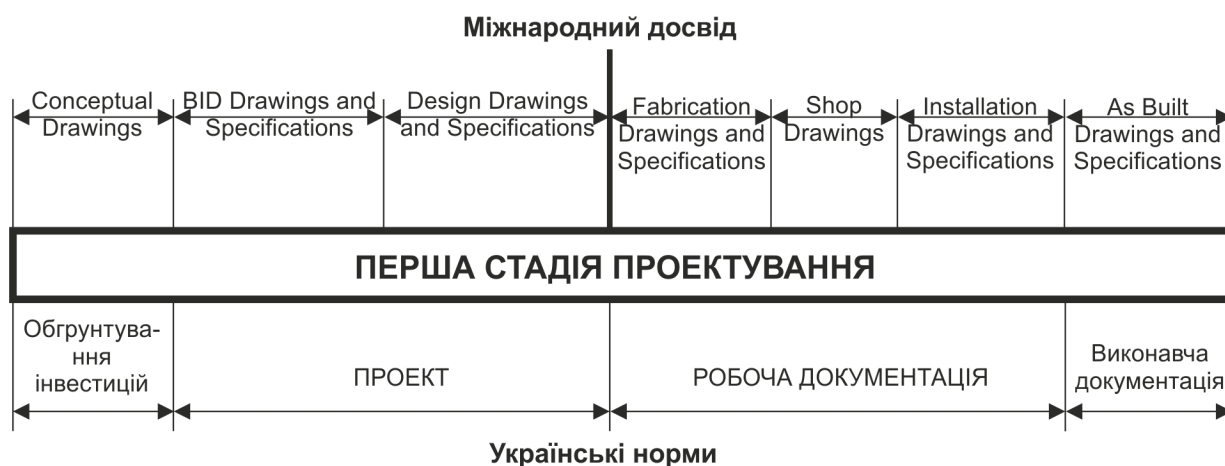


Рисунок 1 - Співвідношення етапів виконання інжинірингових робіт з будівництва морських гідротехнічних споруд українських та зарубіжних компаній

вні умови українських учасників тендерів, але й самому Замовнику дасть можливість отримати необхідний об'єм документації, яку він зобов'язаний представити на експертизу відповідно до Українського законодавства. Дуже важливо, щоб всі учасники складного процесу створення морських нафтогазових платформ

розуміли один одного, користуючись термінологією з чітким розумінням кожного поняття.

Характеристика стану інжинірингу в енергетичному секторі України. Важливий етап розвитку інжинірингу відбувся в 40-50 роках минулого століття. Після закінчення Другої

