



**Viktor F.
Azhyshchev**
**Ажищев Віктор
Федорович**

УДК 005.8:629.5

TECHNOLOGY FOR DEVELOPING A NETWORK MODEL OF SHIP CONSTRUCTION USING TYPICAL ALTERNATIVE FRAGMENTS

ТЕХНОЛОГІЯ РОЗРОБКИ МЕРЕЖЕВОЇ МОДЕЛІ ПОБУДОВИ СУДНА ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ТИПОВИХ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ФРАГМЕНТІВ

DOI [https://doi.org/10.15589/smi2026.1\(22\).13](https://doi.org/10.15589/smi2026.1(22).13)

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

Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv
Національний університету кораблебудування імені адмірала Макарова,
м. Миколаїв

Abstract. Shipbuilding enterprises are actively operating automated production management systems and conducting research to increase their efficiency by implementing a process approach to enterprise management. The object of the research is the composition and structure of the shipyard organization for shipbuilding, and the subject is the information processes of modern production management of competitive products in market economic conditions. The purpose of the work is to study shipyard management systems to determine the technology for developing a network model of shipbuilding in new economic market conditions to increase the efficiency of using company resources, which is relevant. The basic element of production management is a system of planning and accounting units, which should be oriented towards project management business processes. The task of developing a system for modern requirements has been carried out, agreed with leading industry specialists and applied in work. The key element of the development of modern technologies is the full automated digitalization of production management (Shipbuilding 4.0 platform). Design of technology for developing a network model of shipbuilding using typical alternative fragments is focused on algorithmization and software development of a dialog system for automating these works. Scientific novelty. The technology for creating a model will allow automating the process of forming a network schedule and building an integrated shipbuilding production management system on a single database of planning and accounting units to solve the problems of the market mechanism of the business process approach using modern information technologies, which will increase production efficiency.

Key words: shipbuilding enterprise; planning and accounting units; labor intensity; network modeling technology; automated production management systems; market business conditions; project management.

Анотація. На суднобудівних підприємствах активно експлуатуються автоматизовані системи управління виробництвом та ведуться дослідження щодо підвищення їх ефективності за рахунок реалізації процесного підходу до управління підприємством. Об'єктом дослідження є склад і структура організації верфі для будівництва судів, а предметом – інформаційні процеси сучасного управління виробництвом конкурентної продукції ринкових умов господарювання. Метою

роботи є дослідження систем управління верф'ю для визначення технології розробки мережевої моделі будівництва судна в нових економічних умовах ринку для підвищення ефективності використання ресурсів компанії, що є актуальним. Базовим елементом управління виробництвом є система планово-облікових одиниць, яка має бути орієнтована на бізнес-процеси управління проектами. Завдання з розробки системи під сучасні вимоги здійснено, погоджено з провідними фахівцями галузі та застосовано в роботі. Ключовим елементом розробки сучасних технологій є повна автоматизована цифровізація управління виробництвом (платформа Shipbuilding 4.0). Проєктування технології розробки мережевої моделі спорудження суден із застосуванням типових альтернативних фрагментів орієнтована на алгоритмізацію та розробку програмного забезпечення діалогової системи для автоматизації даних робіт. Наукова новизна. Технологія створення моделі дозволить автоматизувати процес формування мережевого графіка та побудувати інтегровану систему управління суднобудівним виробництвом на єдиній базі даних планово-облікових одиниць для вирішення завдань ринкового механізму бізнес-процесного підходу із застосуванням сучасних інформаційних технологій, що підвищить ефективність виробництва.

Ключові слова: суднобудівне підприємство; планово-облікові одиниці; трудомісткість; технологія мережеве моделювання; автоматизовані системи управління виробництвом; ринкові умови господарювання; управління проектами.

