



**Viktor
F. Azhyshchev**
Ажищев Віктор
Федорович

УДК 005.8:629.5

METHODOLOGY OF SIMULATION OF SHIP CONSTRUCTION PROCESSES

МЕТОДОЛОГІЯ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ БУДІВНИЦТВА СУДЕН

DOI [https://doi.org/10.15589/smi2024.2\(19\).06](https://doi.org/10.15589/smi2024.2(19).06)

Viktor F. Azhyshchev¹

Ажищев Віктор Федорович,
канд. техн. наук, доц.
v.azhischev@gmail.com
ORCID: 0000-0002-3853-3553

Mykola T. Fisun²

Фісун Микола Тихонович,
д-р. техн. наук, проф.
mykola.fisun@gmail.com
ORCID: 0000-0002-8026-8861



Mykola T. Fisun
Фісун Микола
Тихонович

¹*Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv*

¹Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова,
м. Миколаїв

²*Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv*

²Чорноморський національний університет імені Петра Могили, м. Миколаїв

Abstract. Shipbuilding enterprises are actively operating automated production management systems, and research is being conducted to improve their efficiency by improving information technologies for data processing. All the specifics of shipbuilding must be taken into account when developing a modern three-level methodology of the enterprise management system. The main indicator in this shipbuilding shipyard management system is the labor intensity of the work. The efficiency of implementing the production program and reducing the cost of building ships directly depends on the quality of the applied system of planning and accounting units of work and the methodology of general management functions: modeling, planning, accounting, control and regulation. The object of research is the composition and structure of the organization of a shipyard for building ships, and the subject is the information processes of modern management of the production of competitive products using methods of resource optimization in market conditions of management. The purpose of the work is to develop a methodology for modeling shipbuilding processes based on the analysis of research on modern technologies of ship management and production, used by leaders of world companies, the use of which will increase the efficiency of resource management for the production of products in market conditions.

Key words: shipbuilding enterprise; planning and accounting units; labor intensity; network modeling of production processes; automated enterprise resource planning systems.

Анотація. На суднобудівних підприємствах активно експлуатуються автоматизовані системи управління виробництвом, та ведуться дослідження щодо підвищення їх ефективності шляхом удосконалення інформаційних технологій обробки даних. Вся специфіка суднобудівного будівництва має бути врахована при розробці сучасної методології трьохрівнів системи управління

підприємством. Основним показником у цій системі управління верф'ю з будівництва судна є трудомісткість виконання робіт. Ефективність з виконання виробничої програми та зниження собівартості побудови суден прямо залежить від якості застосовуваної системи планово-облікових одиниць робіт та методології загальних функцій управління: моделювання, планування, облік, контроль та регулювання. Об'єктом дослідження є склад та структура організації верфі для будівництва суден, а предметом – інформаційні процеси сучасного управління виробництвом конкурентної продукції з використанням методів оптимізації ресурсів у ринкових умовах господарювання. Мета роботи є виконання розробки методології моделювання процесів будівництва суден на основі аналізу дослідження сучасних технологій управління та виробництва суден, застосовувані лідерами світових фірм, використання якої підвищить ефективність управління ресурсами виробництва виробів в ринкових умовах господарювання.

Ключові слова: суднобудівне підприємство; планово-облікові одиниці; трудомісткість; мережеве моделювання виробничих процесів; автоматизовані системи планування ресурсів підприємства.

