

ФУНКЦІОНАЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ПОНТОНА ЗАЛІЗОБЕТОННОГО ДОКА

Яглицький Ю. К., к.т.н., доцент кафедри будівництва та ремонту суден Національного університету імені адмірала Макарова, ORCID: 0000-0002-4865-0411;

Кириченко К. В., аспірант кафедри будівництва та ремонту суден Національного університету імені адмірала Макарова, ORCID: 0000-0002-0974-6904

У роботі проаналізовано використання методики функціонального моделювання в нотації IDEF0 на прикладі моделювання технологічного процесу виробництва залізобетонного понтона композитного плавучого дока. Наведено принципові технічні й технологічні вказівки для оптимізації виконання інтегрованого виробничого процесу побудови залізобетонного дока при його системній організації. Розкрито основні підходи до побудови повної функціональної моделі виробничого процесу. Показано, що графічні зображення виявляються найбільш ёмною формою представлення інформації, а знання структури об'єкта, що досліджується, дозволяє вирішувати різноманітні задачі структуризації ситуацій, які виникають на цьому об'єкті. Пропонується вирішення оптимізаційних завдань проектування технологічних процесів побудови композитного дока здійснювати за допомогою функціональних SADT-моделей.

Ключові слова: композитна плавуча споруда, технологічний процес, док, функціональне моделювання, бетон, технологічність, декомпозиція діаграм, SADT-модель, нотація IDEF0.

Вступ. Аналізуючи світовий та вітчизняний досвід роботи підприємств, які задіяні в будівництві композитних плавучих споруд, можна зробити висновок, що основним напрямком для досягнення конкурентоспроможної продукції цих підприємств є розвиток наукових досліджень, які спрямовані на модернізацію, вдосконалення підготовки, організації та управління виробництвом, скорочення тривалості будівництва, зниження собівартості та підвищення якості продукції, мінімізація використання всіх видів ресурсів і витрат, використання нових технологій [1, 2, 3, 4].

Це висуває нові задачі та вимоги до систем управління й підготовки виробництва (конструкторської, технологічної, організаційної, матеріально-технічної та ін.) докобудівного підприємства.

В сучасних умовах якість технологічної підготовки виробництва при будівництві плавучого дока у значній мірі визначається рівнем технологічних процесів (ТП), що використовуються. Системний підхід при проектуванні ТП дуже ускладнений, тому що технолог не в змозі забезпечити одночасно оптимізацію ТП, високу якість виробленої продукції і економічність проектних робіт. У той же час підвищення якості і складності окремих вузлів та систем плавучого дока вимагає оптимальних варіантів розробленої технології. Тому виникла необхідність у принципово новому підході до проектування ТП. Таким підходом є автоматизоване (комп'ютерне) проектування. Сучасні персональні комп'ютери (ПК) дозволяють вирішувати комплекс питань, пов'язаних з оптимізацією виробництва і технологічного проектування, основу яких становить повна взаємодія людей, комп'ютерних програм і технічних засобів.

Розробка найкращого варіанту ТП є передумовою для рішення технічних, економічних і організаційних задач в конкретних виробничих умовах [5]. При цьому обраний ТП повинен забезпечувати виконання усіх вимог до якості виробу, його виготовлення в заданій кількості і в заданий строк. На розв'язання цих задач і орієнтоване моделювання виробничих (технологічних) процесів.

Рішення задачі. При системній організації інтегрованого виробничого процесу побудови плавучого дока необхідна розробка принципових вказівок для побудови плавучого дока, до яких входять:

Технологічний аналіз виробничих умов побудови плавучого дока. Перед початком виробництва приймається ряд технічних і організаційних рішень, які повинні враховувати встановлений клас споруди, а також інші характеристики виробничих умов будівництва дока (матеріали, з яких виготовляється док, тип та вантажопідйомність транспортних

засобів дока, розмір будівельного місця, основні характеристики корпусних цехів). Необхідно також відзначити вплив перерахованих вище виробничих умов на вибір методу й принципової технології побудови дока, схеми формування його корпусу при будівництві, розбивку корпусу дока на будівельні елементи.