References

- [1] Khodorkovsky, L.M. (1981). Metody informatsiinoho vidobrazhennia protsesiv vyrobnytstva ta upravlinnia na sudnobudivnomu pidpriemstvi [Methods of information display of production and management processes at a shipbuilding enterprise]. L.: Sudnobuduvannia – L.: Shipbuilding, 176 p. [in Ukrainian].
- [2] Koshkin, K.V. (1999). Orhanizatsiia kompiuternykh intehrovanykh vyrobnytstv u sudnobuduvanni [Organization of computer integrated production in shipbuilding]. Mykolaiv: UDMTU – Mykolaiv: UDMTU, 220 p. [in Ukrainian].
- [3] Yeganov, O.E. et al. (2020). Informatsiini tekhnolohii upravlinnia proiektamy [Information technologies of project management]. Varshava: RS Global Sp -Warsaw: RS Global Sp. 94 p. DOI: 10.31435/rsglobal/014. [in Ukrainian].
- [4] Torres, A. (2018). Identifying Challenges and success factors towards Implementing Industry 4.0 technologies in the Shipbuilding Industry. Delft University of Technology. . 156 p.
- [5] Azhishchev, V. F., & Potkin O. O. (2023). Rozvytok systemy klasyfikatsii ta koduvannia planovoblikovykh odynts v upravlinni proiektamy pobudovy transportnykh suden [Development of a system for classifying and coding planning and accounting units in the management of transport vessel construction projects]. *Sudnobuduvannia ta morskā infrastruktura – Shipbuilding & marine infrastructure*. No. 1 (17). pp.31–38. DOI: [https://doi.org/10.15589/smi2022.1\(17\).04](https://doi.org/10.15589/smi2022.1(17).04) [in Ukrainian].
- [6] Azhishchev, V.F., & Fisun M.T. (2024). Metodolohiia modeliuvannia protsesiv budivnytstva suden [Methodology of modeling shipbuilding processes]. *Sudnobuduvannia ta morskā infrastruktura– Shipbuilding & marine infrastructure*. No. 2 (19). pp. 59–68. DOI [https://doi.org/10.15589/smi2024.2\(19\).06](https://doi.org/10.15589/smi2024.2(19).06). [in Ukrainian].
- [7] Fateev, N., & Zaporozhets I. (2021) Mechanisms of operational portfolio management of projects in shipbuilding and ship repair. *Economics and Education*. Vol. 6 №1, P.259–271. Retrieved from <http://www.baltijapublishing.lv/article/download>
- [8] Bernard Ash. (2018). Digital shipyard sounds great but what is it? The technologies making it possible. DXC Technology Company. November. 11 p.
- [9] Brekhov, A.M., Volkov V.V. (1992). Orhanizatsiia sudnobudivnoho provadzhennia u umovy rynku [Organization of shipbuilding production in market conditions]. L.: Sudnobuduvannia – L.: Shipbuilding, 224 p. [in Ukrainian].
- [10] 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 задачі. На вітчизняних суднобудівних заводах активно експлуатувалися автоматизовані системи управління виробництвом та проводилася дослідницька робота щодо підвищення їх ефективності за рахунок удосконалення інформаційних процесів управління та автоматизації обробки даних. У складі даних систем вирішувалися завдання з мережевого планування та управління виробництвом. Розроблялися мережеві моделі процесів будівництва суден, з урахуванням яких розраховуються терміни виконання робіт і обсяги необхідних ресурсів. Ці програмні комплекси активно впроваджувалися на вітчизняних верфях.

У країні з'явилися пакети прикладних програм з мережевого планування та управління (МПУ), за допомогою яких розробляється модель процесу будівництва судна та розраховуються терміни виконання робіт та обсяги необхідних ресурсів як загалом, так і з прив'язкою до календарного графіка судна. Дані програмні комплекси активно впроваджувалися у складі автоматизованих систем управління виробництвом вітчизняних верфях.

На основі аналізу історій впровадження програмних комплексів при виробництві судів середньої водотоннажності необхідно відзначити, що роботами мережевих моделей були планово-облікові одиниці (ПОО) внутрішньоцехового управління – бригадокомплекти, номенклатура яких складала від 10000 до 50000 одиниць [1, с. 40]. В управлінні суднобудівним провадженням дана ПОО є базовим елементом в ієрархії трьохрівневих систем, на яку виконуються розрахунки трудомісткості виконання робіт та оформляється відрядний наряд для оплати праці бригади та формування звітних даних. За експертними оцінками фахівців це становище призвело до значної деталізації робіт із формування бригадокомплектів та збільшення їх кількості [1, с. 86; 2, с. 129].

Побудова та управління мережевою моделлю з десятками тисяч бригадокомплектів спорудження судна з урахуванням специфіки організації всередині цехових процесів була досить складною проблемою, а витрати на обробку інформації найчастіше вимірю-

валися годинами безперебійної роботи мейнфрейму з великою оперативною пам'яттю. Слід зазначити, що в цей період здійснювався перехід з ЄС ЕОМ через мережу персональних комп'ютерів з базами даних на серверах. Удосконалюється господарський механізм управління виробництвом, що переходить із адміністративно-директивного на економічно фінансовий із правами самоврядування [3, с. 80; 4, с. 157].

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 суднобудівним виробництвом з використання сучасних інформаційних систем.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Підвищення ефективності управління суднобудівним виробництвом з використанням сучасних інформаційних технологій є актуальним завданням та його необхідно вирішувати на базі аналізу досвіду застосування діючих систем та останніх досліджень. Аналіз досвіду застосування систем МПУ, у яких автор брав безпосередню участь, показує проблеми системного характеру. Вони полягають у наступному:

- система планово-облікових одиниць за рівнями управління не забезпечувала конструктивного принципу єдності для економічного управління бізнес-процесами та потребувала модернізації;

- бригадокомплекти значительно деталізовались по причині 100% виконання їх для отчета цеха и сдельным нарядом по оплаты труда, а по этому их количество измерялось десятками тысяч на заказ постройки судна;

- методология формирования сетевой модели процесса постройки заказа осуществлялась в бригадокомплектах цехового

уровня управління со всіма проблемами обробки таких об'ємів інформації, не говоря уже о прийнятті цільових рішень строительства судна.

Вирішенням цих проблем займалися галузеві фахівці та науковці. Наукова робота автора [1] присвячена методам інформаційного відображення процесів виробництва та управління на суднобудівному підприємстві. У ній наведено описи та методику автоматизації процесу створення багаторівневих моделей виробництва та управління на базі типових альтернативних фрагментів. Показано, як на основі таких моделей здійснюється внутрішньозаводське планування та керування. Пілотний проєкт показав можливість будувати модель на ЕОМ, але розрахунок її займав кілька годин, тому що обсяг робіт становив 15000. Експлуатувати таку систему було неможливо.

Автори досліджень у роботі [9] розширюють сфери застосування МПУ у виробництві машинобудування, технічної підготовки виробництва та управлінні документообігом. Розроблено математичну модель за методом наскрізних позицій під методологію централізованого управління виробництвом.

