

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВУЗЛІВ З'ЄДНАННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННОГО ПОНТОНА З ПОПЕРЕЧНОЮ ДІАФРАГМОЮ ТА МЕТАЛЕВОЮ БАШТОЮ ПЛАВУЧОГО КОМПОЗИТНОГО ДОКУ

Щедролосєв О. В., *д.т.н., професор, завідувач кафедри суднобудування та ремонту суден Херсонської філії Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, e-mail: aleksandr.schedrolosev@nuos.edu.ua, ORCID: 0000-0001-7972-3882;*

Узлов О. М., *старший викладач кафедри суднобудування та ремонту суден Херсонської філії Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, e-mail: uzlov1944@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3790-5669;*

Кириченко К. В., *викладач кафедри суднобудування та ремонту суден Херсонської філії Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, e-mail: kostiantynkyrychenko@nuos.edu.ua, ORCID: 0000-0002-0974-6904*

Виконано аналіз відомих технічних рішень у докобудуванні, які направлені на раціоналізацію виробничих ресурсів при побудові конструкцій композитних доків. Установлено, що у наявних рішеннях не зазначені рекомендації зменшення металоємності залізобетонного понтону композитних плавучих доків. У результаті проведеного дослідження удосконалено конструкції плавучих композитних доків завдяки зменшенню кількості набору у залізобетонному понтоні. Обґрунтовано раціональність побудови конструкції понтона без установлення шпангоутів, флорів та бімсів під баштами й описано технологічні рекомендації встановлення поперечних перегородок між внутрішніми бортами через 4 шпациї, тобто через 3 метри на відміну від класичної конструкції, в якій відстань між перегородками 1,5 метри. Проведено аналіз особливостей конструювання вузлів з'єднання залізобетонного понтона з поперечною діафрагмою та металевою баштою плавучого композитного доку, описано складнощі, які виникають. Розроблено конструкцію та технологічні рекомендації побудови вузлів з'єднання залізобетонного понтона з поперечною діафрагмою та металевою баштою. Описано послідовність конструювання конструкції плавучого доку та технологічні операції для забезпечення міцності, водонепроникності і морозостійкості бетону при міжсекційних з'єднаннях. Розроблені рішення для збільшення місцевого зчеплення бетону із хрестоподібними деталями і запобігання його відшаровуванню. Наведено традиційну схему конструкції композитного доку та конструктивного вузла з'єднання металевої башти із залізобетонним понтоном. Удосконалено схему композитного доку, схеми конструкції вузлів з'єднання залізобетонного понтона з поперечною діафрагмою та металевою баштою, які призначені для побудови плавучих композитних доків зі зменшеною металоємністю у понтоні.

Ключові слова: *композитний плавучий док, залізобетонний понтон, металева башта, поперечна діафрагма, конструювання доків.*

DOI: 10.33815/2313-4763.2020.1.22.142-152

Вступ. З урахуванням тенденцій збільшення частки судноремонтних робіт та необхідності обслуговування підводної частини суден, зберігається підвищений попит на плавучі доки. Побудова плавучих композитних доків є більш доцільною з економічних міркувань. У композитних плавучих доках із залізобетону виготовляють понтон, а повністю металевими роблять бокові башти [1]. Ставлячи задачу раціоналізувати наявні конструкції плавучих доків, необхідно зменшити металоємність понтона, для цього необхідно удосконалити конструктивно-технологічні вузли з'єднання частин понтона.

Аналіз стану досліджуваної проблеми. Композитний плавучий док є складною технологічною інженерною спорудою, експлуатаційні умови роботи якої є екстремальними [2, 3]. Конструювання та технологія побудови плавучих доків потребують рішення низки технічних завдань, що не мають аналогів у світовій практиці [4, 5]. На плавучий док, як і на судно, поширюються вимоги класифікаційних товариств з контролю за його станом. Проектування конструкцій доку потребує системного підходу [6]. У дослідженні [7] описані способи виготовлення простих коробчастих плавучих конструкцій понтонного

типу, аналогічні доковим конструкціям, що розглядаються у статті. Авторами дослідження [8–10] наведені результати удосконалення конструкцій плавучих понтонів, описані особливості їх проектування та будівництва. Проведений аналіз останніх публікацій показав відсутність досліджень зменшення металоємності залізобетонного понтона композитних плавучих доків. Незважаючи на економічну доцільність застосування композитної конструкції плавучого доку [11, 12], в композитному доку з'явилися закладні деталі для приварювання башт довжиною, що дорівнює довжині доку, в результаті поздовжнього вигину при піднятті суден або при морських перегонах уздовж цих деталей з'являлися тріщини від вигину корпусу на хвилях. Розробка якісних конструктивних вузлів з'єднання поперечної діафрагми та металевої башти із залізобетонним понтоном й ефективної технології їх побудови й виготовлення є актуальним завданням.

Мета дослідження – для зниження собівартості конструкцій композитних плавучих доків необхідно зменшити металоємність конструкції залізобетонного понтона й тому необхідно удосконалити конструктивно-технологічні вузли з'єднання понтона з металевою баштою та поперечною діафрагмою.