References

- [1] Koshkin, K.V. (1999). *Orhanizatsiya komp'yuternykh intehrovanykh vyrobnystv u sudnobuduvanni*. Mykolayiv: UDMTU, 220 p.
- [2] Azhishchev, V.F., & Potkin, O.O. (2023). Development of the system of classification and coding of planning and accounting units in the management of transport vessel construction projects. *Shipbuilding & marine infrastructure*. No. 1 (17). 16 p.
- [3] Bushuev, S.D. (2010). *Project management: basics of prof. knowledge and competence assessment system project. managers* Kyiv: IRIDIUM, 208 p.
- [4] Information technologies of project management / Yeganov O.E. (2020). etc. Warsaw: RS Global Sp. 94 p.
- [5] Torres, A. (2018). Identifying Challenges and success factors towards Implementing Industry 4.0 technologies in the Shipbuilding Industry. Delft University of Technology. 156 p.
- [6] Bernard, Ash. (2018). Digital shipyard sounds great but what is it? The technologies making it possible. DXC Technology Company. November. 11p.
- [7] Wikipedia. Retrieved from <https://wikipedia.org/wiki/Shipbuilding>.
- [8] Shamrai, F.A. (2019). Modern technologies for large-scale shipbuilding. *Neftegaz*. No. 8, Retrieved from <https://magazine.neftegaz.ru>.
- [9] Agarwala, N., & Chaudhary, R. D. (2019). Growth of Shipbuilding in China: The Science, Technology, and Innovation route. *Institute of Chinese Studies*. Delhi, 27 p.

Постановка проблеми. Наприкінці минулого століття на вітчизняних суднобудівних заводах активно експлуатувалися автоматизовані системи управління виробництвом та велася дослідницька робота щодо підвищення їх ефективності за рахунок удосконалення інформаційних процесів управління та автоматизації обробки даних. У країні з'явилися пакети прикладних програм із мережевого планування та управління (МПУ), за допомогою яких розробляється модель процесу будівництва судна і розраховуються терміни виконання робіт та обсяги необхідних ресурсів як в цілому, так і з прив'язкою до календарного графіку

побудови судна. Дані програмні комплекси активно впроваджувалися у складі автоматизованих систем управління виробництвом на вітчизняних верфях.

На основі аналізу історій впровадження пакетів МПУ при виробництві серійних судів середньої водотоннажності необхідно відзначити, що роботами мережевих моделей були планово-облікові одиниці (ПОО) внутрішньоцехового управління – бригадокомплекти, номенлатура яких становила від 10000 до 50000 одиниць [1]. В управлінні суднобудівним виробництвом дана ПОО є базовим елементом в ієрархії трьох рівнів системи, на яку виконуються розрахунки

трудомісткості виконання робіт та оформляється відрядний наряд для оплати праці бригади. При плануванні номенклатури робіт бригадокомплекти включаються цілком і приймання роботи не відсотковується, а здійснюється у закінченому вигляді. Розрахунок заробітної плати суднобудівникам здійснюється на основі закритих відрядних нарядів. За експертними оцінками фахівців це становище призвело до значної деталізації робіт для формування бригадокомплектів та збільшення їх кількості [1, 2].

Ручна побудова мережевої моделі з десятками тисяч бригадокомплектів спорудження судна з урахуванням специфіки організації всередині цехових процесів була досить складною проблемою, а витрати на обробку інформації найчастіше вимірювалися годинами безперервної роботи мейнфрейм з великою оперативною пам'яттю. Слід зазначити, що у цей період здійснювався перехід із ЄС ЕОМ па мережі персональних комп'ютерів з базами даних на серверах. Удосконалюється господарський механізм управління виробництвом, який переходить із адміністративно-директивного на економічно-фінансовий з правами самоврядування [3, 4].

На підставі викладеного можна зробити висновок, що застосовувана інформаційна технологія була складна в експлуатації і широкого застосування не отримала. Необхідно виконати системну структурування інформаційних ресурсів з управління виробництвом верфі орієнтовану на сучасні бізнес-процеси та на підставі досліджень розробити методологію з моделювання виробничих процесів будівництва судна, що є актуальним завданням у рамках вирішення наукової проблеми підвищення ефективності управління ресурсами суднобудівним виробництвом з використання сучасних інформаційних систем.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вирішення наукової проблеми підвищення ефективності управління ресурсами суднобудівним виробництвом з використання сучасних інформаційних технологій відображено в працях вітчизняних авторів, як Кошкін К.В. [1], Волков В.В., Старих Ю.В., Харитонов Ю.М. Однак великого значення

набувають питання удосконалення інформаційних процесів обробки даних при побудові суден. Аналіз зарубіжних наукових публікацій [5,6] показав, що основна увага приділена розвитку цифрових технологій в діяльності суднобудівних підприємств. При цьому опубліковані результати досліджень не дають обґрунтованих рекомендацій щодо методології моделювання процесів, та методів кодування інформації процесів побудови суден відповідно до вимог у ринкових умовах господарювання. Тому розробка даної методології з урахуванням специфіки суднобудівного провадження є актуальною проблемою.

