

В. О. Попов
В. М. Курдибаха

ІНЖЕНЕРНИЙ ДОСВІД ВІЗУАЛЬНОГО ТА ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ОБСТЕЖЕННЯ СУДНОНАВАНТАЖУВАЧІВ

Вінницький національний технічний університет

У статті узагальнено досвід застосування суднонавантажувачів, як завершальної ланки логістичної системи при транспортуванні продукту від місця синтезу і тимчасового зберігання до судна, що використовують на цей час в більшості морських портів України. Виконано докладний опис конструкції та принципу роботи стрічкових суднонавантажувачів закордонного виробництва, а також небезпеки, які можуть виникати при виході з ладу цих споруд. Несучий металевий каркас споруди умовно розділено на функціонально-незалежні одиниці – плоскі і просторові рами (траверса ходового механізму, гойдальна опора, маятникова опора, основа рами порталу, розпірні балки, верхня частина рами порталу, стріла, висувна частина стріли, містки, оглядові майданчики та майданчики приводів), що дає більш повне уявлення про основи конструювання таких споруд. Наведено основні технічні характеристики машин та механізмів, а саме, конструкцій приводів, транспортних систем, поліспастів, висувних систем, що впливають на будівельні конструкції споруди. Описано основні результати обмірів суднонавантажувачів з визначенням втрат перерізів елементів каркасу та стану зварних і болтових з'єднань. Узагальнено інженерний досвід з обстеження та оцінки технічного стану будівельних конструкцій цих споруд, які протягом тривалої експлуатації зазнали втрат міцності та жорсткості від агресивної дії морської води та розчинених в ній хімічних добрив, що подаються суднонавантажувачем. Виконано локалізацію найбільш значних дефектів (осередків шаруватості та виразкової корозії) на довгомірних та пластинчатих будівельних конструкціях суднонавантажувачів, а також, розроблено методику та схеми з підсилення. Доведено системний характер появи пошкоджень на тонколистових погано вентильованих елементах споруди. Наведено рекомендації з раціоналізації підсилення конструкцій навантажувачів для недопущення у подальшому накопичення подібних дефектів, які, загалом, полягають у широкому застосуванні захисних цинкових та полімерних покриттів та товстостістових конструктивних елементів. Окреслено основні заходи з охорони праці при виконанні робіт з підсилення та відновлення будівельних конструкцій суднонавантажувачів.

Ключові слова: суднонавантажувач, металевий каркас споруди, просторова рама, зварне і болтове з'єднання.

Вступ

Сучасну логістичну структуру будь якого порту важко уявити без ефективних суднонавантажувачів, які є завершальною ланкою при транспортуванні продукту від місця синтезу і тимчасового зберігання до судна [1-3]. Особливо це стосується портів експортно орієнтованих підприємств хімічної, нафтопереробної та метало переробної галузі України. Наша держава є визнаним лідером з виробництва мінеральних та органічних добрив. На світових ринках особливо цінним є карбамід, який не засолює ґрунт і добре засвоюється рослинами. Саме для синтезу та відвантаження карбаміду у кінці ХХ століття поблизу м. Южне Одеської області було збудовано Одеський припортовий завод. Портова частина виробництва була укомплектована високотехнологічними навантажувачами закордонного виробництва.

Суднонавантажувачі – це гігантські металеві споруди висотою від 20 до 70 м, що є найбільш відповідальними ланками технологічного процесу перевантаження [1]. Руїнування навантажувачів може призвести до суттєвих збоїв у роботі порту та, навіть, до міжнародних конфліктів, якщо при цьому постраждає закордонне судно. Тому відповідальність таких споруд – надзвичайно висока і, відповідно, до них ставляться підвищені вимоги щодо надійної і довговічної безвідмовної роботи. Найбільш конструктивно та функціонально схожими на суднонавантажувачі є підйомні крани.

Основна частина

Для правильного розуміння принципу роботи суднонавантажувачів та узагальнення проблем, які можуть виникнути під час їх тривалої експлуатації, слід розібратися з їх конструкцією та принципом роботи. У подальшому описано типовий стрічковий навантажувач неперервної дії виробництва фірми «Pohling-Henkel-Bleichert» (Німеччина), який експлуатується у порту м. Южне та відвантажує навалом готову продукцію Одеського припортового заводу –

мінеральні добрива (карбамід). Основним показником суднонавантажувачів є продуктивність їх роботи. Розглянутий суднонавантажувач відвантажує до 1000 т продукції за 1 годину роботи.