Аналіз якості та вартості матеріалів. Вибір матеріалів для виготовлення корпусних залізобетонних і металевих конструкцій дока є важливим аспектом вирішення проблем будівельної механіки корабля – зниження маси конструкцій при збереженні достатньої міцності. У докобудуванні, в основному, використовуються вуглецеві і низьколеговані сталі. Вибір арматурної сталі і бетону для виготовлення залізобетонних секцій є важливим процесом. Бетон, що використовується для понтона композитних доків, відрізняється від будівельного бетону. Щоб забезпечити непроникність понтону при мінімальній товщині залізобетонних секцій застосовують сульфатостійкий портландцемент з домішками, які утворюють щільну форму бетону і в той же час підвищують схоплювання бетону і його морозостійкість. Застосування листового прокату для закладних деталей і металевих секцій башт з низьколегваної сталі малої товщини недоцільно, тому що швидкість їх корозії не відрізняється від вуглецевої сталі. Для листів великої товщини і профільного прокату використання низьколегваної корпусної сталі є найбільш прийнятним.

Оцінка технологічності форми корпусу, деталей та секцій. Понтон плавучого дока має повноту корпусу близьку до одиниці, що позитивно впливає на загальну технологічність, дозволяє збільшити частку механізованих робіт, знизити кількість відходів матеріалів, а також спростити виробництво деталей за рахунок зменшення обсягу розмічальних та згинальних робіт. Деталі й вузли корпусу дока мають просту форму, що знижує трудомісткість складання, більшість залізобетонних секцій понтону є плоскими з малою кількістю випусків, що дозволяє застосовувати для їх виготовлення просту оснастку (площинні стенди).

Крім зазначених принципових вказівок, для побудови дока необхідна розробка технологічної концепції, до якої базовими елементами входять принципова технологія побудови корпусу плавучого дока та робоча технологія виготовлення залізобетонної секції.

Принципова технологія побудови корпусу плавучого дока включає: розбивку корпусу плавучого дока на секції, прийняття оптимальної технології й організації будівництва плавучого дока, врахування виробничих умов верфі, розробку технологічних вказівок щодо застосування припусків, розробку принципових вказівок з технології виготовлення деталей, вузлів і секцій корпусу дока.

Проектування робочої технології виготовлення залізобетонної секції виконується згідно основним положенням з технології та організації побудови композитного плавучого дока та інструкції з виготовленню залізобетонних секцій композитних плавучих доків і враховує використання інноваційних напрямків розвитку докобудівного підприємства [5]. До робочої технології, як основні складові, входять:

- технологічні вказівки на складання арматурних секцій;
- технологічні вказівки на виготовлення арматурних каркасів ребер;
- технологічні вказівки на складання арматурних секцій з вузлом під металеву башту і металеві бімси;
- технологічні вказівки на підготовку секцій до бетонування;
- приготування бетонної суміші;
- ТП бетонування залізобетонних секцій;
- ТП бетонування залізобетонних секцій, що виготовляються спільно з закладною деталлю під металеву башту.

Сьогодні, в умовах ринкових відношень, першочерговими й принциповими завданнями у сфері виробництва є інтенсифікація діючих виробничих процесів, підвищення якості продукції, економія матеріалів і енергії та, в кінцевому підсумку, підвищення енергоефективності технологічних систем. Виявлення резервів виробництва або конкретного процесу, як правило, пов'язано з його аналізом на основі сучасних методів

досліджень і сучасних технічних засобів. При цьому, при вирішенні ряду завдань, які пов'язані з проектуванням, підготовкою й функціонуванням ТП вдаються до їх моделювання, тобто до вивчення окремих сторін, характеристик, властивостей ТП не на реальному об'єкті, а на його моделі [6].

Під моделлю ТП в загальному випадку розуміється формалізований опис ТП на визначеному рівні абстракції. Кожна модель визначає конкретний аспект процесу, використовує набір діаграм і документів заданого формату і є об'єктом діяльності різних спеціалістів (технологів) з конкретними завданнями. Процес моделювання є процесом переходу з реальної області у віртуальну (модельну) за допомогою формалізації, далі відбувається вивчення моделі (власне моделювання) і, нарешті, інтерпретація результатів як зворотний перехід з віртуальної області в реальну [7, 8]. Цей шлях замінює пряме дослідження ТП в реальній області, тобто лобове або інтуїтивне рішення задачі. Таким чином, в найпростішому випадку технологія моделювання складається з 3-х етапів: формалізації, власне моделювання та інтерпретації.