Рішення задачі. Для відпрацювання конструкції вузла з'єднання металевої башти великої довжини із залізобетонним понтоном, крім варіантних розрахунків, було застосовано напівнатурне моделювання, у результаті якого в конструкцію вузла були уведено металеві бімси з відповідним посиленням конструкції закладними деталями для їх кріплення, удосконалена система анкерування заставних деталей і додані деталі для підвищення зчеплення бетону корпусу понтона із закладними деталями. З'єднання башти з понтоном проводиться за допомогою хрестоподібних закладних деталей. Суцільні вертикальні смуги хрестоподібних закладних деталей з'єднані звареним швом з обшиванням башт, арматурою борту і поздовжнім перебиранням понтона. На рис. 1 наведено поперечний перетин композитного плавучого доку «класичної конструкції».

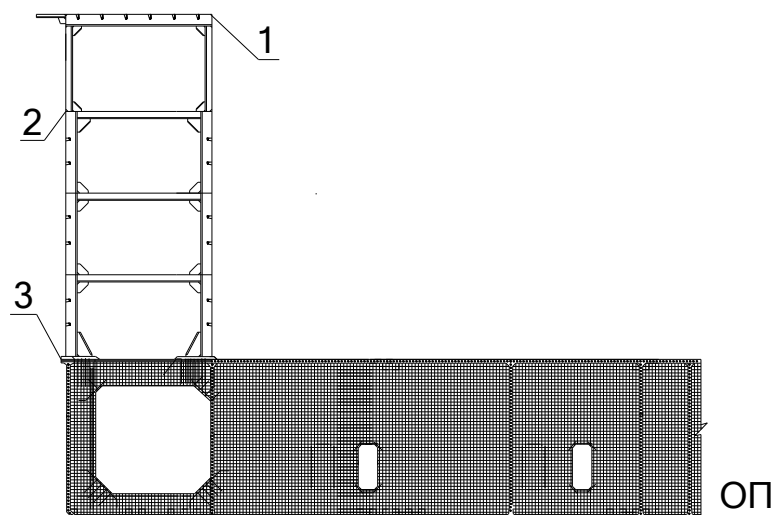


Рисунок 1 – Поперечний перетин композитного плавучого доку «класичної конструкції»:

1 – топ-палуба, 2 – палуба безпеки, 3 – стапель-палуба

На рис. 2 наведено поперечний перетин композитного плавучого доку зі зменшеною кількістю набору у понтоні. Башта приварюється до вкладного елемента та з'єднується з понтоном.

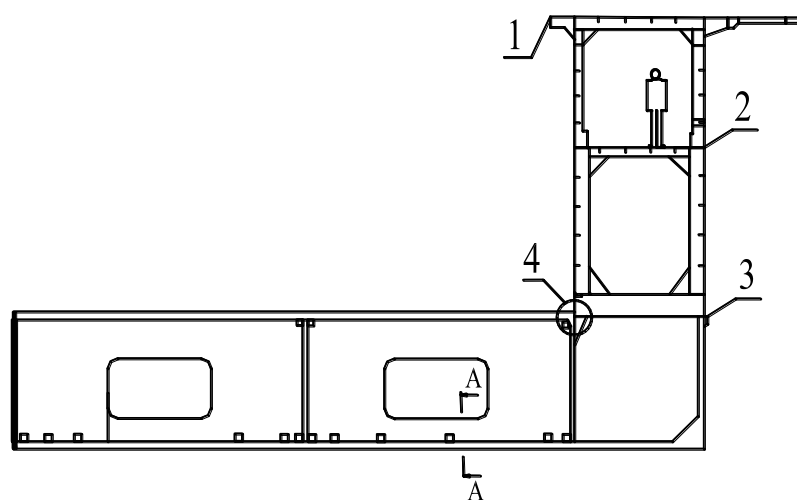


Рисунок 2 – Поперечний перетин композитного плавучого доку зі зменшеною кількістю набору у понтоні:

1 – топ-палуба, 2 – палуба безпеки, 3 – стапель-палуба, 4 – конструкція з'єднання днища понтона з поперечною діафрагмою

Горизонтальні смуги хрестоподібної деталі з'єднані звареним швом: зовнішня – з арматурним каркасом стапель-палуби, внутрішня – з бімсом і поперечним набором поздовжнього перебирання понтона [13]. Шпангоут борту, бімс і закладні деталі об'єднані у вертикальній площині в загальний рамний контур з поперечним набором башти (рис. 3).

Для збільшення місцевого зчеплення бетону із хрестоподібними деталями і запобігання його відшаровуванню від них у результаті знакозмінного вигину корпусу доку на смугах хрестоподібних деталей установлені ребра (металеві смуги) у рівень із бетонною поверхнею борту, поздовжнім перебиранням і стапель-палубою понтона. Встановлення і приварювання металевих бімсів проводять під час монтажу блок-секцій башт, що дає змогу унеможливити появу зварювальних деформацій від приварювання бімсів. Отже, конструкція з'єднання металевої башти із залізобетонним понтоном композитного доку дає змогу виконувати цей вузол у складі залізобетонних секцій понтона на стендах, проводити бетонування секцій у зручному положенні з використанням відпрацьованої технології укладання бетону, водночас знижуючи трудомісткість і спрощуючи технологію робіт у стапельний період побудови доку.