Актуальність розвитку управління виробництвом у період зростає у зв'язку з трансформацією суспільства на бік ринкової економіки. Створюється Українська асоціація управління проєктами «УКРНЕТ» у 1991 р. Профільним напрямком діяльності компанії є розробка та реалізація різнопланових досліджень у галузі розвитку підприємств (бізнесів) на основі проєктного підходу, навчання, а також надання комплексу консалтингових послуг у сфері управління проєктами інституційним та приватним клієнтам. Даному напрямку присвячені дослідження авторів.

Наукову роботу автора [2] присвячено управлінню проєктом з організації комп'ютерних інтегрованих виробництв у суднобудуванні. У книзі викладено методологічні засади управління проєктами будівництва суден на основі бізнес-процесів в умовах ринкової економіки. Визначено комплекси завдань щодо функцій системи

управління виробництвом та розроблено математичні моделі, що забезпечують аналіз потреб ресурсів для реалізації проєкту.

У роботі авторів [7] досліджено механізми оперативного управління портфелем проєктів у суднобудуванні та судноремонті. В рамках проведених досліджень розроблено модель формування портфеля проєктів з мінімізації ризиків та максимізацією прибутку, оптимізаційну модель формування взаємопов'язаних проєктів. Застосування практично даної методології дозволяє підвищувати рентабельність діяльності підприємства.

Практичне застосування методології та цифровізацію наукових рішень управління проєктами підвищує ефективність виробництва, що відзначається багатьма дослідниками.

Разом із четвертою промисловою революцією Industry 4.0 в область суднобудування прийшла інноваційна платформа Shipbuilding 4.0, яка передбачає переведення проєктування, виробництва та експлуатацію суден на повну автоматизовану цифровізацію під управлінням інтелектуальних систем у режимі реальної години. До таких технологій відносяться хмарні обчислення, Інтернет промов, штучний інтелект, доповнена реальність та блокчейн. Концепція також передбачає автоматизацію виробництва у вигляді впровадження сучасних передових технологій. Дані дослідження представлені автором [4].

Дослідження автора [8] щодо застосування сучасних технологій у виробничих процесах на верфях лідерів необхідно відзначити досить високий рівень автоматизації із застосуванням роботів та верстатів з ЧПУ. Прикладом є верф Geoje (Samsung Heavy Industries) – найбільший суднобудівний завод компанії в Південній Кореї, у якого найвища у світі оборотність доків, близько 30 суден на рік. Продуктивність верфі частково пояснюється найвищим у світі рівнем автоматизації: 68% виробничих процесів здійснюється за допомогою робототехнічних систем.

У матеріалах дослідження автора [10] наголошується, що Китайська В'єнконгська верф тривало співпрацює з компанією

Dassalt Sestemes із супроводу інформаційних систем CATIA та DELMIA з проєктування та будівництва суден.

Аналіз наукових публікацій показав, що основну увагу акцентовано на розвитку та впровадженні цифрових технологій у виробництво та управління суднобудівним підприємством відповідно до умов ринкової економіки. При цьому опубліковані результати досліджень не дають обґрунтованих рекомендацій щодо методології моделювання процесів та методів обробки інформації виробництва судів. На підставі викладеного розробка технології створення моделі спорудження судна з використанням типових альтернативних фрагментів у ринкових умовах виробництва є актуальною.

Методи, об'єкт та предмет дослідження

Об'єктом дослідження – 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. Однак, незважаючи на значний внесок вищезгаданих учених, розвиток технології моделювання процесів будівництва судна в управлінні верф'ю в економічних умовах виробництва, що змінилися, вимагає подальшого дослідження.

Мета статті. Виконання розробки технології моделювання процесу будівництва судна на основі дослідження сучасних технологій управління виробництвом, використання якої призведе до скорочення термінів виконання замовлень за рахунок раціонального використання трудових ресурсів та підвищення ефективності верфі.

Основний матеріал. Специфіка суднобудування істотно впливає на характер організаційно-економічної діяльності підприємства.

Вона знаходить вираз у наступному:

– поєднання на одному підприємстві індивідуального, дрібносерійного та серійного виробництв;

– великою тривалістю циклу будівництва судна;

– значній номенклатурі застосовуваних матеріальних ресурсів, комплектуючих виробів та послуг, що надаються різними контрагентами;

– нерівномірним розподілом виробничих витрат усіх видів ресурсів протягом циклу будівництва замовлення судна;

– застосуванням специфічних показників і методів планування та обліку виробництва продукції;

– відрядна оплата праці основного виробничого персоналу.

Велика конструктивна складність і тривалість будівництва суден зумовили створення системи планово-облікових одиниць (ПОО), необхідної для організації ефективного управління виробництвом у трьохрівневій структурі верфі [1, с. 7]. Під планово-обліковою одиницею розуміється конкретний обсяг робіт із побудови судна, що є об'єктом планування та обліку виробництва. Основним показником планово-облікових одиниць робіт є трудомісткість, яка інтегрує рівні управління в єдину систему. Побудована на використанні принципу конструктивно-технологічної єдності робіт при будівництві судна система повинна встановлювати технологічну послідовність їх виконання.