Об'єктом дослідження є склад та структура сучасної організації виробництва верфях для будівництва суден.

Предметом дослідження – інформаційні процеси сучасного управління виробництвом конкурентної продукції з використанням методів оптимізації ресурсів у ринкових умовах господарювання за рахунок розвитку інноваційних комп'ютерних технологій.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Проте, незважаючи на значний внесок вищезазначених науковців, розвиток методології моделювання процесів будівництва суден потребує подальшого дослідження.

Мета статті. Виконання розробки методології моделювання процесів будівництва суден на основі аналізу дослідження сучасних технологій управління та виробництва суден, застосовувані лідерами світових фірм, використання якої призведе до скорочення термінів будівництва суден за рахунок раціонального використання трудових ресурсів та підвищення ефективності верфі.

Виклад основного матеріалу. Суднобудівна галузь у загальному машинобудуванні займає певний сектор промислового виробництва та має свою характерну специфіку. Одним із ключових факторів даної специфіки є номенклатура продукції, що виробляється. Стратегія позиціонування суднобудівної продукції окреслюється виробництвом на замовлення, а класифікація виробничих процесів – виробництво з фіксованим місцем розташуванням.

Основними характеристиками виробництва з фіксованим місцем розташування є:

- Основний виробничий персонал, який може працювати за кресленнями та загальним інструкціям, а не за докладними описами технологічного процесу;

- Виробничі ресурси (матеріали, персонал, інструмент, робочі центри та ін.) повинні бути в наявності у потрібний час для виключення простою.

Вибрана стратегія позиціонування процесу визначатиме:

- Вибір механізму планування (формування календарних планів виробництва за прийнятими рівнями управління, облік та контроль їх виконання);

- Політику у сфері забезпечення трудовими ресурсами;

- Політика забезпечення матеріальними ресурсами;

- Вибір фізичного розташування та планування виробничих потужностей;

- Склад завдань та критерії для працівників управління, які здійснюють контроль та аналіз виробничого процесу для прийняття обґрунтованих та ефективних рішень.

На підставі викладеного зазначимо, що стратегію позиціонування процесів суднобудівного підприємства прийнято називати як виробництво з фіксованим місцем розташування. Суднобудівні заводи розташовуються поруч із водною акваторією, яка використовується для будівництва проектів суден, а також для ходових випробувань та реалізації продукції замовнику. Головним критерієм верфі є характеристика будівельних місць корпусів суден (стапелів, елінгів та доків), яка визначає проектні потужності та номенклатуру класів та типорозмірів виробленої продукції.

Специфіка суднобудування полягає у наступному:

- Поєднання на одному підприємстві індивідуального, дрібносерійного та серійного виробництв (три типи позиціонування процесів);

- Значною тривалістю циклу побудови судна;

- Значній номенклатурі застосовуваних матеріальних ресурсів, комплектуючих

виробів та послуг, що надаються різними контрагентами;

- Нерівномірному розподілі виробничих витрат усіх видів ресурсів протягом циклу будівництва замовлення судна;

- Конструкторські документи суднобудівного виробництва, що встановлюють форму та порядок заповнення специфікацій на корпусні конструкції, що відрізняє їх від машинобудування;

- Застосування методології проектного управління в процесах побудови суден.

Специфіка суднобудування істотно впливає на характер організаційно-економічної діяльності підприємства [1, 2]. У ринкових умовах господарської діяльності необхідність впровадження сучасних технологій будівництва суден та управління їх виробництвом сприяє економічному зростанню та конкурентним перевагам верфі.

Разом із четвертою промисловою революцією Industry 4.0 в область суднобудування прийшла інноваційна платформа Shipbuilding 4.0, яка передбачає переведення проектування, виробництво та експлуатацію суден на повну автоматизовану цифровізацію під управлінням інтелектуальних систем у режимі реального часу. До таких технологій відносяться хмарні обчислення, Інтернет речей, штучний інтелект, доповнена реальність та блокчейн. Концепція також передбачає автоматизацію виробництва у вигляді впровадження сучасних передових технологій [5, 6].