При побудові понтона – очищення арматури від жирних плям і слідів фарби проводиться за допомогою хімічних розчинників, потім ці місця витираються насухо. Згинання арматурної сталі виконується на згинальних верстатах або вручну. Виготовлення арматурних сіток проводиться на автоматичній зварювальній машині або зварюванням перетин у шаховому порядку в середовищі CO₂. Перед установленням на стенди арматурних сіток для збірки в об'єм стенди повинні бути очищені від бетону й бруду. Стенди для формування залізобетонних секцій повинні забезпечувати виготовлення секцій з гладкими поверхнями рівномірної товщини й забезпечувати швидке знімання відформованих секцій. Монтаж секцій башт на понтон допускається тільки після бетонування і досягнення міцності стиків заставних вузлів з'єднання башт з понтоном, а також усіх стиків зовнішнього і внутрішнього бортів не менше 21 МПа (210 кг/см²) на відстані не менше 6 шпацій у ніс і корму від кінців установлюваних секцій.

Формування башт виконується від міделя у ніс і корму. Послідовність формування башт є наступною:

- навантаження секцій,
- прикреслення і прирізка по стиках і пазах,
- кріплення на гребінках по пазах і прихватках на стиках секцій.

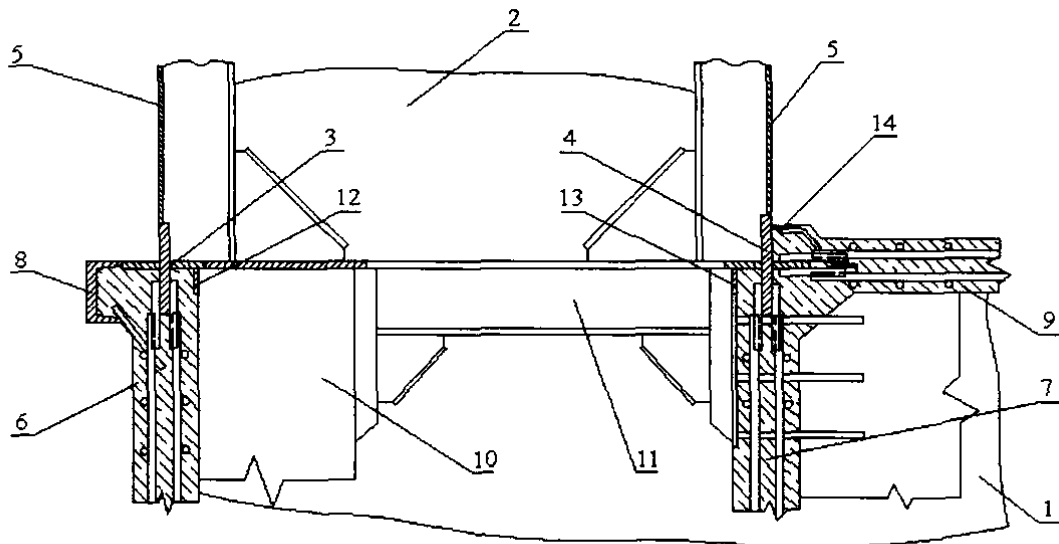


Рисунок 3 – Конструктивний вузол з'єднання металевої башти із залізобетонним понтоном:

1 – залізобетонний понтон; 2 – металева башта; 3, 4 – хрестоподібна заставна деталь для кріплення зовнішнього і внутрішнього бортів башти відповідно; 5 – зовнішній і внутрішній борти башти; 6 – зовнішній борт понтона; 7 – внутрішнє поздовжнє перебирання; 8 – привальний брус; 9 – стапель-палуба; 10 – шпангоут; 11 – сталевий бімс; 12, 13, 14 – металеві ребра, які встановлені для збільшення зчеплення бетону хрестоподібними заставними деталями

Конструювання конструкції плавучого доку виконувалося за наступною послідовністю: виконання конструктивного компонування понтона і башт; визначення розрахункових навантажень, що викликають місцеві та загальні деформації корпусних конструкцій; проектування конструкцій доку з умови забезпечення місцевої міцності і стійкості з урахуванням обмежень за мінімальною товщиною; проектування конструкцій, що забезпечують загальну поперечну і поздовжню міцність понтона. В результаті розроблено конструкцію композитного доку зі зменшеною кількістю набору у понтоні доку арматури, що працює на місцеву міцність, установлюється зовні в напрямку найменшого прольоту, а арматури, що працює на загальну міцність, установлюється всередині елемента конструкції понтона. На рис. 4 представлена удосконалена конструкція вузла з'єднання башти та понтона [14].