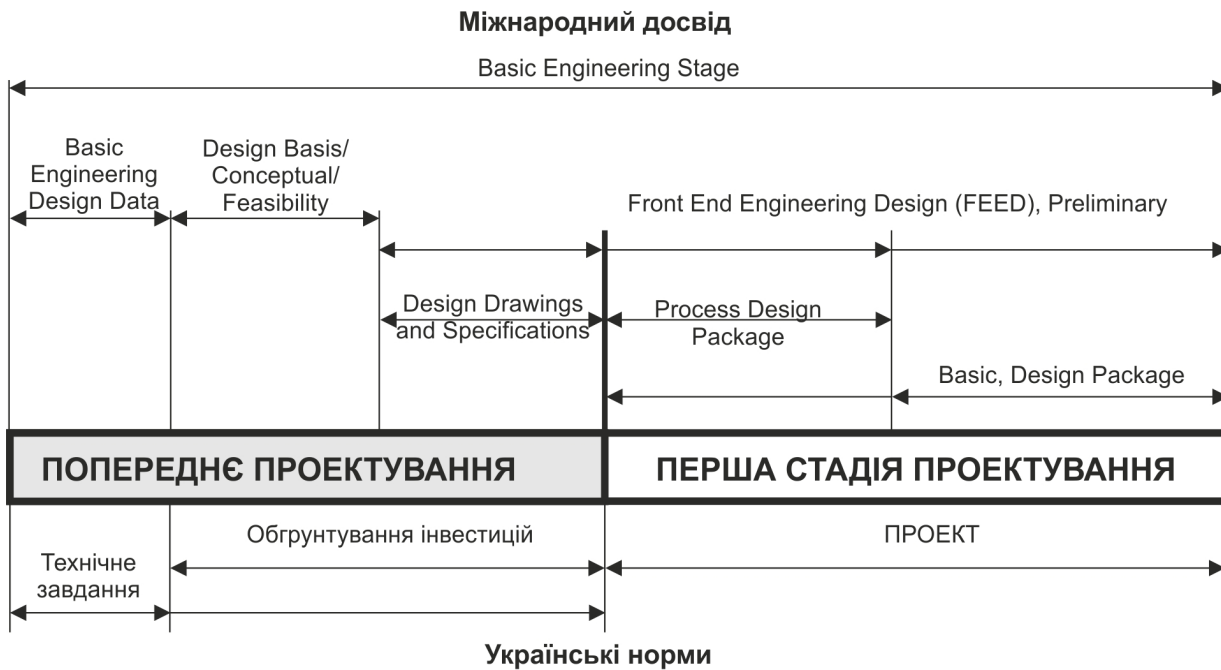


Рисунок 2 – Співвідношення етапів виконання інжинірингових робіт з будівництва морських гідротехнічних споруд згідно українських нормативних вимог та вимог Американського нафтового інституту

світової війни здійснювались великі проекти відновлення та модернізації об'єктів промисловості в Європі, а згодом почалась масштабна індустріалізація в країнах третього світу. У зв'язку з цим виникла нова для того часу потреба в комплексних інженерних послугах з метою реалізації проектів «під ключ». Нерідко умови контракту визначали не тільки будівництво промислових об'єктів, але і допомогу Замовнику у введенні в експлуатацію. Послуги в області інжинірингу стали більш різноплановими, виникли профільні внутрішні і міжнародні ринки.

В 1970-1980 рр. виникла потреба в уточненні поняття «інжиніринг», систематизація його видів, а також уніфікація інжинірингових визначень не тільки на внутрішньодержавному, а й на міжнародному рівнях. Саме тоді Європейська економічна комісія ООН розробила «Інструкцію з укладення міжнародних договорів інжинірингу», «Інструкцію з укладання міжнародних договорів консорціуму» і ін.

Сучасному етапу розвитку енергетичного сектора України в умовах становлення ринкових відносин і інтеграції у світові процеси характерні наступні особливості, які впливають на інжинірингову діяльність:

- реінжиніринг раніше використовуваних моделей організації робіт;
- перенесення функцій Замовника з державних органів на компанії різних форм власності;
- відхід держави від участі в ЕРСМ процесів у створенні нових об'єктів капітального будівництва;
- розширення області використання міжнародних стандартів – як в інжинірингу, так і в технічному регулюванні;

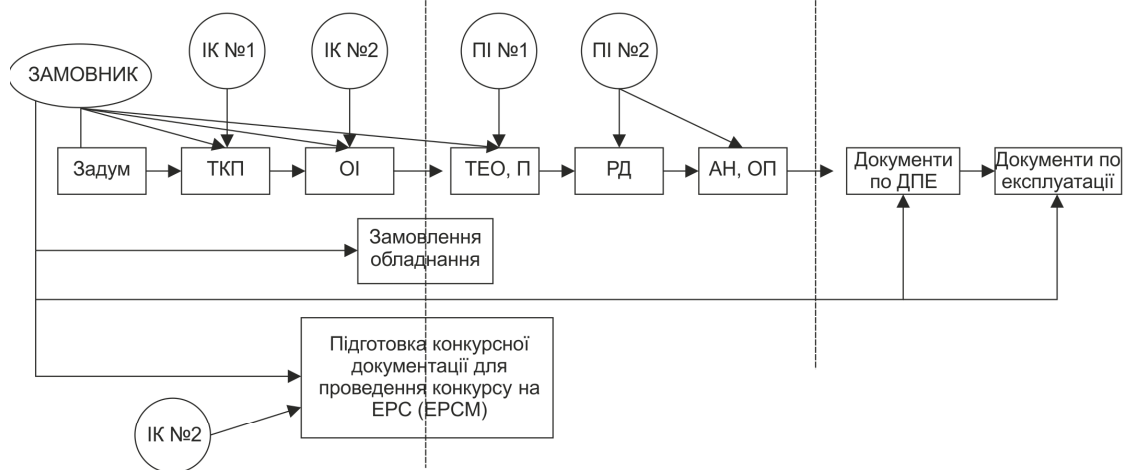
– формування на глобальному ринку інжинірингових послуг нових моделей росту і конкуренції.