Головними конкурентами у світовому суднобудуванні є Республіка Корея та Китайська Народна Республіка, яким належить більше половини всіх світових замовлень на нові судна та найбільша частка на ринку. Конкуренція між двома основними світовими суднобудівними країнами підштовхує до необхідності постійної модернізації галузі, використання новітніх технологічних засобів, підвищення якості продукції, формування ринкових стратегій для реалізації перспективних можливостей підприємств в умовах постійного змагання за будівництво нових судів [7]. Суднобудівна промисловість є динамічною, конкурентною та стратегічно важливою галуззю для економік

Південної Кореї та Китаю. Галузь також тісно пов'язана з багатьма галузями важкої промисловості, а також з навчальними, дослідницькими інститутами та вкрай залежною від державної підтримки та інвестиційних пільг, які вона отримує від урядів своїх країн [9].

Досліджуючи матеріали експертів із застосування сучасних технологій у виробничих процесах на верфях лідерів необхідно відзначити досить високий рівень автоматизації із застосуванням роботів та верстатів з ЧПК. Прикладом є верф Geoje (Samsung Heavy Industries) – найбільший суднобудівний завод компанії в Південній Кореї, який може похвалитися найвищою у світі оборотністю доків, спускаючи на воду близько 30 суден на рік. «Продуктивність верфі частково пояснюється найвищим у світі рівнем автоматизації: 68% виробничих процесів здійснюється за допомогою робототехнічних систем» – зазначає експерт [9].

В даний час світові лідери суднобудування активно застосовують блоковий метод будівництва, який являє собою розвиток секційного методу, судно розбивається на великі об'ємні частини – блоки, що виготовляються в складально-зварювальному цеху з окремих секцій, і подають на стапельне місце в готовому вигляді – як частина судна, з усіх боків обмежену конструкціями, що утворюють замкнуті відсіки чи приміщення. У готовому блоці виконують весь монтаж насичення. Готовність окремих блоків, що подаються на стапель, сягає 90%.

Такий метод спорудження судна скорочує час, необхідне формування корпусу на стапельному місці, збільшує пропускну здатність стапельів. Крім того, виготовлення корпусних конструкцій, що утворюють блоки судна в цехових умовах, – у закритому приміщенні, при максимальній механізації робіт з використанням роботів, покращують якість робіт і різко збільшують продуктивність у 3-4 разів [8].

В умовах всесвітньої глобалізації, посилення вимог до якості та вартості продукції, важливою конкурентною перевагою сьогодні стає наскрізний інформаційний супровід

життєвого циклу виробу. Особливо актуально це для суднобудування як для однієї з найбільш наукомістких галузей. Фірми світових лідерів суднобудування займаються реалізацією елементів інноваційної платформи Shipbuilding 4.0, використовуючи сучасні інформаційні системи: – проектування виробу – CAD, CAM, CAE; будівництва виробу-ERP; підтримка виробу-PLM, які широко представлені різними компаніями на ринку впровадження. Слід зазначити, що замовник може набувати системи над комплекти, а набором необхідних модулів і створювати своє інформаційне середовище для реалізації цільових функцій. У соціальних мережах представлені дані про активну співпрацю верфей з компаніями розробників про допомогу в реалізації свого бачення «цифрової верфі». HD Hyundai Heavy Industries, найбільша у світі верф, оголосила про спільний проект розробки (JDP) з NAPA та CADMATIC, двома провідними поставальниками інтелектуального морського 3D-проектування та інжинірингу. та програмне забезпечення для управління інформацією, щоб прискорити цифрову трансформацію суднобудівної галузі. У рамках спільного проекту буде розроблено рішення нового покоління для проектування судів та управління інформацією, в яке також буде вбудована система управління життєвим циклом продукції (PLM). Партнерство буде використовувати передові 3D-моделі та новітні розробки у галузі технологій управління інформацією для створення інтелектуальних рішень для підтримки всього процесу суднобудування.