До встановлення на понтон блок-секцій у них умонтовують основне корпусне насичення і виконують випробування на непроникність внутрішньосекційних з'єднань. Усі блок-секції облаштовують від міделя в ніс і корму. Після проведення випробувань у них установлюють механізми, трубопроводи й устаткування. Основний принцип, закладений у технологію механомонтажних і трубомонтажних робіт – максимальний перенос підготовчих обсягів цих робіт з доку в цехи і на добудовчу набережну. Більший обсяг робіт у баштах доку виконують великоблочним методом на базі макетування найбільш насичених приміщень. Це здійснюють шляхом модульно-агрегатного методу проектування і монтажу енергетичних комплексів доку.

Корпус доку складається із залізобетонного понтона (днище, зовнішня обшивка, внутрішні поздовжні і поперечні конструкції) і двох сталевих башт (зовнішня і внутрішня обшивка, палуби, платформи, перегородки і набір, що підкріплює їх). Під час експлуатації доку на його корпус діє маса самого доку, сили підтримки, маса баласту, тиск судна, яке докується, вітрове навантаження, а під час перегону морем док отримує додаткові зусилля від вигину і кручення, хвильових ударних навантажень. При розрахунку основних зв'язків, що сприймають навантаження від судна, що докується, вважають, що зовнішні сили, які

діють на систему док-судно, сприймаються корпусом доку і судна. Загальний момент, що вигинає, на міделі системи док-судно розподіляється між корпусом доку і судном пропорційно їх міцності. Тому за розрахунковий момент, що вигинає, приймають менший з моментів, який може виникнути під час експлуатації. При докуванні судна частина моменту, що вигинає, може бути понижена прийомом баласту. Величину вигину в допустимих межах зазвичай утримують прийомом водяного баласту.

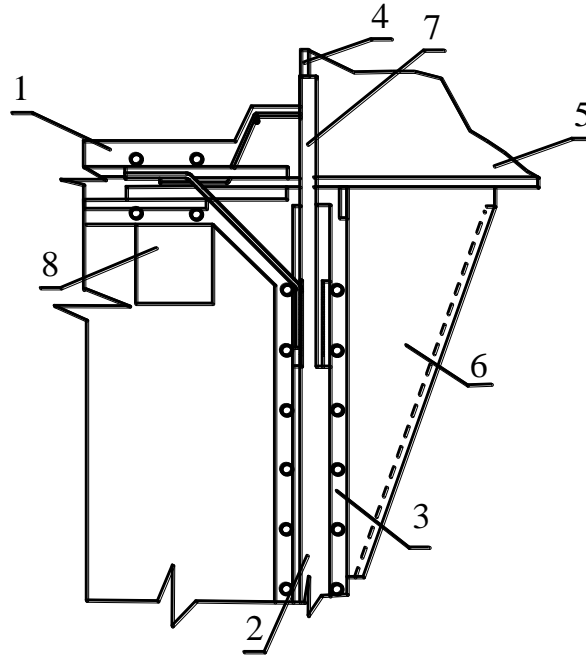


Рисунок 4 – Удосконалена конструкція вузла з'єднання башти та понтона:

1 – стапель-палуба; 2 – понтон; 3 – зовнішня стінка понтона; 4 – полотно башти; 5 – бімс; 6 – книця, 7 – заставна деталь для кріплення зовнішнього та внутрішнього бортів башти; 8 – виріз для води

При створенні монтажних блоків (агрегатів) прийняте функціональне угруповання механізмів, арматури, трубопроводів і приладів. Кількість монтажних блоків, їх взаємне розташування в приміщеннях енергетичного комплексу доку, раціональне розташування комунікацій між блоками й агрегатами визначають шляхом розробки і виготовлення макета. У районах машинного і компресорного відділень, приміщення перетворювачів передбачають укрупнені блоки масою до 50 т у спеціальних каркасах. Формування більших блоків і агрегатів здійснюють на ділянці агрегування. Блоки й агрегати завантажують у блок-секції башти до їх накриття об'ємними секціями, розташованими вище палуб або платформ.

Понтон доку ділять поздовжніми водонепроникними перегородками на декілька самостійних відсіків, які потрібні для забезпечення необхідної остійності при спливанні або зануренні доку без крену і кількістю яких залежить від вантажопідйомності доку. Вони є основними зв'язками, що сприймають навантаження від центральної і бічних кільових доріжок. Центральну кільову доріжку розміщують над діаметральною перегородкою. Водонепроникні поперечні перегородки встановлюють на відстані 1,5 м одна від одної. Рамні шпангоути башт є продовженням поперечного набору понтонів. На краях понтона для збільшення робочої довжини стапель-палуби, яка зазвичай складає 0,8–0,9 довжини судна, встановлюють майданчики (кріноліни) з дерев'яним або металевим настилом.

При встановленні і стикуванні секцій між собою повинна бути забезпечена система контролю за точністю стикування по висоті і горизонталі. Кінцевий монтаж механізмів, пристроїв і трубопроводів виконується після закінчення складально-зварювальних робіт по корпусу доку, фундаментам і підкріпленням у районі їх штатного установа. Перед

установлення опалубки арматура стику повинна бути очищена від бруду, масел, фарби, іржі. Кромки секцій усіх елементів понтона і весь бетон конструкцій, що потрапляють у стик, повинні бути звільнені від цементної плівки шляхом насічки пневмоінструментом.