Вибір методу моделювання визначається функціональними властивостями ТП.

Враховуючи, що моделювання ТП можна віднести до вирішення функціональних задач, то для детального представлення роботи та організації операцій ТП можна скористатися методологією функціонального моделювання SADT ((Structured Analysis and Design Technique). Метод SADT реалізований в одному зі стандартів цього сімейства – IDEF0, який був затверджений у якості федерального стандарту США. Моделювання в SADT – інженерна дисципліна. Це означає, що моделі створюються виходячи з дійсної ситуації і ці моделі проходять через серію послідовних поліпшень до тих пір, поки вони в точності не представлятимуть реальний об'єкт [9].

Метод SADT представляє сукупність правил і процедур, які призначені для побудови функціональної моделі об'єкта будь-якої предметної області. Функціональна модель SADT відображає функціональну структуру об'єкта, тобто дії, що їм виконуються і зв'язки між цими діями, і представляє собою серію ієрархічних діаграм з супроводжуючою документацією (рис. 1), які розбивають складний об'єкт на складові частини у вигляді блоків. Деталі кожного з основних блоків подаються у вигляді блоків на інших діаграмах. Кожна детальна діаграма є декомпозицією блоку з діаграми попереднього рівня. На кожному кроці декомпозиції діаграма попереднього рівня називається батьківською для більш детальної діаграми [10].

Графічні зображення досить часто виявляються найбільш ємною формою представлення інформації, а знання структури об'єкта, що досліджується, дозволяє вирішувати різноманітні задачі структуризації ситуацій, які виникають на цьому об'єкті.

Послідовність розробки SADT-моделі наступна:

- зібрати інформацію про об'єкт, визначити його границі;
- визначити цілі дослідження і точки зору моделі;
- побудувати, узагальнити і декомпонувати діаграми.
- розповсюдити модель серед зацікавлених осіб;
- оцінити, рецензувати і коментувати;
- прийняти модель.

Враховуючи вищезазначене, для ефективного проектування ТП докового стапельного виробництва можна скористатися методологією SADT, попередньо розглянувши базовий ТП виробництва залізобетонного понтона композитного плавучого дока у вигляді ряду послідовних операцій: від підготовки стапелю до отримання технологічного функціонального понтона плавучого доку.