Конструкція типового суднонавантажувача для перевантаження сипучих речовин являє собою складну металеву систему, яка складається з будівельних конструкцій та механічних машинних систем. Загалом конструкція складається з опорного каркасу, стріли, висувної частини стріли, транспортерів, елементів приводу підйому стріли (рис. 1...3). У стані спокою споруда зафіксована на рейках, стріла піднята. У підготовчому стані суднонавантажувач рухається вздовж рейкових колій, встановлених на причалі, з піднятою стрілою до місця розташування пришвартованого судна (балкера). В робочому стані каркас фіксується якірними механізмами, стріла переводиться у горизонтальне положення, вмикаються транспортери.

Опорний каркас передає навантаження на рейкові колії через ходові візки. Складається з траверси ходового механізму "П"-подібної форми та гойдальної опори, до якої через маятникову опору у вигляді циліндричного шарніру приєднано верхню частину рами порталу. До верхньої частини рами порталу з одного боку та траверси ходового механізму з іншого приєднано основу рами порталу у вигляді двох похилих балок коробчастого перерізу, які з'єднані розпірною балкою.

До балок основи рами порталу приєднано "П"-подібну похилу раму, яка складається з двох стійок та балки верхніх роликів. Між основою рами порталу та балкою верхніх роликів улаштовано розпірку у вигляді ферми. В верхній частині до пілонів та розпірки приєднано перехідний місток. Під машинним відділенням улаштовано майданчик для транспортерів.



Рисунок 1 – Загальний вигляд суднонавантажувача. З правого боку – транспортна галерея для подачі готового продукту до суднонавантажувача, зліва – пришвартований під завантаження балкер

Стріла та її висувна частина є основними робочими механізмами суднонавантажувача. Стріла – підіймально-опускальна частина, яка забезпечує подачу висувної частини в горизонтальне положення для подальшого висування за межі причалу до трюму суден. Стріла обертається навколо шарнірів, приєднаних до двох головних балок стріли. В верхній і нижній частині балки стріли з'єднані між собою фермами. Поблизу шарнірів улаштовано прямокутну раму, яка об'єднує балки, верхній та нижній пояси стріли. На нижньому поясі встановлено металеві рами, на які опираються ролики подаючої голівки (висувної частини). На верхньому поясі улаштовано систему кронштейнів, до яких приєднано опорні ролики. Висувна частина рухається по роликах верхнього та нижнього поясів за допомогою ланцюгової передачі та рейок. Висувна частина складається з двох балок двотаврового перерізу на яких закріплені рейки, що з'єднані між собою розкільною системою з кутників. До зовнішнього кінця подаючої голівки приєднано жолоб, який є завершальним елементом системи подачі карбаміду у трюм судна.