Корейський велетень Samsung Heavy Industries Co. заявив, що підприємство повністю перейде на тривимірні моделі для всього процесу створення судна з його проектування до будівництва. У роботі будуть використовуватися технології штучного інтелекту та цифрових двійників. Таким чином вона стане першою у світі верф'ю, яка відмовиться від використання паперових креслень, повідомляє TopDaily.

Китайська В'єнконгська верф тривало співпрацює з компанією Dassault Systèmes із супроводу інформаційних систем CATIA

та DELMIA з проектування та будівництва суден.

Досвід застосування сучасних технологій і специфіка суднобудівного будівництва має бути врахована при розробці методології трьох рівнів системи управління підприємством при побудові суден. Необхідно також відзначити, що в вітчизняній галузі прийнята бригадна організація праці, а система оплати виконаних робіт здійснюється бригаді за фактично виконані роботи, які прийняті відділом технічного контролю. Заробітна плата виробничих робочих розподілялася за кваліфікацією посадових ставок.

Основним показником в оцінці витраченої праці під час виконання робіт з побудови судна є трудомісткість. На етапі побудови судна у практичній діяльності управління використовується нормативна, планова та фактична трудомісткості. Це привело до необхідності створення системи планово-облікових одиниць, яка відображає специфіку суднобудівного виробництва, та необхідна при плануванні, обліку, контролю та регулювання. Під планово-обліковою одиницею розуміється конкретний обсяг робіт із побудови судна, що є об'єктом планування та обліку виробництва. Показником планово-облікових одиниць робіт є трудомісткість. Побудована на використанні принципу конструктивно-технологічної єдності робіт при будівництві судна система повинна встановлювати технологічну послідовність їх виконання [1,2,4]. На вітчизняних заводах треба сприйняти сучасну систему класифікації планово-облікових одиниць [4], представлену в таблиці 1:

Таблиця 1. Розподіл ПОО замовлення за рівнями управління виробництвом

Планово-облікові одиниці	Рівні управління виробництвом
Замовлення (Зам)	Проект судна
Конструктивний елемент (КЕ)	Підприємство
Технологічний комплект (ТК)	Цех
Бригадокомплект (БК)	Бригада

Основним об'єктом у системі управління будівництвом проекту окремого судна на верфі приймається – “Замовлення”, яке має п'ятизначний цифровий код. Розбивка судна

здійснюється на будівельні райони, призначенням яких є координація місць виконання робіт на об'єкті замовлення. Склад ПОО за рівнем управління виробництвом судів, який орієнтований на блоковий метод будівництва суден як на стапелі, так і в цеху.

Конструктивний елемент (рівень – підприємство) називається сукупність робіт з виробництва блоків судна, з яких формується корпус та здійснюється облаштування приміщень, встановлення обладнання та систем різного призначення.

Технологічний комплект (рівень – цеха) називається сукупність робіт з виробництва узлов корпусних конструкцій або облаштування приміщень та систем, що виконуються цехом за конструкцією судна, результатом завершення яких є кінцева продукція цеху, необхідна для роботи суміжного цеху або здана замовнику за будівельним документом.

Бригадокомплект (рівень – бригада) називається сукупність робіт з виробництва у складі технологічного комплекту, що виконуються бригадою. Номенклатура робіт бригадокомплекту визначається технологічним процесом, за яким провадиться розрахунок обсягу витрат трудомісткості на виконання роботи. На бригадокомплект оформляється відрядне наряд, що визначає вартість оплати праці бригади в залежності від умов та якості виконаної роботи, результатом завершення якої є кінцева продукція бригади, яка приймається відділом технічного контролю та підтверджується відповідним документом. За якісне виконання роботи з відрядного наряду у встановлений термін проводилося матеріальне стимулювання бригади.

Бригадокомплект є базовим елементом у системі планово-облікових одиниць робіт суднобудівного підприємства, виходячи з якого формується вся інформаційна модель планування та обліку виробництва будівництва замовлення судна.

Основним показником планово-облікових одиниць у системі управління є трудомісткість, яка інтегрує ієрархію трьох рівнів управління на єдину систему замовлення судна.