На вітчизняних заводах треба прийняти сучасну систему класифікації планово-облікових одиниць [5, с. 31], 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 проєкту окремого судна на верфі приймається – “Замовлення”, яке має п'ятизначний цифровий код. Розбивка судна здійснюється на будівельні райони, призначенням яких є координація місць виконан-

ня 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 вузлів 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) – сукупність робіт з виробництва у складі технологічного комплексу, що виконується бригадою. Номенклатура робіт бригадокомплекту визначається технологічним процесом, за яким провадиться розрахунок обсягу витрат трудомісткості на виконання роботи.

Система кодування планово-облікових одиниць представлена на рис. 1.

За системою класифікації та кодування ПОО технологічна служба підприємства на

основі даних проектно-конструкторських документів розробляє відомості технологічних комплектів кожному виробничому цеху на замовлення. Номер замовлення та номер цеху винесено у заголовок документа. Текст документа сформований за розділами, які визначають номер та назву конструктивного елемента з показником трудомісткості, а потім перелік технологічних комплектів з бригадокомплектами, що входять до них, з назвами та показниками трудомісткості.

На рис. 2 представлена модель системи управління суднобудівним виробництвом, побудована з використанням планово-облікових одиниць.

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

Розглянемо концептуально реалізовані функції планування та обліку підрозділами верфі, які відображені у 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 заводу щодо укладання контрактів на перспективу розвитку. На її основі розраховується річні плани цехам щодо обсягів виробництва конструктивних елементів за-

1. Зам - <u>XXXXX</u>	
1-номер замовлення	
2. KE - <u>XX</u>	
1-номер конструктивного елемента	
3. ТК- <u>XX XXX 00</u> - Номер ТК	<u>XXX XX X XX XXX XX XX</u> -Код ТК
1 2 3.1	1 2 3 4 5.1 6 7
4. БК- <u>XX XXX XX</u> -Номер БК	<u>XXX XX X XX XXX XX XX</u> -Код БК
1 2 3.2	1 2 3 4 5.2 6 7
1-номер цеху	1-Конструктивна група креслення з СЧХ
2-порядковий номер ТК	2 -Будівельний район судна
3.1-два нулі в ТКЗ	3 -Індекс блоку-(палуби)
3.2-порядковий номер БК у ТК	4 -Номер секції-(приміщення)
	5.1-Код виду роботи цеху для ТК
	5.2-Код виду роботи бригади для БК
	6-Номер цеху
	7-Номер конструктивного елемента

Рис. 1. Система кодування планово-облікових одиниць

мовлення з розбивкою на квартали та місяці, який узгоджується та затверджується. У цьому плані цеху за замовленнями визначено номенклатуру КЕ з показниками обсягу трудомісткості та терміном реалізації будівництва в плановому періоді.

2 рівень – Цех. Виконавцем функціональних завдань є виробничо-диспетчерський відділ (ВДВ) 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 бригадо-комплектів, що входять в технологічний комплект. 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 трудомісткості 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.

На основі виконаних робіт та прийнятих ВТК за відрядним нарядом формується звітна інформація про календарну дату та трудомісткості за відповідним бригадо-комплексом, яка передається в системі ПУЕ щодо взаємозв'язку входження до рівня технологічного комплексу, а потім конструктивного елемента та замовлення в цілому. Таким чином, звітна інформація формується з низу вгору за рівнями управління виробництвом замовлення, забезпечуючи достовірність показників у системі загалом.

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

Важливе місце у системі управління виробництвом займають завдання плануван-



Рис. 2. Модель системи управління суднобудівним виробництвом

ня 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 [5, с. 35].

Численні дослідження та накопичений у суднобудуванні досвід дозволяють укласти, що для вирішення планування та управління складним та специфічним виробництвом суднобудівної продукції необхідно використовувати сучасні методи математичного та мережевого моделювання [3, с. 71; 4, с. 85].

Враховуючи накопичений досвід, трирівнева система управління виробництвом базується на детермінованій мережній моделі, роботами в якій будуть технологічні комплекти – ПОО цехового рівня [6, с. 59]. Ця модель дозволяє описати та скоординувати роботу 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 для розрахунку потреби та контролю

забезпеченості всіх видів ресурсів для виконання поставлених завдань. 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 приблизно в 5 разів обсяг оброблюваної інформації у системі моделювання, що дозволить фахівцям ефективніше приймати рішення щодо управління виробництвом судів [6, с. 60].

Розглянемо з прикладу технологію розробки фрагмента мережевої моделі будівництва 5 блоку проєкту судна. Модель будується у термінах робіт, якими є технологічні комплекти цехів виконавців будівництва блоку 5. Корпусний цех №1 здійснює обробку металу та комплектування деталей для виготовлення секцій. Складально-зварювальний цех № 3 проводить складання та зварювання секцій. Стапельний цех №4 виконує формування та зварювання блоку 5, стикування з корпусом та випробування на непроникність. Номенклатурна відомість виконуваних робіт цехами блоку 5 по ТК представлена в таблиці 2, яка є основою для побудови детермінованої мережевої моделі. На основі прийнятої технології визначаємо взаємозв'язки видів робіт технологічних комплексів цехів із будівництва замовлення блоку 5 проєкту судна.

На рис. 3 наведено приклад фрагмента мережевої моделі будівництва блоку 5.

На основі даної технології формується мережева модель на всі блоки проєкту корпусу судна і замовлення в цілому.