Аналізуючи світовий досвід, можна виділити наступні категорії інжинірингових компаній – залежно від предметної області послуг:

- інженерно-консультаційні, які надають відповідні послуги без постачання обладнання;
- інженерно-технологічні – надають Замовнику технології, необхідні для будівництва промислового об'єкта і його експлуатації;
- інженерно-будівельні – вони можуть надавати весь комплекс послуг, пов'язаних зі створенням промислових і інших об'єктів на умовах «під ключ»;
- консультаційні з питань організації і управління (Management Consultant) – в перелік їх робіт входить управління підприємствами, організація виробництва, збут і т.д.;
- інженерно-дослідні, які в основному спеціалізуються на розробці технології виробництва нових матеріалів.

Рекомендована в умовах України схема переходу від теперішнього стану інжинірингу до кінцевої моделі взаємодії комплексної інжинірингової компанії і інших учасників будівельної діяльності наведено на рис. 3, 4. Організації, які представляють одну групу інжинірингових послуг (в силу технологічної єдності процесів створення і експлуатації технологічних систем) прийдуть до розуміння необхідності роботи в обох формах інжинірингу – будівельній і експлуатаційній.

Необхідність об'єднання послуг комплексного інжинірингу в рамках однієї компанії зумовлено наступними реаліями:



ТКП - техніко-економічна пропозиція
 ОІ - обґрунтування інвестицій
 П - проект
 РД - робоча документація
 АН - авторський нагляд

ОП - оперативне проектування
 ДПЕ - дослідно-промислова документація
 ІК - інжинірингова компанія
 ПІ - проектний інститут

Рисунок 3 – Типовий сучасний розподіл сфер бізнесу учасників будівельної діяльності

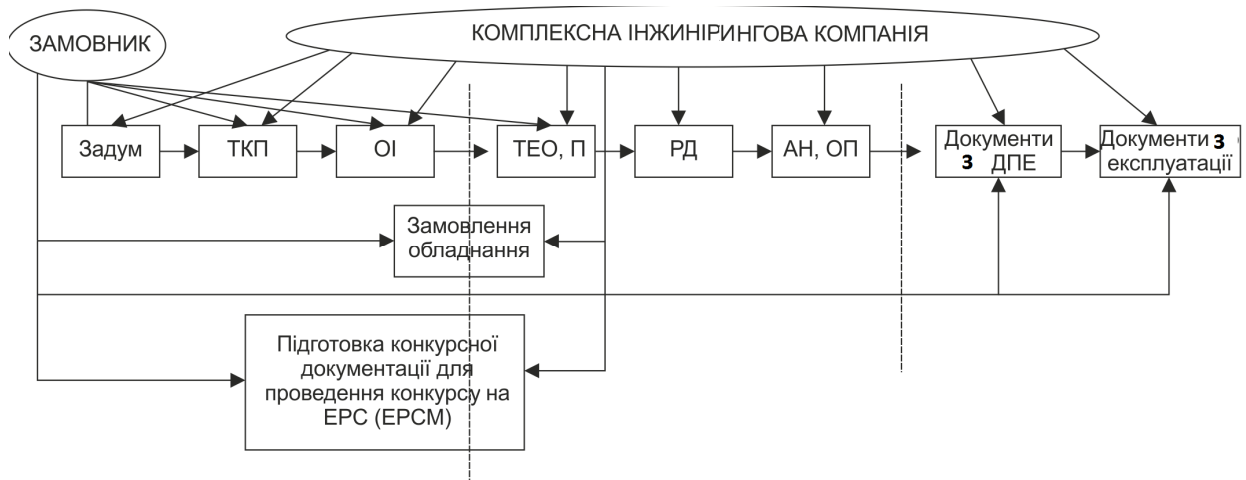


Рисунок 4 – Типовий сучасний розподіл сфер бізнесу учасників будівельної діяльності при запровадженні комплексного інжинірингу

- промисловий енергетичний об’єкт – надзвичайно складна і тому потенційно небезпечна система, що потребує єдності задуму і реалізації, а також єдності відповідальності за прийняття технічних рішень;
- оптимальний спосіб роботи з моделлю – супроводження від задуму до реалізації в робочих кресленнях;
- накопичення компетенції є найбільш ефективною і корисною, коли аналізується досвід експлуатації об’єкту і акумулюються практичні знання з метою удосконалення процесів в майбутньому;
- така схема дає змогу оптимізувати задум за критерієм ціна-якість.