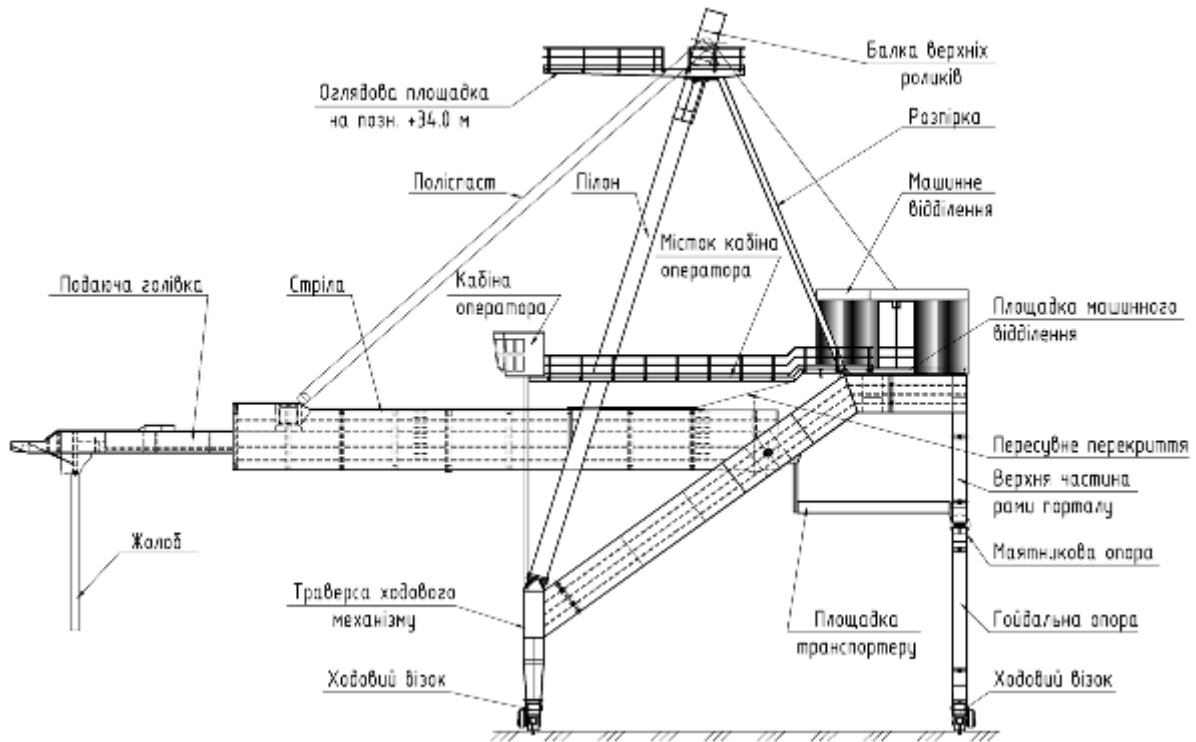
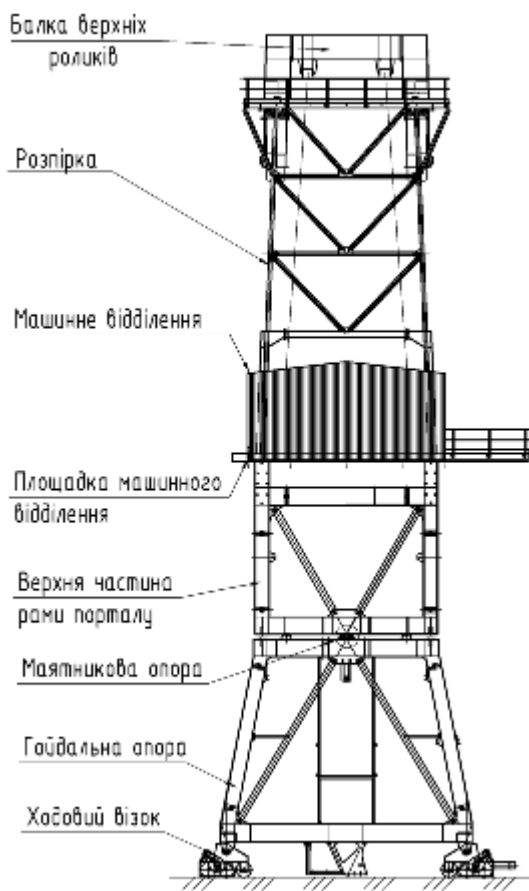


Рисунок 2 – Схема розташування будівельних конструктивних елементів суднонавантажувача



а)



б)

Рисунок 3 – Схема та фотографія заднього виду споруди. На фото частина споруди прихована галереєю

Транспортери. Призначені для подачі карбаміду з галереї до жолоба суднонавантажувача. Складаються з транспортерної рами, транспортерного відгалуження, перпендикулярного попередньому. Транспортерна рама являє собою систему з двох плоских “П”-подібних рам,

з'єднаних балками, між якими улаштовано частину конструкцій транспортеру, розкріплених між собою розпірками. До рами транспортеру приєднано систему помостів для обслуговування його конструкцій. Кінематично транспортер відгалуження, транспортер подаючої голівки та транспортер стріли являють собою одну спільну нескінченну стрічку, яка змінює форму за рахунок системи відвідних барабанів і роликів.

Привід підйому стріли – механічна система, яка складається з критої будівлі машинного відділення; що закріплена на основі рами порталу та верхній частині рами порталу. В середині машинного відділення на площадці розміщено привід підйому стріли, який являє собою електромеханічну систему, що складається з двигуна, редуктора, гальмівної системи, зубчастих передач та двох канатних барабанів. Привод підйому стріли кінематично зв'язаний з поліспастом, який і піднімає стрілу. До площадки приводу підйому стріли з одного боку та пілону з іншого приєднано місток, на консолі якого закріплено кабіну оператора.