Після очищення стиків та установлення всіх закладних конструкцій проводиться встановлення деревометалевої опалубки, яка повинна відповідати наступним вимогам:

- забезпечувати правильність форм і розмірів бетонованого стику;
- мати достатню міцність і твердість;
- не допускати витікання цементного молока при ущільненні бетонної суміші;
- вільно розбиратися з мінімальними пошкодженнями.

У конструкції понтона доку зі зменшеною металоємністю поперечні перегородки встановлюють на відстані 3 м одна від одної, а конструкція нижньої бетонної частини башт доку виконується без використання традиційних шпангоутів, флорів і бімсів, арматура, яка працює на місцеву міцність, встановлюється зовні в напрямку найменшого прольоту, а арматура, що працює на загальну міцність, встановлюється всередині елементау конструкції понтона. Продовжуючи розробки [14], удосконалено вузол з'єднання днища понтона з поперечною діафрагмою (рис. 5).

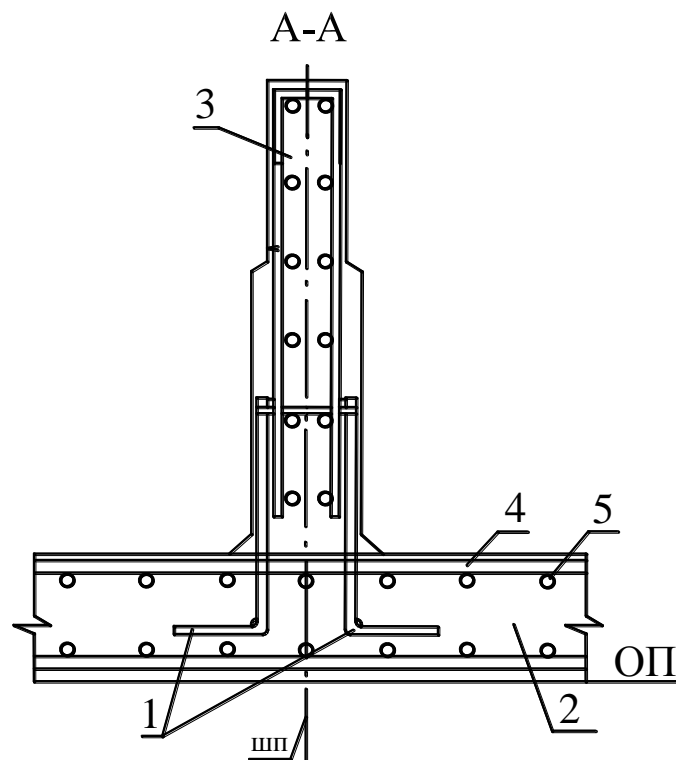


Рисунок 5 – Удосконалена конструкція вузла з'єднання днища понтона з поперечною діафрагмою:

1 – заставна деталь для кріплення зовнішнього та внутрішнього бортів башти; 2 – залізобетонний понтон; 3 – поперечна діафрагма; 4 – продольна арматура; 5 – поперечна арматура

У всіх випадках бетон міжсекційних з'єднань повинен мати міцність, водонепроникність і морозостійкість не менше необхідних для бетону сполучних елементів понтона. Укладання бетону в форми проводиться не пізніше 45 хвилин після його виготовлення (в літній період). Укладання бетону у вертикальні стики повинно проводитися на всю висоту стику. Після укладання бетону виконують його ущільнення шляхом вібрації за допомогою пневмовібраторів. Перерви при укладанні бетону в одну конструкцію не повинні перевищувати 1 годину за температури зовнішнього повітря більше 25 °С, в інших випадках не більше 2-х годин. У разі більш тривалих перервах бетонування повинно бути припинено й відновлено після закінчення твердіння бетону й

насічки (поновлення) штраби. Розпалубку стиків виробляти після досягнення бетоном вертикальних стиків 35 % і горизонтальних 50 % проектної міцності.

При підготовці під бетонування секцій проводиться очищення та продування повітрям поверхні стенда. Потім на стенді розмічаються базові та контурні лінії. Робоча частина стенда і опалубка змащуються універсальним мастилом, підігрітим до 45–50 °С у будь-який час року для зменшення зчеплення зі стендом. Після цього встановлюються фіксатори захисного шару, контурна опалубка, укладається об'ємна секція на стенд в контурну опалубку. Бетонна суміш до формувальних стендів подається у віброємностях, проводиться укладання та загладжування бетону під рейку, ущільнення виконується глибинними й плоскими вібраторами. Потім проводиться термічна обробка бетону (в холодну пору року при температурі повітря нижче + 8 °С). Міцність бетону повинна бути не менше 75 % від маркувальної. Після виконання демонтажу опалубки знімання секцій зі стенда здійснюється краном відповідної вантажопідйомності з використанням траверс, що забезпечують рівномірний підйом з усього майданчика. Зачеплення тросів повинно виконуватися за всі рими на секції. Відрив секцій від стенда, бетонованих ребрами вниз, здійснюється за допомогою пневмовиштовхувачів.