Систему управління виробництвом слід розглядати як сукупність засобів та методів, що наказують певні взаємини між фахівцями підприємства для досягнення поставленої мети. При визначенні методів удосконалення управління в умовах ринкових відносин необхідно в основу поставити економічні оцінки виробничо-господарської діяльності підрозділів. Методологія сучасної системи управління виробництвом має будуватися на стимулах економічної зацікавленості при комплексному та якісному виконанні робіт.

Основним об'єктом у системі управління виробництвом є інформація, інтегрована у потоки, що описує інформаційні процеси. Фаза планування інформаційного потоку спрямована зверху донизу, а фаза обліку знизу до понад. Фаза контролю порівнює інформацію потоків і основі аналізу формує висновок результату, яким фаза регулюван-

ня приймає рішення на процес з метою досягнення поставленої мети.

На рис. 1 представлена модель системи управління суднобудівним виробництвом, побудована з використанням планово-облікових одиниць.

На моделі системи управління символ T – показник трудомісткості відповідної одиниці.

Розглянемо концептуально реалізовані функції планування та обліку підрозділами верфі відображені в моделі системи управління суднобудівним виробництвом.

1 рівень – Завод. Виконавцем функціональних завдань планово-економічний відділ (ПЭВ) заводу.

На стадії техніко-економічного планування розробляється та ведеться виробнича програма підприємства на перспективу розвитку. На її основі розраховується річний план виробництва та реалізації продукції



Рис. 1. Модель системи управління суднобудівним виробництвом

цехів з розбивкою за кварталами та місяцями, який узгоджується та затверджується. У цьому плані за замовленнями цеху визначено номенклатуру КЕ з показниками обсягу трудомісткості та терміном реалізації будівництва в плановому періоді.

2 рівень – Цех. Виконавцем функціональних завдань є виробничо-диспетчерський відділ (ПДВ) заводу.

На підставі показників річного виробничого плану та з урахуванням реального виконання робіт з будівництва замовлення судна цехам формуються місячні оперативні плани у ТК з показником трудомісткості та номенклатурою бригадокомплектів, що входять в техкомплект. Оперативний план цеху формуються у два етапи: попередній 15 числа попереднього місяця для опрацювання ресурсного забезпечення та остаточний після формування звіту поточного місяця.

3 рівень – Бригада. Виконавцем функціональних завдань є планово-розподільне бюро (ПРБ) цеху.

На підставі оперативного плану цеху формуються плани бригадам шляхом розподілу номенклатури БК, що входять до запланованих ТК, за бригадами під їх пропускні здібності, які виконуватимуть роботи з будівництва замовлення судна. На кожен БК оформляється відрядний наряд, що визначає показники вартості робіт та трудомісткість для розрахунку заробітної плати членам бригади та формування звіту. При виконанні роботи з БК проводиться її приймання відділом технічного контролю з оформленням закриття відрядного наряду.

Матеріальне стимулювання за якісно виконані бригадокомплекти не провадиться, а здійснюється за закритим цехом техкомплексом у встановлені терміни, що забезпечує бізнес-процес виробництва конструктивного елемента (блоку судна) вузловими частинами та фінансовими результатами.

На основі виконаних робіт та прийнятих ВТК за відрядним нарядом формується звітна інформація про календарну дату та трудомісткість за відповідним бригадокомплексом, яка передається по взаємозв'язку вхідності ПЗО на рівень технологічного комплексу, а потім конструктивного еле-

мента та замовлення в цілому. Таким чином, звітна інформація формується з низу вгору за рівнями управління виробництвом верфі, забезпечуючи достовірність показників у системі.

Важливе місце у системі управління виробництвом займають завдання планування бізнес-процесів. З погляду системного підходу реалізація завдань планування має будуватися на аргументованій та обґрунтованій базі з урахуванням потрібних та готівкових ресурсів

виробництва. Єдина базова інформаційна платформа має забезпечувати вирішення стратегічних (прогнозних), а також поточних (оперативних) завдань управління. Система класифікації та кодування інформаційних ресурсів в управлінні виробництвом має бути єдиною та орієнтованою на застосування алгоритмів автоматизованих, діалогових та сервісних програмних рішень користувача.