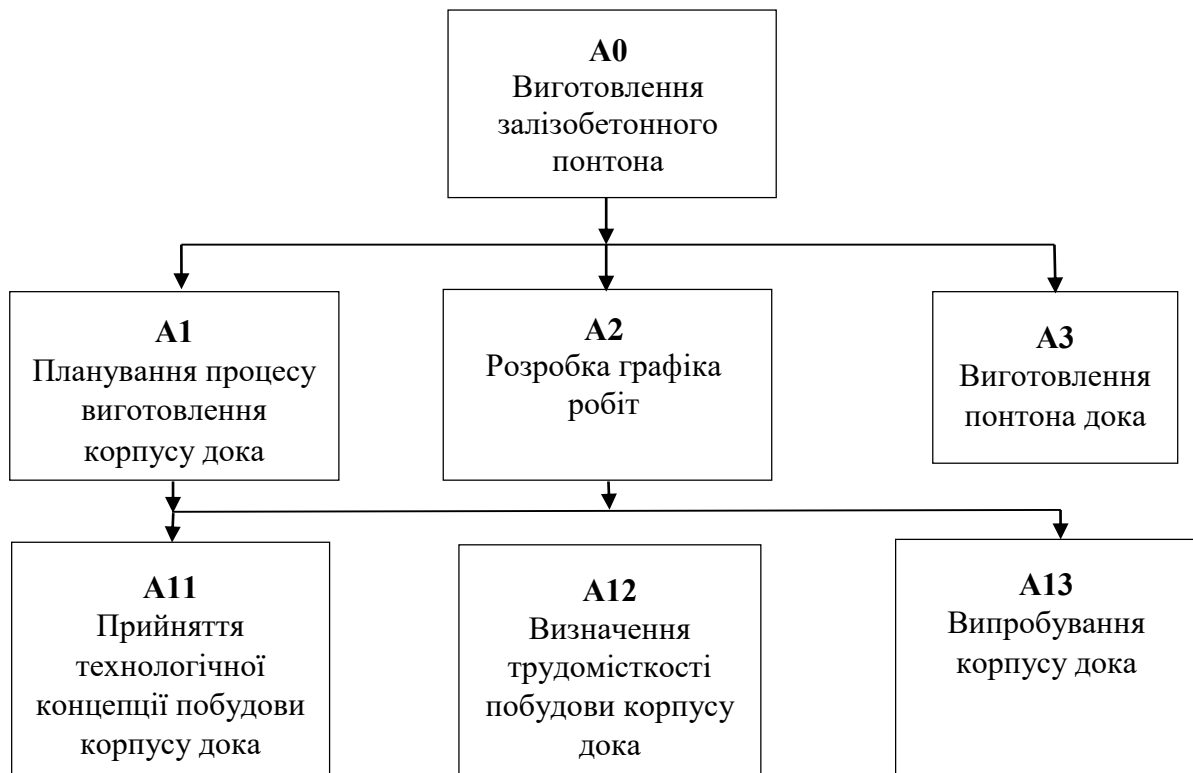


Рисунок 1 – Ієрархія діаграм

Операції базового ТП виготовлення залізобетонного понтона композитного плавучого дока складально-монолітним методом виконуються в наступній послідовності:

- 1) підготовка стапеля під закладання понтона (встановлення опорних «подушок» в горизонтальній площині, встановлення опалубки стиків днища);
- 2) укладання секцій днища, остаточне підганяння опалубки стиків;
- 3) армування, очищення арматури і кромки бетону в стиках, зварювання арматури в стиках, продування, промивання та бетонування стиків з ущільненням бетону;
- 4) догляд за бетоном, до якого входить тепло-волога обробка в холодну пору року;
- 5) встановлення та розкріплення секцій вертикальних елементів понтона (перебірки, борти);
- 6) армування, очищення арматури і кромки бетону в стиках, зварювання арматури;
- 7) встановлення опалубки в стиках омонолічування, продування та промивання стиків;
- 8) бетонування (через спеціальні отвори в опалубці) з ущільненням бетону в стиках;
- 9) догляд за бетоном, до якого входить тепло-волога обробка в холодну пору року;
- 10) демонтаж опалубки в стиках по днищу й секціях вертикальних елементів;
- 11) розчищення та усунення дефектів у стиках;
- 12) догляд за бетоном;
- 13) встановлення опорних конструкцій і опалубки стиків омонолічування стапель-палуби;
- 14) остаточне підганяння опалубки стиків;
- 15) армування, очищення арматури і кромки бетону в стиках, зварювання арматури в стиках, продування, промивання та бетонування стиків з ущільненням бетону;
- 16) демонтаж опорних конструкцій і опалубки;
- 17) розчищення та усунення дефектів у стиках;
- 18) догляд за бетоном;

Для різних докобудівних підприємств базовий ТП може відрізнятися і мати додаткові операції для підвищення ефективності роботи стапельного виробництва. У нашому випадку функціональна модель починається з верхньої (ТОР) діаграми (рис. 2), яка має тільки один прямокутник (блок), який символізує функцію, що виконується (виготовлення залізобетонного понтона) ТП в цілому. Усі зв'язки на даній діаграмі є

зовнішніми зв'язками ТП, що моделюється. TOP-діаграма надалі підлягає функціональній декомпозиції, тобто поділенню її єдиної функції на складові підфункції. На діаграмі, що декомпована (рис. 3), формуються внутрішні діаграмні зв'язки (у вигляді стрілок), початки й кінці яких прив'язані до тих, чи інших блоків.