Екологічна складова будівельного інжинірингу. В останні 30 років міжнародна спільнота приділяє все більшу увагу екологічним аспектам промислового і громадського будів-

ництва. Деякі спеціалісти виокремлюють нову сферу інженерної діяльності – екологічний інжиніринг. Його сутністю є моделювання природоохоронних заходів, а також формування екологічних потреб до проектної документації і контроль їх реалізації під час будівництва об’єктів.

Враховуючи тісний зв’язок будівництва і охорони навколишнього середовища, слід зауважити важливість екологічних проблем та їх вирішення в якості частини будівельного інжинірингу. Законодавство України в сфері охорони навколишнього середовища передбачає регулювання впливу господарської діяльності на навколишнє природне середовище за допомогою таких інструментів як проведення державної екологічної експертизи, екологічного контролю й екологічного моніторингу. Тут слід зауважити ускладнення бюрократичного оформлення екологічної документації, а також суворих

Таблиця 2 – Вітчизняний та міжнародний підходи до екологічної складової будівельного інжинірингу

| Міжнародний підхід | Вітчизняний підхід |
|--|--|
| Вимоги дотримання в інвестиційних проектах заходів з охорони навколишнього середовища формуються кредиторами (Всесвітнім банком, МБРР, ЄБРР). | Вимоги дотримання в інвестиційних проектах заходів з охорони навколишнього середовища формуються державними органами. |
| На передінвестиційному етапі і початкових етапах інвестиційної стадії проводиться класифікація проектів у міру можливого впливу на навколишнє середовище і визначається необхідність виконання екологічної експертизи. | Проведення екологічної експертизи обов'язкове на будь-якому об'єкті незалежно від його технологічної важкості, об'єму капітальних вкладень, рівня впливу на навколишнє середовище. |
| В процедурі екологічної експертизи принцип «презумпції потенційно небезпечної екологічної безпеки» не використовується. | В процедурі екологічної експертизи законодавчо введено принцип «презумпції потенційно небезпечної екологічної безпеки» запланованої господарської діяльності. |
| Матеріали екологічної експертизи розглядаються кредиторами і інвесторами. | Матеріали екологічної експертизи розглядаються державними органами (а також міжвідомчою комісією) по трьохетапній системі. |
| В основу екологічних експертиз на передінвестиційному і інвестиційному етапі закладено вимоги з моніторингу навколишнього середовища і відповідності результатів досліджень національним екологічним стандартам. | В основу екологічних експертиз на передінвестиційному і інвестиційному етапі закладено розрахункові методи, науковий аналіз, співставлення з аналогами і прогнозні оцінки. |
| Екологічні ризики оцінюються кредиторами, інвесторами, власниками і являються однією із основ для прийняття рішення про реалізацію інвестиційного проекту. | Екологічні ризики оцінюються державними органами, котрі приймають рішення про можливість реалізації інвестиційного проекту незалежно від форми власності компанії-замовника. |

вимог до обладнання, матеріалів і конструкцій в частині їх впливу на навколишнє середовище.

Аналіз підходів до екологічної чистоти об'єктів капітального будівництва в Україні та більшості розвинутих країн світу відображено в табл. 2. Вони зумовлені тим, що українські норми значною мірою суперечать законодавчо-закріпленим міжнародним принципам «мінімально необхідних вимог, що забезпечують екологічну безпеку» і «неможливості здійснення перешкод підприємницькій діяльності значною мірою, як це потрібно».

Інформаційні технології в проектуванні.

Науково-технічний прогрес швидкими темпами виводить світову нафтогазову індустрію на новий якісний рівень. Галузеві стандарти диктують все більш суворі правила проектування, а ринкова економіка зменшення термінів та вартості виконання комплексних проектів. Таку задачу можна вирішити лише переходом проектувальників до роботи з єдиною тривимірною моделлю проектного об'єкта разом з груповою методикою проектування даної моделі. Щоб залишатись на лідируючих позиціях передові нафтогазові компанії використовують систему автоматизованого проектування (САПР). САПР – це комп'ютерна система обробки інформації, що призначена для автоматизованого проектування (CAD), розроблення (CAE) і виготовлення (CAM) кінцевого продукту, а також оформлення конструкторської і/або техно-

логічної документації. Робота з САПР полягає у створенні інформаційної моделі виробу (двовимірної чи тривимірної, твердотільної), генерацію на основі цієї моделі конструкторської документації (креслень виробу, специфікацій тощо) і його наступний супровід.