Таблиця 2. Номенклатурна відомість ПОО ТК цехів по блоку 5 замовлення судна

Номер		Код ТК	Назва роботи	Трудомі. н/год
ТК	БК			
01015	00	101:02:1:24:020:01:05	Початок обробки металу 21	600
01016	00	101:02:1:25:020:01:05	Початок обробки металу 22	500
01017	00	101:02:1:26:020:01:05	Початок обробки металу 23	500
01018	00	101:02:1:27:020:01:05	Початок обробки металу 24	400
03011	00	112:02:1:24:031:03:05	Виготовлення днищевої сек. 224	1900
03012	00	111:02:1:25:030:03:05	Виготовлення бортової сек. 225	1600
03013	00	111:02:1:26:030:03:05	Виготовлення бортової сек. 226	1650
03014	00	138:02:1:27:040:03:05	Виготовлення палуб, перебір. 227	1200
04011	00	116:02:1:31:060:04:05	Монтаж сек.224 блоку 5	1200
04012	00	116:02:1:32:060:04:05	Монтаж сек.225 блоку 5	800
04013	00	116:02:1:33:060:04:05	Монтаж сек.226 блоку 5	800
04014	00	116:02:1:34:060:04:05	Монтаж пал.227 блоку 5	700
04015	00	116:02:1:35:070:04:05	Монтажний стик блоку 5 корпусу	1500

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 комплкт;
 $x_{i'}$ – наступний технологічний комплкт.

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: – $L_i > 0$; – $T_i > 0$. Тривалість виконання роботи техкомплекту

розраховується в робочих днях за формулою: $L_i = T_i : \Pi_{б.ц}$ де: $\Pi_{б.ц}$ – продуктивність бригади цеху на день.

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_{ipn} – дата раннього початку роботи i -го техкомплекту;
- W_{ipz} – дата раннього закінчення роботи i -го техкомплекту;
- W_{inm} – дата пізнього початку роботи i -го техкомплекту;
- W_{inz} – дата пізнього закінчення роботи i -го техкомплекту.

Для формування та розрахунку мережових моделей на даний час на ринку представлений великий спектр програмних систем.

На базі сформованої моделі та розрахунку її часових параметрів користувач отримує інструментарій для управління виробництвом будівництва корпусу замовлення судна на заводському та цеховому рівнях. Вирішуються завдання планування, обліку, контролю та аналізу та регулювання виробничих процесів ресурсного управління задля досягнення директивних термінів виконання контракту. Це головна мета проекту. Проте слід зазначити, що у цій системі відсутня інструментарій

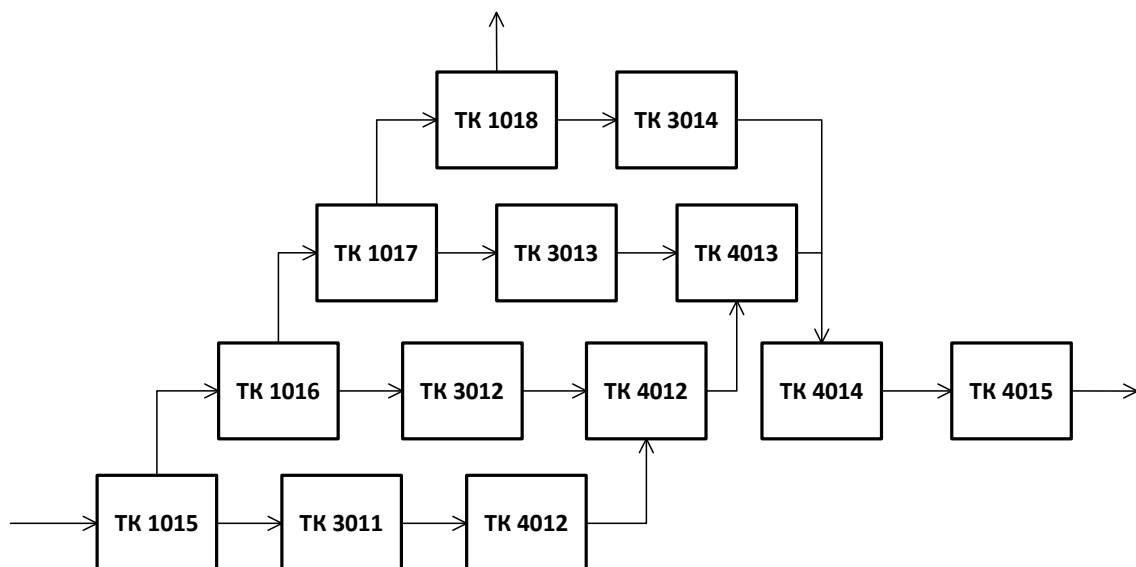


Рис. 3. Фрагмент мережної моделі у технологічних комплексах будівництва блоку 5 замовлення судна

внутрішньоцехового рівня управління, який реалізує процес будівництва судна.

Основне завдання кожного цеху у цій системі – своєчасне та якісне виконання номенклатурного виробничого плану будівництва замовлень судів на календарний період. План цеху задається під обсяг трудомісткості замовлення на місяць у номенклатурі технологічних комплексів. Завдання ПРБ цеху розподілити його виконання за бригадами виконавців у встановлені терміни та скоординувати їхню роботу. При формуванні корпусу судна в складально-зварювальному та стапельному цехах виконуються конструктивно складні техкомплекти (днищові, бортові, об'ємні секції, з яких створюється сам блок, стикується з корпусом і здається на непроникність), а також простіша номенклатура. Для планування складної номенклатури робіт техкомплекту цехам необхідний інструментарій з моделювання виробничого процесу виконання бригадокомплектів для виготовлення у встановлений термін. ПРБ потрібно формувати модулі мережевих моделей за техкомплектами (модулі деталізації елементів цехової моделі) та на їх основі вирішувати поставлені завдання планування роботи бригад відповідно до цехового плану.