В процесі візуального та інструментального обстеження суднонавантажувача, який працює у морському порту м. Южне на території Одеського припортового заводу виявлено, що найбільшого корозійного зносу зазнали ті елементи конструкції, які мають малу масивність, та піддавалися безпосередньому агресивному впливу карбамідом та зволженим бризками морської води повітрям, тобто конструкції стріли, подаючої голівки, несучі елементи транспортерів та площадка приводу підйому стріли [4]. Втрати від корозії окремих елементів цих конструкцій склали більше 30 %. Виявлено, що масивні (балочні) конструкції у вигляді коробів та складених двотаврів зазнали меншого зносу, аніж тонколистові прокатні балки (рис. 4, а) та багатоелементні ферменні конструкції. Значного корозійного зносу зазнали болтові кріплення (рис. 4, б). Тонкі неоцинковані конструкції (обшивка кабіни оператора) зазнали катастрофічного зносу, аж до наскрізних отворів (рис. 4, г). Значних зносів зазнали конструкції, несприятливе розташування яких призводить до накопичування та застою вологи, відсутності вентиляції конструкцій.



Рисунок 4 – характерні, найбільш значні дефекти, виявлені при обстеженні будівельних конструкцій суднонавантажувача: а – дефекти конструкцій опорних балок площадки приводу підйому стріли, б – корозія елементів і болтів нижнього поясу стріли; в – наскрізна корозія металоконструкцій перехідного містка; г – корозія конструкцій листового днища кабіни оператора аж до наскрізних отворів

Виявлено, що на масивних конструкціях у прихованих до сервісного обслуговування місцях (під кабелями, трубопроводами та іншим допоміжним інженерним обладнанням) дефекти розвиваються набагато швидше. Початкова поверхнева корозія переростає у шарувату та виразкову. Небезпека для конструкції в цьому випадку зростає ще й через те, що незручні місця обслуговуючий персонал споруди та ремонтники оглядають рідше.

Через вищу питому площу елементів плоских і просторових ферм у порівнянні з балками, балочних конструкцій ускладненого типу у порівнянні з балочними системами нормального і спрощеного типу, тобто, вищу площу елементів ефективних, з точки зору міцності, систем, вони кородують швидше. При масовій корозії швидко падають характеристики жорсткості (площа, момент інерції та момент опору) елементів. Як наслідок, зростає період власних коливань судноавантажувача в цілому та його конструктивних елементів зокрема, тобто погіршуються динамічні характеристики споруди. Оскільки судноавантажувачі – складні динамічні системи, при корозійному зносі можуть виникати негативні явища резонансу, які слід виявляти при обстеженні та розробляти ефективні заходи протидії. Поблизу окремих технологічних агрегатів судноавантажувача Одеського припортового заводу виявлений підвищений рівень вібрації.

Висновки

1. В процесі виконання цієї наукової роботи було узагальнено передовий закордонний інженерний досвід з проектування судноавантажувачів, описано принципи їх роботи та конструкцію.

2. Найбільших зносів металоконструкції цих споруд зазнають від корозії.

3. На основі проведених досліджень конструкцій судноавантажувачів виявлено, що, протягом тривалої експлуатації, основні дефекти і пошкодження локалізовані там, де існує безпосередній вплив на конструкцію хімічних добрив, що відвантажуються та бризк морської води. Найбільш значного зносу зазнали тонколистові, неоцинковані конструкції, які, внаслідок несприятливого розташування, слабо вентильовані і їх форма сприяє накопиченню вологи, а також конструкції, приховані інженерними комунікаціями. Всі болтові з'єднання конструкцій стріли та подаючої голівки, які приймають безпосередню участь у відвантаженні продукту, уражені корозією.