Численні дослідження та накопичений у суднобудуванні досвід [1, 2, 4] дозволяють укласти, що для вирішення планування та управління складним та специфічним виробництвом суднобудівної продукції необхідно використовувати сучасні методи математичного та мережевого моделювання.

Враховуючи накопичений досвід, трирівнева система управління виробництвом базується на детермінованій мережній моделі, роботою в якій буде ПОО цехового рівня -ТК [1, 3, 4]. Ця модель дозволяє описати та скоординувати діяльність цехів у ході будівництва замовлення, що є найбільш доцільним завданням ресурсного управління виробництвом. В основних цехах підприємства зосереджені виробничі потужності, енергетичні, трудові та інформаційні ресурси, необхідні для будівництва суден, які потрібно оптимально використовувати в бізнес-процесах.

При формуванні стратегічних і оперативних планів виробництва в системі управління необхідно мати програмний інструментарій з розрахунку потреби всіх видів ресурсів для виконання поставлених завдань, а для оперативного ще засоби з контролю за-

безпеченості потрібним ресурсами. Для цього необхідна детермінована мережева модель, роботами в якій будуть технологічні комплекти цехового рівня Формування та ведення даної моделі щодо визначення взаємозв'язків ТК має здійснюватися на основі затвердженої технології будівництва замовлення судна, а відповідно її створення та управління доступніше та зрозуміла фахівцям суднобудівникам. Значно скоротиться обсяг оброблюваної інформації у системі моделювання, що дозволить фахівцям ефективніше приймати рішення щодо управління виробництвом судів.

Математичний опис моделі ґрунтується на використанні теорії графів. Модель представляє орієнтований граф будівництва замовлення судна:

$$G=(X,U),$$

де: $X = \{x_i\}_{i=1, \dots, m}$ – множина вершин x_i , що відображають роботи техкомплектів замовлення судна;

$U = \{u_j\}_{j=1, \dots, n}$ – множина дуг u_j , що відображають технологічні та організаційні взаємозв'язки робіт технологічних комплектів замовлення судна.

Кожна дуга u_j визначає послідовності взаємозв'язку роботи пари техкомплектів

$$U_j = (x_i, x_{i'}),$$

де: x_i – попередній технологічний комплект;

$x_{i'}$ – наступний технологічний комплект.

Підмножина $X_n \subset X$ вершин – X_n не мають вхідних зв'язків іменуватимемо початковими.

Підмножина $X_k \subset X$ вершин – X_k не мають вихідних зв'язків називатимемо кінцевими.

Кожній початковій вершині визначається початковий час – W_n , який визначається календарною датою початку виконання роботи техкомплекту.

Вершина $X_i \in X$ характеризується тривалістю виконання роботи техкомплекту – L_i , трудомісткістю техкомплекту – T_i , які повинні задовольняти умовам: – $L_i > 0$; – $T_i > 0$.

На підставі сформованої моделі здійснюється розрахунок часових характеристик технологічних комплектів:

- L_z – тривалість шляху z-го замовлення;
- L_{kpz} – тривалість критичного шляху z-го замовлення;
- $W_{ипп}$ – дата раннього початку роботи i-го техкомплекту;
- $W_{ипз}$ – дата раннього закінчення роботи i-го техкомплекту;
- $W_{ипп}$ – дата пізнього початку роботи i-го техкомплекту;
- $W_{ипз}$ – дата пізнього закінчення роботи i-го техкомплекту.

Для формування та розрахунку мережевих моделей в даний час

ринку представлений великий спектр програмних систем.

ПДВ, використовуючи цю модель, успішно реалізує завдання оперативного управління цехами, використовуючи розрахункові часові параметри виконання робіт з ТК.

ПЕВ на базі даної моделі за датами виконання техкомплектів та їх вхідності до конструктивних елементів формує графік будівництва замовлення по КЕ у формі діаграми Ганта з тимчасовими параметрами та показниками трудомісткості виконавців робіт цехів. Ця таблиця є вихідною інформацією для розрахунку річної виробничої програми будівництва замовлень з показниками трудомісткості завантаження цехів на рік, квартал та місяць, на основі якої здійснюється оперативне планування цехів. Даний підхід дозволяє на єдиній моделі та загальній базі даних планово-облікових одиниць будівництва замовлень суден реалізувати завдання двох рівнів системи управління верф'ю, що забезпечить точність розрахунків та якість результатів бізнес-процесів.