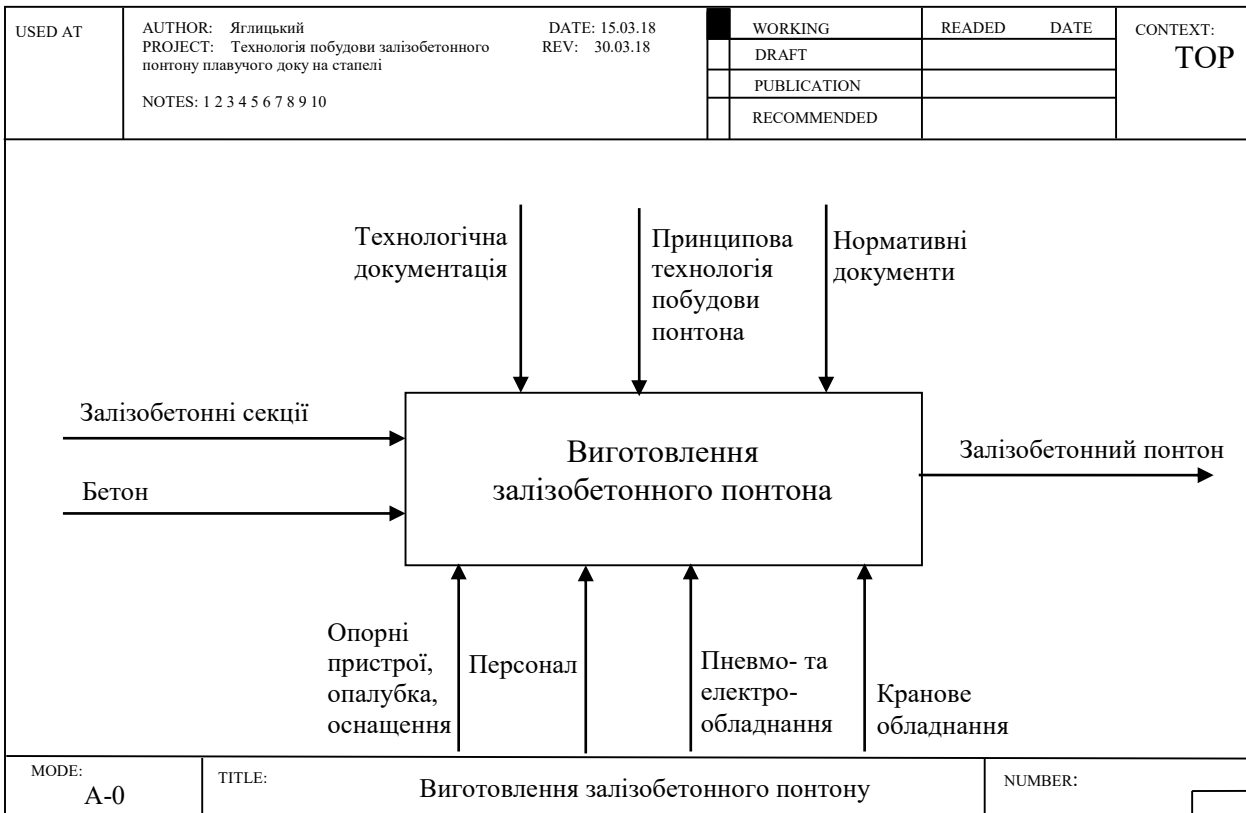
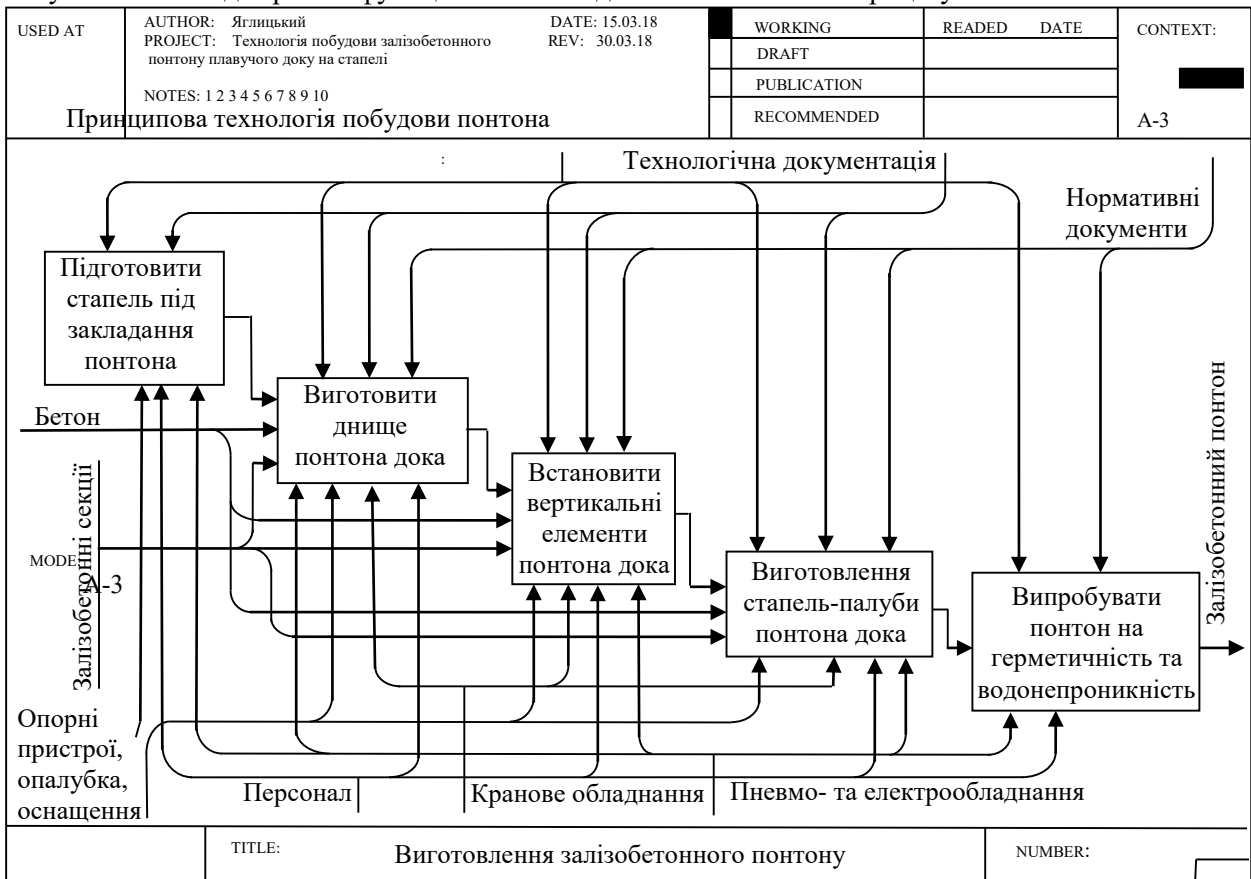