4. Аналіз вказаних дефектів свідчить, що при виконанні ремонтно-відновлювальних робіт, або при проектуванні нових судноавантажувачів, слід врахувати накопичений досвід з їх довготривалої експлуатації та удосконалити конструкції цих споруд згідно з такими рекомендаціями:

- всі болтові кріплення споруди та елементи тонколистової зашивки мають бути цинкованими з потовщеним шаром цинкового захисного покриття (не менше 20 мкм). Враховуючи розрахункову швидкість корозії цинкового покриття в агресивних умовах морського узбережжя 4 мкм/рік слід не рідше 1 раз на 5 років оглядати метизи та, у випадку ознак корозії виконувати їх негайну заміну. Перевагу слід віддавати високоміцним болтам класу точності А;
- при проектуванні конструкцій судноавантажувачів, а також при розробці робочих креслень підсилення існуючих зношених елементів, слід віддавати перевагу товстостеновим профілям замкнутого перерізу (трубчастого чи коробчастого), що мають бути герметизовані заглушками. Всі металоконструкції судноавантажувачів, окрім ізолюючого полімерного пофарбування слід захищати шляхом холодного цинкування;
- для конструкцій стріли та висувної частини стріли не рекомендується багатоелементні ферменні системи, що виготовлені з використанням полегшених профілів типу «С», «Z», а також кутиків, швелерів і двотаврів із стінками товщиною менше 5 мм через їх нижчу корозійну стійкість;
- при проектуванні технологічних настилів перехідних містків та робочих площадок, перевагу слід віддавати наскрізним ґратчастим сталевим гарячецинкованим та алюмінієвим конструкціям на протизаги просічно-втяжним та рифленим листам;
- електричні кабелі, трубопроводи та інші інженерні комунікації слід прокладати у полімерних лотках, стійких до ультрафіолету, а самі лотки улаштовувати не безпосередньо на конструкціях, а на виносних кронштейнах для зручності доступу до несучих конструкцій та покращення їх вентильованості.

5. При обстеженні споруд судноавантажувачів особливу увагу слід приділити дослідженням їх вібродинамічних характеристик. Поява надмірної вібрації може свідчити про понаднормативний знос елемента, викривлення та перекося конструкцій, які можуть призвести до появи аварійної ситуації.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Степанов А. Л. Портовое перегрузочное оборудование. М., Транспорт, 1996, 328 с.
2. Справочник эксплуатационщика речного транспорта. Под ред.ак. С.М. Пьяных, М., Транспорт, 1995, 360 с.
3. Прохоренков А. М., Истратов Р.А. Математическое моделирование управления перегрузочными процессами в морском порту //Мир транспорта – 2013. - № 1 (45). С. 20 – 28.
4. Барашиков А.Я., Малышев О.М. Оценка технического состояния строительных конструкций, зданий и сооружений. – К.: НМЦ Держнаглядохоронпраці України, 1998. – 23 с.
5. Сталеві конструкції. Норми проектування. ДБН В.2.6-168:2014. На заміну ДБН В.2.6-163:2010 у частині розділу 1 та ДСТУ Б В.2.6-194:2013. [Дата надання чинності 01.01.2015 р.] – К.: Мінрегіон України, 2014. – 199 с. – (Національний стандарт України).
6. Попов В.О. Безфундаментні башти-атракціони з високоточним стовбуром. Монографія / В.О. Попов, І.П. Кондратенко, А.П. Рашепкін. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2009. – 208 с.
7. Ремонт і підсилення несучих і огорожувальних будівельних конструкцій і основ промислових будинків та споруд. Держкомітет України з будівництва і архітектури. ДБН В.3.1-1-2002. Київ. 2003, 82 с. – (Державні будівельні норми України).
8. Оцінка технічного стану сталевих будівельних конструкцій, що експлуатуються. ДСТУ Б В.2.6-210:2016. К., «ДПУкрНДНЦ»: Мінрегіон України, 2017. – 80 с. – (Національний стандарт України).
9. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016. К., «ДПУкрНДНЦ»: Мінрегіон України, 2017. – 44 с. – (Національний стандарт України).