САПР є особливо ефективним при запровадженні його у виконанні проектів «під ключ» (EPC). Інтегрована концепція проектування дає змогу ефективно здійснювати управління проектами та значно зменшити термін їх реалізації. САПР дає можливість Генпроектувальнику інтегрувати проектування та будівництво, а також здійснювати контроль за Субпідрядними організаціями. Це все робить можливим придбання обладнання та будівництво ще перед завершенням проектною стадією, тим самим зменшуючи терміни та вартість проекту. На рисунку 5 зображено 3D модель, яка дає змогу компанії CNGS Engineering, використовуючи САПР, підготувати тендерну документацію Basic Design всього за 14 днів. Ще одною перевагою запровадження САПР в EPC організаціях є можливість реалізації декількох проектів одночасно.

Використання САПР дає змогу здійснювати управління персоналом з більшою точністю та динамічністю. Впровадження системи дає можливість всім учасникам комплексного проекту працювати в одному інформаційному середовищі (що є особливо важливим для міжнародних проектів).

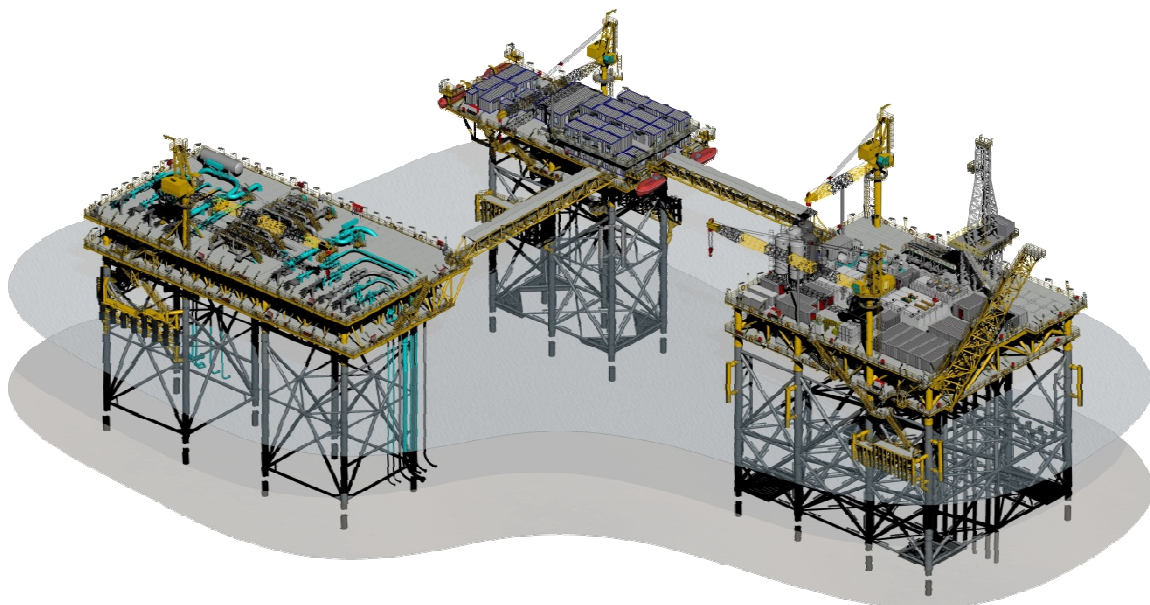


Рисунок 5 – 3D модель бурової, житлової та райзерних платформ для шельфу Каспійського моря