Необхідно відзначити, що при виконанні робіт з технологічних комплектів в основному застосовуються типові технології, цей процес формування моделей ТК можна автоматизувати із застосуванням типових альтернативних фрагментів [1, с. 69].

Типовий альтернативний фрагмент є граф детермінованої мережевої моделі, в якій визначені взаємозв'язки видів робіт виготовлення конструкції (ТК) за затвердженою технологією. ТАФ будується у термінах робіт (вид роботи-вершина), а дуги визначають технологічні зв'язки послідовності виконання видів робіт. У ТАФ, крім основних видів робіт виготовлення ТК, можуть бути альтернативні, тобто. в одній конструкції робота цього виду є, а в іншій конструкції її немає. Розглянемо з прикладу технологію формування моделей виготовлення бортових секцій із застосуванням ТАФ.

У структурі кодів ТК і БК (см. рис. 1) використовуються реквізити:

* 5.1– Код виду роботи цеху для ТК;

* 5.2– Код виду роботи бригади для БК.

Система кодування даних реквізитів реалізується з урахуванням заводських стандартів «Класифікатора видів робіт», застосовуваних розробки відомостей ПОО. Наведемо приклад фрагмента класифікатора видів робіт суднобудівного заводу з виготовлення бортових секцій, представленого в таблиці 3.

Таблиця 3. Фрагмент класифікатора видів робіт техкомплекту та включених до нього бригадокомплектів

Код в.р. ТК	Назва виду роботи ТК	Код в.р. БК	Назва виду роботи БК
030	Виготовлення бортової секції	031	Встановлення та налаштування оснащення
		032	Виготовлення панелей і вузлів
		033	Збірка та зварювання зовнішньої обшивки
		034	Збірка корпусного набору
		035	Зварювання корпусного набору
		036	Встановлення корпусних вузлів
		037	Виготовлення та монтаж насичення
		038	Виготовлення та монтаж труб
		039	Випробування та здача конструкції

Код виду роботи є уніфікованим і є сукупністю типового набору операцій, що виконуються виконавцем за певною конструкцією.

Аналіз будівництва ідентичних конструктивних елементів судна бортових секцій показав, що можна створити типову модель взаємозв'язків кодів видів робіт. Наприклад, укрупнено перелік видів робіт з виготовлення секцій корпусу судна являє собою наступний технологічний ланцюжок: установка зовнішньої обшивки, збирання зовнішньої обшивки, зварювання зовнішньої обшивки, встановлення набору, зварювання набору, перевірка конструкції, здавання. Даний ланцюжок видів робіт для всіх секційних конструкцій є скелетом моделі. Однак різні конструкції мають свої характерні особливості, а відповідно, і види робіт при їх виготовленні. Вони мають бути внесені в модель як альтернативні, оскільки характерні лише окремих елементів.

Провівши аналіз технології виконання БК із виготовлення однакових видів робіт ТК, можна створити типовий альтернативний фрагмент. На кожну групу типових елементів конструкцій техкомплектів будується свій ТАФ, що є одноцільовим детермінованим орієнтованим графом, вершинами якого є коди видів робіт бригадокомплектів, що входять до техкомплекту. При формуванні ТАФ використовується класифікатор кодів видів робіт планово-облікових одиниць. ТАФ має початкові – без вхідних зв'язків та кінцеві – без вихідних зв'язків види робіт. ТАФ з альтернативною роботою має альтернативну вхідну та альтернативну вихідну зв'язку у графі. На рис. 4 представлений ТАФ виробництва бортових секцій проєкту судна, на якому альтернативні види робіт відзначені знаком (-*).

Фрагмент номенклатурної відомості планово-облікових одиниць будівництва проєкту судна замовлення складально-зварювального цеху 3 представлений у таблиці 4.

Формування номенклатурної відомості провадиться на підставі принципової технології будівництва проєкту замовлення судна з використанням класифікатора видів робіт.

Побудова модуля мережевої моделі техкомплекту виготовлення бортової секції 225 здійснюється шляхом визначення технологічної послідовності виконання бригадокомплектів на базі ТАФ через зв'язки видів робіт. При формуванні моделі проводиться контроль наявності обов'язкових зв'язків у номенклатурі бригадокомплектів, а якщо є альтернативні роботи в ТАФ, то в моделі вони стають основними. На рис. 5 зображено