REFERENCES

1. Stepanov A. L. Portovoye peregruzochnoye oborudovaniye. M., Transport, 1996, 328 s.
2. Spravochnik ekspluatatsionshchika rechnogo transporta. Pod red.ak. S.M. P'yanykh, M., Transport, 1995, 360 s.
3. Prokhorenkov A. M., Istratov R.A. Matematicheskoye modelirovaniye upravleniya peregruzochnymi protsessami v morskoy portu //Mir transporta – 2013. - № 1 (45). S. 20 – 28.
4. Barashikov A.YA., Malyshev O.M. Otsenka tekhnicheskogo sostoyaniya stroitel'nykh konstruksiy, zdaniy i sooruzheniy. – K.: NMTS Derzhnaglyadokhoronpratsi Ukraïni, 1998. – 23 s.
5. Stalevi konstruksii. Normi proyektuvannya. DBN V.2.6-168:2014. Na zaminu DBN V.2.6-163:2010 u chastini rozdilú 1 ta DSTU B V.2.6-194:2013. [Data nadannya chinnosti 01.01.2015 r.] – K.: Minregion Ukraïni, 2014. – 199 s. – (Natsional'niy standart Ukraïni).
6. Popov V.O. Bezfundamentni bashti-atraksioni z visokotochnim stovburom. Monografiya / V.O. Popov, Í.P. Kondratenko, A.P. Rashchepkin. – Vinnitsya: UNIVERSUM-Vinnitsya, 2009. – 208 s.
7. Remont i pidsilennya nesuchikh i ogorodzhuval'nikh budivel'nikh konstruksiy i osnov promislovikh budinkiv ta sporud. Derzhkomitet Ukraïni z budivnitstva i arkhitekturi. DBN V.3.1-1-2002. Kiïv. 2003, 82 s. – (Derzhavni budivel'ni normi Ukraïni).
8. Otsinka tekhnichnogo stanu stalevikh budivel'nikh konstruksiy, shcho yeksploatuyut'sya. DSTU B V.2.6-210:2016. K., «DPUkrNDNTS»: Mınregion Ukraïni, 2017. – 80 s. – (Natsional'niy standart Ukraïni).
9. Nastanova shchodo obstezheniya budivel' i sporud dlya viznachennya ta otsinki ikh tekhnichnogo stanu. DSTU-N B V.1.2-18:2016. K., «DPUkrNDNTS»: Mınregion Ukraïni, 2017. – 44 s. – (Natsional'niy standart Ukraïni).

Попов Володимир Олексійович – к.т.н., доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Факультет будівництва, теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: v.a.popov.vntu@gmail.com.

Курдибаха Владислав Миколайович – студент, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: jjjust96@gmail.com. ORCID 0000-0003-4607-3611.

**V. Popov
V. Kurdybakha**

ENGINEERING EXPERIENCE OF VISUAL AND INSTRUMENTAL EXAMINATION OF SHIPS LOADERS

Vinnitsia National Technical University

In the article has been described the designs and principles of operation of foreign-made ships loaders. Has been generalized an engineering experience of inspection and evaluation of the technical condition of the structures of these structures, which, due to long-term operation, have been subjected to significant losses of the cross section of the elements from the aggressive influence of sea water and chemical fertilizers dissolved in it. Has been localized the most significant defects on lengthy structures of ships loaders. Has been proven systemic nature of damage. Has been offered recommendations on the rationalization of ships loaders structures to prevent the occurrence of similar defects in the future.

Key words: ships loader, visual and instrumental examination, mechanical system, corrosion.

Popov Vladimir – Ph.D. docent of department of civil engineering, architecture and municipal economy, Faculty for Civil Engineering, Thermal Power Engineering and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, email: v.a.popov.vntu@gmail.com.

Kurdybakha Vladyslav – student, Vinnytsia National Technical University, e-mail: jjjust96@gmail.com.

В. А. Попов
В. Н. Курдыбаха

ИНЖЕНЕРНЫЙ ОПЫТ ВИЗУАЛЬНОГО И ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ СУДОПОГРУЗЧИКОВ

Винницкий национальный технический университет

В статье выполнено описание конструкций и принципов работы ленточных судопогрузчиков зарубежного производства. Обобщен инженерный опыт обследования и оценки технического состояния строительных конструкций этих сооружений, которые вследствие длительной эксплуатации, подверглись значительным потерям сечения элементов от агрессивного влияния морской воды и растворенных в ней химических удобрений. Выполнена локализация наиболее значительных дефектов на длинномерных строительных конструкциях судопогрузчиков. Доказан системный характер возникновения повреждений. Предложены рекомендации по рационализации конструкций погрузчиков для предотвращения появления в дальнейшем подобных дефектов.

Ключевые слова: судопогрузчик, визуальное и инструментальное обследование, механическая система, коррозия.

Попов Владимир Алексеевич – к.т.н., доцент кафедры строительства, городского хозяйства и архитектуры, Факультет строительства, теплоэнергетики и газоснабжения, Винницкий национальный технический университет, г. Винница, e-mail: v.a.popov.vntu@gmail.com.

Курдыбаха Владислав Николаевич – студент, Винницкий национальный технический университет, e-mail: jjjust96@gmail.com.