ПРБ на основі оперативного цехового плану на місяць, який розрахований під його пропускну здатність, здійснює формування оперативних планів виробництва бригад з бригадакомплектів на заданий календарний період. Терміни виконання робіт задані у техкомплекті та їх мають виконати бригади цеху. На цій основі будуються бізнес-процеси економічних умов стимулювання праці. На внутрішньоцеховому рівні управління мети з будівництва замовлення поставлено і необхідно вирішувати завдання забезпечення трудовими ресурсами для

виконання робіт плану. Можна навести порівняння з матеріальними ресурсами, які необхідні для виготовлення конструкції. Без цього ресурсу виготовити конструкцію не можна. У зв'язку з викладеним актуальним є завдання при формуванні плану бригад розробка алгоритму розподілу трудових ресурсів за заданим цехом номенклатури робіт. Для вирішення цього завдання необхідно сформувати паспорти бригад цеху, в яких буде визначено пропускну спроможність бригади та види виконуваних робіт бригадокомплектів та їх трудомісткість. Далі з урахуванням математичних методів в автоматичному режимі попередньо проводиться розподіл усієї номенклатури. Потім у діалоговому режимі фахівці ПРБ оцінять результати і за необхідності можуть зробити редагування з огляду на практичний досвід. Такі програмні рішення успішно застосовувалися на вітчизняних заводах.

Ця методологія дозволить побудувати інтегровану систему управління суднобудівним провадженням на єдиній інформаційній

базі даних ПЗО для вирішення завдань ринкового господарського механізму із застосуванням сучасних інформаційних технологій.

Висновки. На основі аналізу діючих практик та дослідження сучасних технологій, що застосовуються провідними суднобудівними підприємствами, виконано розробку методології моделювання процесу будівництва судна з використанням удосконаленої системи планово-облікових одиниць, яка орієнтована на бізнес процедури економічних показників виробництва конструктивних елементів виробу при самофінансуванні в умовах ринкових відносин.

Прийнята методологія моделювання значно скоротить обсяг оброблюваної інформації, підвищить якість формування даних та виконання розрахунків часових, технологічних та економічних показників для прийняття обґрунтованих цільових рішень у процесі раціонального управління трудовими ресурсами, що призведе до скорочення термінів будівництва суден та підвищення ефективності верфі.

Список літератури

- [1] Кошкін К. В. Організація комп'ютерних інтегрованих виробництв у суднобудуванні. Миколаїв: УДМТУ, 1999. 220 с.
- [2] Ажищев В. Ф., Поткін О. О. Розвиток системи класифікації та кодування планово-облікових одиниць в управлінні проектами побудови транспортних суден. *Shipbuilding & marine infrastructure*. № 1 (17) 2023. 16с.
- [3] Бушуєв С. Д. Управління проектами: основи проф. знань і система оцінки компетентності проект. менеджерів. Київ: ІПІДУМ, 2010. 208 с.
- [4] Інформаційні технології управління проектами / Єганов О.Є. та ін. Варшава: RS Global Sp. 2020. 94 с.
- [5] Torres A. Identifying Challenges and success factors towards Implementing Industry 4.0 technologies in the Shipbuilding Industry. Delft University of Technology. 2018. 156 p.
- [6] Bernard Ash. Digital shipyard sounds great but what is it? The technologies making it possible. DXC Technology Company. November 2018. 11 p.
- [7] Вікіпедія. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Суднобудування>.
- [8] Шамрай Ф. А. Сучасні технології для великоблочного будівництва суден. *Neftegaz*. № 8, 2019. URL: <https://magazine.neftgaz.ru>.
- [9] Agarwala N., Chaudhary R. D. Growth of Shipbuilding in China: The Science, Technology, and Innovation route. Institute of Chinese Studies. Delhi, 2019. 27 p.

© Ажищев В. Ф., Фісун М. Т.

Дата надходження статті до редакції: 11.09.2024

Дата затвердження статті до друку: 20.09.2024