Рисунок 2 – TOP-діаграма функціональної моделі технологічного процесу виготовлення понтона



кщо є необхідність, можна деталізувати всі 5 підфункцій розглядаемого ТП (рис. 3) і побудувати діаграми нижнього рівня. Розроблені діаграми показують процес виготовлення залізобетонного понтона композитного плавучого дока складально-монолітним методом у стані AS-IS («як є»).

Таким чином, функціональна модель, що представлена у графічному IDEF0-форматі, значно поліпшує можливість оцінювання сумісності й точності ТП, що моделюється, й необхідного поповнення його відсутніми елементами.

Висновки з перспективами. Результати побудови функціональних діаграм дозволяють оцінити:

- ступінь врахування всіх операцій, що входять до ТП виготовлення залізобетонного понтона плавучого дока;
- внутрішні зв'язки між функціями процесу;
- рівень управління та взаємодії розглянутих функцій ТП між собою;
- склад об'єктів ТП виготовлення залізобетонного понтона (нормативна документація, обладнання, пристосування і т. д.);
- ефективність виконання окремих операцій і процесу в цілому.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Мишутин А. В. Железобетонные плавучие сооружения и перспективы их использования. *Вісник ОДАБА*. Одеса: «Астропрінт», 2002. №6. С. 181–187.
2. Слущкий Н. Г. Перспективы строительства композитных плавучих доков в Украине. *Умение и нововведения – 2007 : материалы за III междунар. науч.-практич. конф. Том 10. Технологии*. София : «БЯЛГРАД-БГ» ООД, 2007. С. 31–34.
3. Рашковский А. С. Строительство композитных плавучих сооружений в Украине. *Успехи современного естествознания*. 2007. № 10. С. 97–100.
4. Щедролов А. В., Кириченко К. В. Анализ состояния строительства плавучих доков. Баку: Азербайджанська Державна Морська Академія, 2018. Вип.1 С. 48–58.
5. Проектирование, технология и организация строительства композитных плавучих доков : монография / А. С. Рашковский и др.; под науч. ред. А. С. Рашковского. Николаев : НУК ; РАЛ-полиграфия, 2008. 614 с.
6. Нейман В. М. Функциональный подход к моделированию организационно-технологической подготовки производства в судостроении. *Рыбное хозяйство Украины. Специальный выпуск «Морские технологии: проблемы и решения – 2004»*. Керчь : КМТИ, 2004. № 7. С. 8–11.
7. Коберн А. Современные методы описания функциональных требований к системам. М. : ЛОРИ, 2002.
8. Вендров А. М. CASE-технологии. Современные методы и средства проектирования информационных систем. М. : Финансы и статистика, 2006. 176 с.
9. Марка Д. А., МакГоуэн К. Методология структурного анализа и проектирования. М. : МетаТехнология, 1993.
10. Черемных С. В. и др. Структурный анализ систем: IDEF – технологии. М. : Финансы и статистика, 2005.