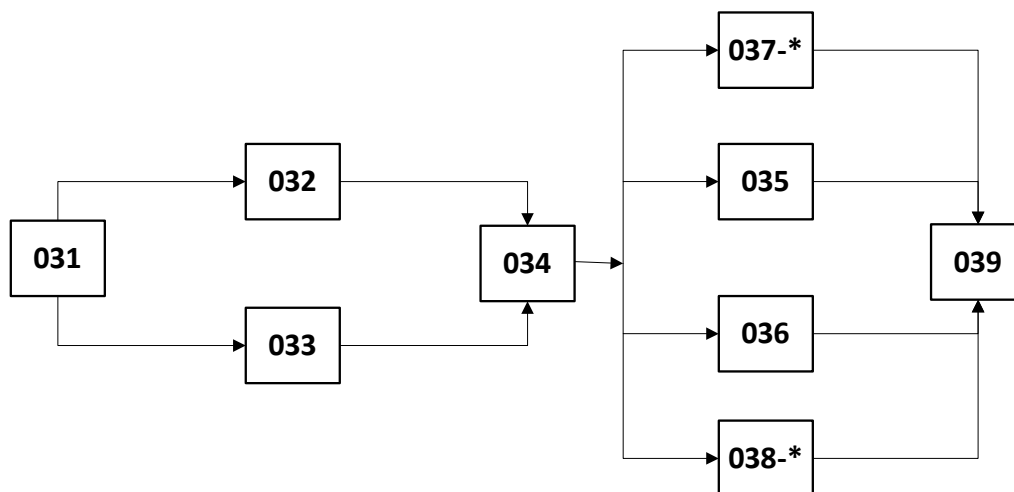


Рис. 4. Типовий альтернативний фрагмент виробництва бортових секцій проєкту судна

Таблиця 4. Фрагмент номенклатурна відомість ПОО цеху 3 за замовленням

Номер		Код ТК– БК	Назва роботи	Трудомісткість н/год
ТК	БК			
3012	00	111:02:1:25:030:03:05	Виготовлення борт секції 225	1600
	01	031	Встановлення оснащення	80
	02	032	Виготовлення панелей і вузлів	480
	03	033	Збірка та зварювання зовнішньої обшивки	320
	04	034	Збірка корпусного набору	160
	05	035	Зварювання корпусного набору	320
	06	036	Встановлення корпусних вузлів	80
	07	038	Виготовлення та монтаж труб	80
	09	039	Випробування та здача конструкції	80
3013	00	111:02:1:26:030:03:05	Виготовлення борт секції 226	1650
	01	031	Установка и настройка оснастки	80
	02	032	Виготовлення панелей і вузлів	480
	03	033	Збірка та зварювання зовнішньої обшивки	320
	04	034	Збірка корпусного набору	160
	05	035	Зварювання корпусного набору	320
	06	036	Встановлення корпусних вузлів	80
	07	037	Виготовлення та монтаж насичений	130
	09	039	Випробування та здача конструкції	80

сформований модуль мережевої моделі виготовлення бортової секції 225 БК на базі типового альтернативного фрагмента. Необхідно відзначити, що у складі бригадокомплектів немає альтернативного виду робіт 038 і він відсутній у моделі, а є БК з альтернативним видом роботи 037, то його зв'язки і він сам став основним у моделі. Алгоритм побудови моделі повинен передбачати контроль усіх процесів з видачею повідомлень користувачеві про відхилення від стандарту.

На рис. 6 зображено модуль мережевої моделі бортової секції 226 за аналогічною технологією. Відзначити, що у складі бригадокомплектів немає альтернативного виду робіт 037 і він відсутній у моделі, а альтернативний вид роботи 038 є і він став основним у моделі.

За викладеною технологією формуються модулі мережевої моделі бригадокомплектів з виготовлення техкомплектів конструкції судна, які необхідні для ПРБ цеху для розрахунку обґрунтованих номенклатурних планів бригад під їх ресурси та встановлені цеху строки. За своєю суттю проводиться розукрупнення базової мережевої моделі за складними конструктивними елементами до

рівня бригад та інтеграції в єдину систему інформаційного управління виробництвом будівництва замовлення судна.

За цією технологією можна сформувати ТАФ на виготовленні блоку за видами робіт техкомплектів та формувати мережеві модулі блоків, з яких створювати модель будівництва замовлення судна з використанням діалогової інформаційної системи.

Обговорення отриманих результатів.

На основі одержаних результатів технологія побудови детермінованої мережевої моделі будівництва замовлення судна здійснюється у технологічних комплектах для міжцехового рівня управління виробництвом. Розрахунок тимчасових параметрів мережевої моделі визначає календарні терміни виконання робіт з техкомплектів цехами, з урахуванням яких проводиться планування, облік, контроль та регулювання процесом роботи цехів задля досягнення поставленої мети – директивного терміну закінчення будівництва замовлення.

На заводському рівні управління для розрахунку виробничої програми підприємства виконується укрупнення мережевої моделі техкомплектів до рівня планово-облікових