Після зняття контурної опалубки секція подається на майданчик для складання. Перед подачею секцій на стапельні складання всі торці секцій, які стикуються, піддаються механічній обробці (насічці) відповідно до вимог галузевої документації. Складання плоских і об'ємних секцій проводиться на інвентарних прокладках з кроком 1 м. Товщина прокладок повинна бути більше висоти виступаючих частин, але не менше 25 мм.

Перед формуванням понтона необхідно перевірити стан стапельної основи щодо горизонтальної площини з нанесенням базових і контрольних ліній на корінних лісах. Спочатку на стапелі виставляються і омоноличуються секції днищевої плити, а потім виконується укладання, установка та розкріплення секцій. За потреби виконується повторна обробка кромки секцій шляхом насічки бетону механічним способом (пневмоінструментом). Виконується армування і зварювання арматури стиків та монтаж опалубки стиків омоноличування. Після цього бетонуються стики та проводиться ущільнення бетону глибинними вібраторами і вібрацією опалубки. Монтаж вертикальних збірних елементів (борту й перебірки) на днище виконується після набору міцності бетону монтажних стиків днища 21 МПа (210 кг/см²) або ж до бетонування стиків з метою запобігання утворенню тріщин або порушення контакту арматури з бетоном [15].

Усунення дефектів бетонування повинно здійснюватися за допомогою повного видалення всього нетривкого бетону і наступним закладенням дефектного місця бетоном такої ж якості, який уживався для бетонування міжсекційних з'єднань. Дефекти у вигляді тріщин або невеликих отворів повинні бути попередньо оброблені по кромках на величину, достатню для якісного заповнення їх бетоном на всю глибину. Випробування на водонепроникність залізобетонного корпусу понтона проводиться після усунення дефектів, виявлених зовнішнім оглядом і закінчення монтажу закладного й приварного насичення.

Висновки з перспективами. Розглянуто відомі технічні рішення у докобудуванні, які направлені на раціоналізацію виробничих процесів при побудові конструкцій композитних доків. Виконано обґрунтування раціональності побудови конструкції понтона без установлення шпангоутів, флорів та бімсів під баштами й описано технологічні рекомендації щодо встановлення поперечних перегородок між внутрішніми бортами через 4 шпації.

Розроблено конструктивно-технологічні вузли з'єднання понтона з металевою баштою та поперечною діафрагмою для конструкції плавучого композитного доку зі

зменшеною кількістю набору у понтоні, що дає змогу зниження металоемності конструктивних вузлів з'єднання понтона та композитного доку у цілому.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Rashkovskiy A., Ermakov D., Dong Z. Innovative technologies in composite floating docks construction. *Shipbuilding and Marine Infrastructure*. 2014. № 2. pp. 93–102.
2. Щедролосев А. В., Кириченко К. В. Анализ состояния строительства плавучих доков. *Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyasının Elmi Əsərləri*. 2018. № 1. С. 48–58.
3. Мишутин Н. В., Мишутин А. В. Железобетонные плавучие сооружения и перспективы их использования. *Вісник ОДАБА*. 2002. №6. С. 181–187.
4. Слущкий Н. Г. Состояние и перспективы строительства композитных плавучих сооружений. *Материалы международной научно-технической конференции «Безопасность мореплавания и ее обеспечение при проектировании и постройке судов»*. Николаев : НУК, 2004. С. 85–87.
5. Рашковский А. С., Слущкий Н. Г. Инновационные технологии в докостроении *Вісник НУК*. 2010. № 1. Режим доступа : <http://evn.nuos.edu.ua/article/view/24572/22079>.
6. Кириченко К. В., Яглицкий Ю. К., Щедролосев О. В. Особенности параметричного проектування конструкцій композитного плавучого доку. *Науковий вісник Херсонської державної морської академії : науковий журнал*. Херсон : Херсонська державна морська академія, 2018. № 2 (19). С. 154–164.
7. Wang C.M., Utsunomiya T. Pontoon-type very large floating structures. *Structural Engineer*. 2007. № 85 (16). pp. 15–17.
8. Firat Y., Easley R., Zinserling M. Design and Construction of Two Concrete Pontoons to Serve as Berths at the Port of Juneau Cruise Ship Terminal Ports 2016: Port Planning and Development. *Papers from Sessions of the 14th Triennial International Conference*. 2016. pp. 193–203.
9. Zhang X.X., Du B.S., Wu Z.L. Safety protective effect of a novel FRP floating pontoon for piers against ship-collision. *Bridge Maintenance, Safety, Management and Life Extension – Proceedings of the 7th International Conference of Bridge Maintenance, Safety and Management, IABMAS*. 2014. pp. 2070–2078. Retrived from: <https://doi.org/10.1201/b17063-319>
10. Xujun Chen, Yuji Miao, Xuefeng Tang and Junyi Liu. Numerical and experimental analysis of a moored pontoon under regular wave in water of finite depth *Ships and Offshore Structures*. 2016. Volume 12. Issue 3. pp. 412–423.
11. Слущкий Н. Г. Новые направления в проектировании и технологии строительства композитных плавучих доков большой подъемной силы. *Матер. науч. симпоз. «Актуальные проблемы проектирования и эксплуатации судов»*. Одесса : Черноморье, 2008. С. 18–23.
12. Нейман В. М. Обеспечение качества строительства композитных плавучих доков. *Збірник наукових праць НУК*. 2017. № 1. С. 3–9.
13. Проектирование, технология и организация строительства композитных плавучих доков : монография / А. С. Рашковский и др. ; под науч. ред. А. С. Рашковского. Николаев : НУК, 2008. С. 22–38.
14. Щедролосев О. В., Коннов В. М., Узлов О. М., Кириченко К. В. Удосконалення конструктивного вузла з'єднання металевої башти із залізобетонним понтоном. *Матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю «Сучасні технології проектування, побудови, експлуатації і ремонту суден, морських технічних засобів і інженерних споруд»*. Миколаїв: НУК, 2020. С. 135–139.