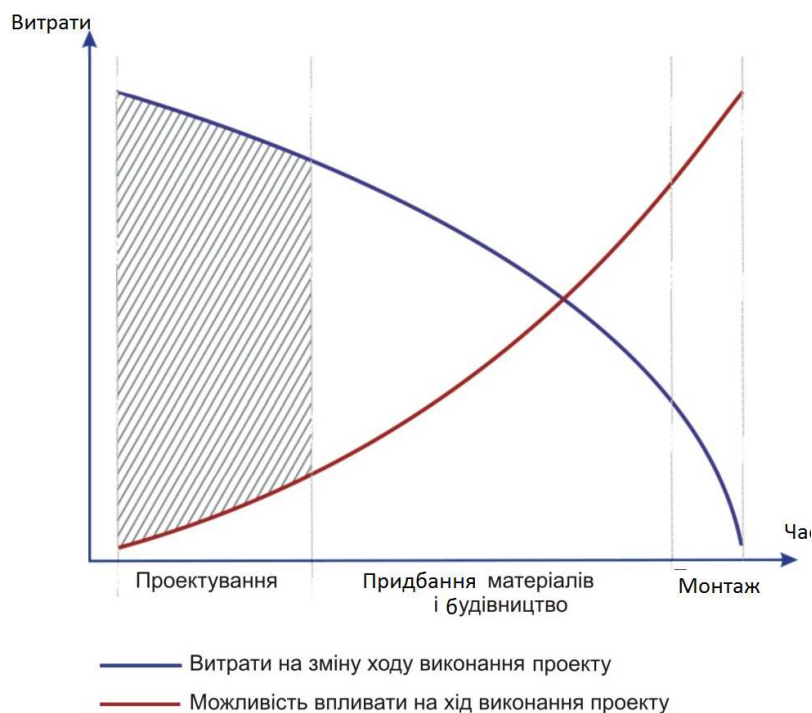


Рисунок 6 – Вплив витрат на можливість зміни ходу проекту в часі

Загальна частка вартості проектних робіт для реалізації проектів з будівництва морських стаціонарних платформ становить не більше 15%, проте неточності та помилки допущені на цьому етапі призводять до значних економічних втрат для підприємств. Схематичну залежність витрат на внесення змін в проект в процесі його реалізації зображено на рисунку 6. Точка перетину кривих – точка мінімальної рентабельності проекту (подальші зміни призводять до економічної недоцільності). Побудова деталізованої 3D моделі дає змогу передбачити потенційні ризики і таким чином зменшити капі-

таловкладення на етапі будівництва. На рис. 7 зображено 3D модель та фотографія райзерної платформи Block-4, термін реалізації проекту (проективання та будівництва) склав 11 місяців. Використання 3D моделі під час реалізації EPIC проекту групою компаній CNGS Group дало змогу отримати всю конструкторську документацію шляхом генерації планів, виглядів, ізометрій, специфікацій, відомостей матеріалів, а також проведення необхідних технологічних розрахунків в програмному комплексі компанії Bentley Systems.



Рисунок 7 – 3D модель та фотографія платформи Block-4, встановленої на шельфі Каспійського моря

Висновки

У статті наведено порівняння етапів реалізації комплексних проектів у вітчизняній та міжнародній практиці і відповідно складу технічної документації; проведено аналіз структур проектних організацій; проведено аналіз підходів до екологічної складової будівельного інжинірингу та наведено ефективність запровадження системи автоматизованого проектування в проектних організаціях.

Література

1 Екологічний менеджмент: навчальний посібник / За ред. В.Ф. Семенова, О.Л. Михайлюк. – К.: Знання, 2006. – 366 с.

2 Осика Л.К. Современный инжиниринг / Л.К. Осика // Профессиональный журнал. – 2010 (квітень). – 04 (76). – С. 11-21.

3 Мешко Н.П. Основные тенденции развития международной торговли технологиями / Н.П. Мешко, В.А. Попова // Эффективная экономика. – 2013. – № 5. – С. 12-18.

4 Презентація інвестиційного потенціалу України та Національних проектів у 16 фінансових центрах світу. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ukrproject.gov.ua>.

5 ДБН А.2.2-3-2012 «Склад, порядок розроблення, погодження та затвердження проектно-документації для будівництва». – К., 2012. – 26 с.

6 «Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms – Working Stress Design» API RP 2A-WSD. – 2005. – 54 pp.

7 Александр М. Неподходящий Basic Design / М. Александр, И. Каплин // Oil and Gas Journal Russia. – 2011 (травень). – № 05 (49). – С. 6-10.

8 Інжинірингова компанія CNGS Group. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.cngsgroup.com>.

9 Програма збільшення видобутку природного газу на шельфах Чорного і Азовського морів до 2015 року ДАТ «Чорноморнафтогаз». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.blackseagas.com>.

10 Програмний комплекс Bentley Systems. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.bentley.com>.

11 Копей Б.В. Аналіз конструкцій морських бурових та експлуатаційних платформ типу SPAR / Б.В. Копей, О. В. Жиліна // Буріння. – 2010. – № 1,2(5). – С.26-29.

*Стаття надійшла до редакційної колегії
04.04.13*

*Рекомендована до друку
професором Івасівим В.М.
(ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ)
професором Хоминцем З.Д.
(ТзОВ «ЕМПІ-сервіс», м. Івано-Франківськ)*