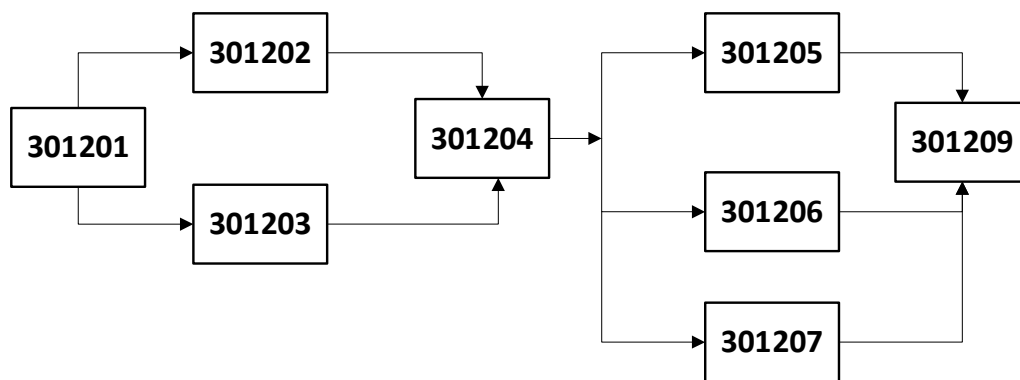


Рис. 5. Модуль мережевої моделі ТК3012 виготовлення бортової секції 225

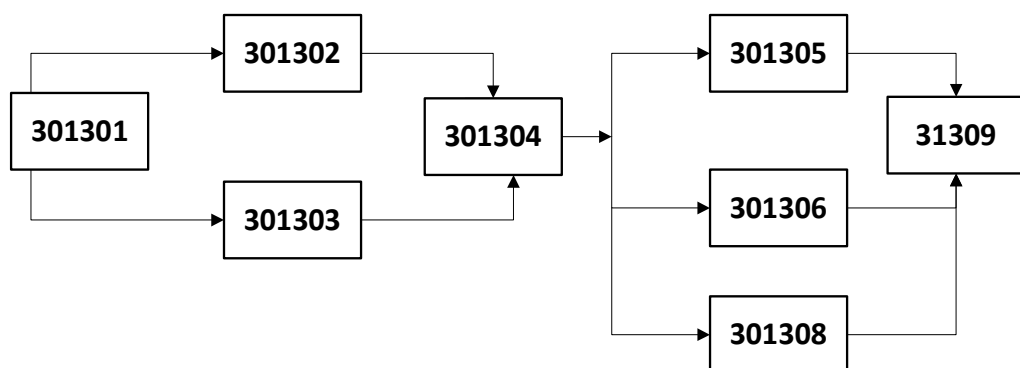


Рис. 6. Модуль мережевої моделі ТК3013 виготовлення бортової секції 226

одиниць конструктивних елементів із формуванням показників цехів за тимчасовими параметрами та сумарною трудомісткістю виконання робіт. Ця інформація забезпечує інтеграцію системи управління на основі ієрархії ПОО цехового та заводського рівнів.

На внутрішньоцеховому рівні для розрахунку планів виробництва бригадам розроблено інструментарій розукрупнення технологічних комплектів номенклатурного цехового плану модулями мережевої моделі з бригадокомплектів, що забезпечує інтеграцію з нижнім рівнем управління системи та обґрунтованість у плануванні виробництва на єдиній інформаційній базі ПОО.

Висновки. На основі практик, які застосовують провідні суднобудівні підприємства, виконано розробку технології моделювання процесу будівництва судна з використанням удосконаленої системи планово-облікових одиниць, орієнтованої на бізнес-процедури економічних показників виробництва конструкцій виробу в умовах ринкових відносин.

Мережева модель будівництва замовлення судна формується та обробляється для управління на цеховому рівні в ТК, а потім укрупнюється в КЕ для управління виробництвом на рівні заводу і для внутрішньоцехового управління роботами бригад виконується розукрупнення до БК із застосуванням типових альтернативних фрагментів.

Технологія створення моделі дозволить автоматизувати процес формування мережевого графіка та побудувати інтегровану систему управління суднобудівним виробництвом на єдиній базі даних ПОО для вирішення завдань ринкового механізму із застосуванням сучасних інформаційних технологій.

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] Ходорковський, Л.М. (1981). Методи інформаційного відображення процесів виробництва та управління на суднобудівному підприємстві [Текст] / Л.М. Ходорковський. Л.: Суднобудування, 176 с.
- [2] Кошкін, К.В. (1999). Організація комп'ютерних інтегрованих виробництв у суднобудуванні. Миколаїв : УДМТУ, 220 с.
- [3] Інформаційні технології управління проектами / Єганов О.Є. та ін. Варшава: RS Global Sp. 2020. 94 с. DOI: <https://doi.org/10.31435/rsglobal/014>
- [4] Torres, A. (2018). Identifying Challenges and success factors towards Implementing Industry 4.0 technologies in the Shipbuilding Industry. Delft University of Technology. 156 p.
- [5] Ажищев, В. Ф., & Поткін, О. О. (2023). Розвиток системи класифікації та кодування планово-облікових одиниць в управлінні проектами побудови транспортних суден. *Shipbuilding & marine infrastructure*. №1 (17). С. 31–38. DOI [https://doi.org/10.15589/smi2022.1\(17\).04](https://doi.org/10.15589/smi2022.1(17).04).
- [6] Ажищев, В.Ф., & Фісун, М.Т. (2024). Методологія моделювання процесів будівництва суден. *Shipbuilding & marine infrastructure*. №2 (19). С. 59–68. DOI [https://doi.org/10.15589/smi2024.2\(19\).06](https://doi.org/10.15589/smi2024.2(19).06).
- [7] Fateev, N., & Zaporozhets, I. (2021). Mechanisms of operational portfolio management of projects in shipbuilding and ship repair. *Economics and Education*. Vol. 6 №1, P.259–271. <https://doi.org/10.30525/2500-946X/2021-1-9>
- [8] Bernard Ash. Digital shipyard sounds great but what is it? The technologies making it possible. DXC Technology Company. November 2018. 11 p.
- [9] Брехов, А.М., & Волков, В.В. (1992). Організація суднобудівного провадження у умови ринку. Л.: Суднобудування, 224 с.
- [10] Agarwala, N., Chaudhary, R. D. (2019). Growth of Shipbuilding in China: The Science, Technology, and Innovation route. Institute of Chinese Studies.– Delhi, 27 p.

© Ажищев В. Ф

Дата першого надходження статті до видання: 12.01.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 10.02.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 15.05.2026



Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0