15. Щедролюсєв О. В., Кириченко К. В. До питання побудови плавучих композитних доків зі зменшеною кількістю набору у понтоні. *Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті MINTT-2020»*. Херсон : ХДМА, 2020. С. 281–283.

REFERENCES

1. Rashkovskiy, A., Ermakov, D. & Dong, Z. (2014). Innovative technologies in composite floating docks construction. *Shipbuilding and marine infrastructure*, 2, 93–102.
2. Shchedrolosiev, A. V., & Kyrychenko, K. V. (2018). Analiz sostoyaniya stroitel'stva plavuchikh dokov [Analysis of the state of construction of floating docks]. *Azerbaijan State Marine Academy*, 1, 48–58 [in Russian].
3. Mishutin, N. V., & Mishutin, A. V. (2002). Zhelezobetonnye plavuchie sooruzheniya i perspektivy ih ispol'zovaniya [Reinforced concrete floating structures and prospects for their use]. *Visnyk ODABA*, 6, 181–186 [in Russian].
4. Slutskiy, N. G. (2004). Sostoyanie i perspektivy stroitelstva kompozitnykh plavuchikh sooruzheniy [Status and prospects of the construction of composite floating structures]. Materials of the international scientific and technical conference «Safety of navigation and its provision in the design and construction of ships». *Materialy mezhdunarodnoy nauchno-tehnicheskoy konferentsii «Bezopasnost moreplavaniya i ee obespechenie pri proektirovanii i postroyke sudov»*. (pp. 85–87). Nikolaev : NUOS [in Russian].
5. Rashkovskiy, A. S. (2004). Innovatsionnyie tehnologii v dokostroenii [Innovative technologies in dockbuilding]. *Visnyk NUK*, № 1. Retrieved from <http://evn.nuos.edu.ua/article/view/24572/22079>
6. Kyrychenko, K. V., Yahlytskyi, Yu. K., Schedrolosiev, O. V. (2018). Osobly`vosti parametry`chnogo proektuvannya konstrukcij kompozy`tnogo plavuchogo doku [Features of parametric design of composite floating dock structures]. *Naukovyi visnyk Khersonskoi derzhavnoi morskoi akademii*, 2 (19), 154–164.
7. Wang, C.M. (2007). Utsunomiya, T. Pontoon-type very large floating structures. *Structural Engineer*, 85 (16), 15–17.
10. Firat, Y., Easley, R., Zinserling, M. (2016). Design and Construction of Two Concrete pontoons to Serve as Berths at the Port of Juneau Cruise Ship Terminal Ports 2016: Port Planning and Development. Papers from Sessions of the 14th Triennial International Conference, 193–203.
11. Zhang, X.X., Du, B.S., Wu, Z.L. (2014). Safety protective effect of a novel FRP floating pontoon for piers against ship-collision. *Bridge Maintenance, Safety, Management and Life Extension – Proceedings of the 7th International Conference of Bridge Maintenance, Safety and Management, IABMAS, 2070–2078*. <https://doi.org/10.1201/b17063-319>.
12. Xujun, Chen, Yuji, Miao, Xuefeng, Tang and Junyi, Liu. (2016). Numerical and experimental analysis of a moored pontoon under regular wave in water of finite depth. *Ships and Offshore Structures*, 12, 3, 412–423.
13. Rashkovskiy, A. S., Slutskiy, N. G., Konnov, V. N., Shchedrolosiev, A. V., & Uzlov, O. N. (2015). Proektirovanie, tekhnologiya i organizatsiya stroitelstva kompozitnykh plavuchikh dokov : monografiya. Nikolaev, 22–38. [in Russian].
14. Shchedrolosiev, O. V., Konnov V. M., Uzlov, O. M., Kyrychenko, K. V. (2020). Udoskonalennya konstrukty`vnogo vuzla z'yednannya metalevoyi bashty` iz zalizobetonny`m pontonom [Improvement of the structural unit of connection of the metal tower with the reinforced concrete pontoon]. Proceedings of the All-Ukrainian scientific and technical conference with international participation «Modern technologies for the design, construction, operation and repair of ships, marine equipment and engineering structures»: *Materialy` Vseukrayins`koyi naukovo-*

tehnichnoyi konferenciyi z mizhnarodnoyu uchastyu «Suchasni tehnologiyi proektuvannya, pobudovy, ekspluatatsiyi i remontu suden, mors'ky`x technichny`x zasobiv i inzhenerny`x sporud». (pp. 135-139). My`kolayiv: NUOS.