REFERENCES

1. Мишутин А. В. Железобетонные плавучие сооружения и перспективы их использования. *Вісник ОДАБА*. Одеса: «Астропрінт», 2002. №6. С. 181–187.
2. Слущкий Н. Г. Перспективы строительства композитных плавучих доков в Украине. *Умение и нововведения – 2007 : материалы за III междунар. науч.-практич. конф. Том 10. Технологии*. София : «БЯЛГРАД-БГ» ООД, 2007. С. 31–34.
3. Рашковский А. С. Строительство композитных плавучих сооружений в Украине. *Успехи современного естествознания*. 2007. № 10. С. 97–100.

4. Щедролюсов А. В., Кириченко К. В. Анализ состояния строительства плавучих доков. Баку: Азербайджанська Державна Морська Академія, 2018. Вип.1 С. 48–58.
5. Проектирование, технология и организация строительства композитных плавучих доков : монография / А. С. Рашковский и др.; под науч. ред. А. С. Рашковского. Николаев : НУК ; РАЛ-полиграфия, 2008. 614 с.
6. Нейман В. М. Функциональный подход к моделированию организационно-технологической подготовки производства в судостроении. *Рыбное хозяйство Украины. Специальный выпуск «Морские технологии: проблемы и решения – 2004»*. Керчь : КМТИ, 2004. № 7. С. 8–11.
7. Коберн А. Современные методы описания функциональных требований к системам. М. : ЛОРИ, 2002.
8. Вендров А. М. CASE-технологии. Современные методы и средства проектирования информационных систем. М. : Финансы и статистика, 2006. 176 с.
9. Марка Д. А., МакГоуэн К. Методология структурного анализа и проектирования. М. : МетаТехнология, 1993.
10. Черемных С. В. и др. Структурный анализ систем: IDEF – технологии. М. : Финансы и статистика, 2005.

Яглицкий Ю. К., Кириченко К. В. ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОНТОНА ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО ДОКА

В работе проанализировано использование методики функционального моделирования в нотации IDEF0 на примере моделирования технологического процесса производства железобетонного понтона композитного плавучего дока. Приведены принципиальные технические и технологические указания для оптимизации выполнения интегрированного производственного процесса строительства железобетонного дока при его системной организации. Раскрыты основные подходы к построению полной функциональной модели производственного процесса. Показано, что графические изображения являются наиболее емкой формой представления информации, а знание структуры исследуемого объекта позволяет решать разнообразные задачи структуризации ситуаций, которые возникают на этом объекте. Предлагается решение оптимизационных задач проектирования технологических процессов строительства композитного дока осуществлять с помощью функциональных SADT-моделей.

Ключевые слова: композитное плавучее сооружение, технологический процесс, док, функциональное моделирование, бетон, технологичность, декомпозиция диаграмм, SADT-модель, нотация IDEF0.

Yaglitsky Yu. K., Kirichenko K. V. FUNCTIONAL MODELING OF THE PROCESS OF MAKING A PONTOON OF REINFORCED CONCRETE DOCK

The paper analyzes the use of functional modeling techniques in IDEF0 notation by the example of modeling the technological process for the production of reinforced concrete pontoon composite floating dock. Fundamental technical and technological guidelines are given to optimize the implementation of the integrated production process for the construction of a reinforced concrete dock with its systematic organization. The main approaches to the construction of a complete functional model of the production process are disclosed. It is shown that graphic images are the most capacious form of information presentation, and knowledge of the structure of the studied object allows us to solve various problems of structuring the situations that arise on this object. A solution to the optimization problems of designing technological processes for building a composite dock is proposed using functional SADT models.

Keywords: composite floating structure, technological process, dock, functional modeling, concrete, manufacturability, diagram decomposition, SADT-model, IDEF0 notation.

© Яглицкий Ю. К., Кириченко К. В.

Статтю прийнято
до редакції 27.04.18