15. Shchedrolosiev, O. V., Kyrychenko, K. V. (2020). Do py`tannya pobudovy` plavuchy`x kompozy`tny`x dokiv zi zmenshenoyu kil`kisty u naboru u pontoni. [On the question of building floating composite docks with a reduced number of sets in the pontoon]. *Proceedings of the XII International Scientific and Practical Conference «Modern Information and Innovative Technologies in Transport MINTT-2020» : Materialy` XII Mizhnarodnoyi naukovy-prakty`chnoyi konferenciyi «Suchasni informacijni ta innovacijni tehnologiyi na transporti MINTT-2020».* (pp. 281-283). Kherson: KSMA.

Щедролов А. В., Узлов А. Н., Кириченко К. В. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УЗЛОВ СОЕДИНЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО ПОНТОНА С ПОПЕРЕЧНОЙ ДИАФРАГМОЙ И МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ БАШНЕЙ ПЛАВУЧЕГО КОМПОЗИТНОГО ДОКА

Выполнен анализ известных технических решений в докостроении, направленных на рационализацию производственных ресурсов при построении конструкций композитных доков. Установлено, что в имеющихся решениях не указаны рекомендации уменьшения металлоемкости железобетонного понтона композитных плавучих доков. В результате проведенного исследования, усовершенствована конструкция плавучих композитных доков за счет уменьшения количества набора в железобетонном понтоне. Обосновано рациональность построения конструкции понтона без установки шпангоутов, флоры и бимсов под башнями и описаны технологические рекомендации установления поперечных перегородок между внутренними бортами через 4 шпации, то есть через 3 метра в отличие от классической конструкции, в которой расстояние между перегородками 1,5 метра. Проведен анализ особенностей конструирования узлов соединения железобетонного понтона с поперечной диафрагмой и металлической башней плавучего композитного дока, описаны сложности, которые при этом возникают. Разработана конструкция и технологические рекомендации построения узлов соединения железобетонного понтона с поперечной диафрагмой и металлической башней. Описаны последовательность конструирования конструкции плавучего дока и технологические операции для обеспечения прочности, водонепроницаемости и морозостойкости бетона при межсекционных соединениях. Разработаны решения для увеличения местного сцепления бетона с крестообразными деталями и предотвращения его отслаивания. Приведена традиционная схема конструкции композитного дока и конструктивного узла соединения металлической башни с железобетонным понтоном. Усовершенствована схема композитного дока, схемы конструкции узлов соединения железобетонного понтона с поперечной диафрагмой и металлической башней, которые предназначены для построения плавучих композитных доков с уменьшенной металлоемкостью в понтоне.

Ключевые слова: композитный плавучий док, железобетонный понтон, металлическая башня, поперечная диафрагма, конструирование доков.

Shchedrolosiev O., Uzlov O., Kyrychenko K. IMPROVING CONSTRUCTIVE AND TECHNOLOGICAL CONNECTING JOINTS OF REINFORCED CONCRETE PONTOON WITH A TRANSVERSE DIAPHRAGM AND A METAL TOWER IN A FLOATING COMPOSITE DOCK

The analysis of the known technical decisions in dock construction field, rationalizing production resources at composite docks construction is given. It is established that the available solutions do not specify the recommendations for lowering the metal content in the reinforced concrete pontoon of composite floating docks. As a result of the conducted research, the design of floating composite docks was improved by reducing sets in the reinforced concrete pontoon. The rationality of a pontoon design construction without installation of frames, floors, and beams under towers is substantiated. Technological recommendations for the transverse partitions installation between the inner boards in 4 spaces, i.e. in 3 meters in contrast to the classical design in which the distance between the partitions is 1.5 meters, were described. The analysis of the design features of the reinforced concrete pontoon connecting joints with the transverse diaphragm and the metal tower of the floating composite dock is carried out, the difficulties that arise are described. The design and technological recommendations for the construction of the reinforced concrete pontoon joints with the transverse diaphragm and the metal tower have been developed. The floating dock construction sequence and technological operations ensuring concrete's strength, water tightness and frost resistance at

intersection joints are described. Solutions that increase the local adhesion of concrete to cross-shaped parts and prevent its exfoliation have been developed. The traditional scheme of the composite dock construction and a structural joint of a metal tower with a reinforced concrete pontoon is given. The composite dock construction scheme and the construction scheme of the joints of the reinforced concrete pontoon with the transverse diaphragm and the metal tower, which are designed for the construction of floating composite docks with reduced metal content in the pontoon, have been improved.

Keywords: *composite floating dock, reinforced concrete pontoon, metal tower, transverse diaphragm, dock construction.*

© Щедролюсєв О. В., Узлов О. М., Кириченко К. В.

Статтю прийнято
до редакції 22.06.20