

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ОДЕСЬКИЙ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ МОРСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ

# РОЗВИТОК ТРАНСПОРТУ

*Науковий журнал*

**ВИПУСК 2(5)**

*Заснований у жовтні 2016 року*

Одеса – 2019

ОДЕСЬКИЙ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ МОРСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ

РОЗВИТОК ТРАНСПОРТУ

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

№ 2(5)  
2019

Заснований у жовтні 2016 року

Виходить 4 рази на рік

Свідоцтво Міністерства юстиції України  
про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації  
Серія КВ № 22494-12394 ПР від 04.10.2016 р.

Засновник і видавець:  
внз «Одеський національний морський університет»  
Україна, 65029, м. Одеса, вул. Мечникова, 34

Редакційна колегія:

Головний редактор – д.т.н., проф. *Руденко С.В.*  
Заступник головного редактора – к.т.н., доц. *Немчук О.О.*  
Відповідальний секретар – к.е.н., доц. *Мельников С.В.*

Члени редакційної колегії:

д.т.н., проф. *Варбанець А.Р.*, ОНМУ;  
д.т.н., проф. *Дубровський М.П.*, ОНМУ;  
д.т.н., проф. *Єгунов К.В.*, ОНМУ;  
д.е.н., проф. *Постан М.Я.*, ОНМУ;  
д.е.н., проф. *Лапкіна І.О.*, ОНМУ;

д.т.н., доц. *Пітерська В.М.*, ОНМУ;  
д.т.н., проф. *Шахов А.В.*, ОНМУ;  
д.т.н., доц. *Кіріллова О.В.*, ОНМУ;  
*Філіна-Давідович Л.С.*, PhD, DSc,  
Західнопоморський технологічний  
університет в Щецині, Польща.

Рекомендовано до друку Вченою радою  
Одеського національного морського університету  
(протокол № 6 від 24 грудня 2019 р.)

Відповідальність за достовірність фактів, цитат, власних імен, географічних назв,  
назв підприємств, організацій, установ та іншої інформації несуть автори статей.

Висловлені у цих статтях думки можуть не збігатися  
з точкою зору редакційної колегії, не покладають на неї ніяких зобов'язань.  
Передруки і переклади дозволяються лише за згодою автора та редакції.

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE

ODESSA  
NATIONAL MARITIME UNIVERSITY

# TRANSPORT DEVELOPMENT

*Scientific journal*

**ISSUE 2(5)**

*Founded in October 2016*

**Odesa – 2019**

ODESSA  
NATIONAL MARITIME UNIVERSITY

TRANSPORT DEVELOPMENT

SCIENTIFIC JOURNAL

№ 2(5)  
2019

Founded in October 2016

Frequency: four times a year

Certificate of state registration of the print media issued by the Ministry of Justice of Ukraine  
Series KB № 22494-12394 IIP dated 04.10.2016

Founder and publisher:  
HEI “Odessa National Maritime University”  
Ukraine, 65029, Odesa, 34 Mechnykova St.

Editorial Board:

Editor-in Chief: Doctor of Engineering, Professor *Rudenko S.V.*  
Deputy Editor-in Chief: PhD in Engineering, Associate Professor *Nemchuk O.O.*  
Executive Secretary: PhD in Economics, Associate Professor *Melnykov S.V.*

Editorial Board Members:

Doctor of Engineering, Prof. <i>Varbanets A.R.</i> , ONMU;	Doctor of Engineering, Associate Professor <i>Piterska V.M.</i> , ONMU;
Doctor of Engineering, Prof. <i>Dubrovskiy M.P.</i> , ONMU;	Doctor of Engineering, Prof. <i>Shakhov A.V.</i> , ONMU;
Doctor of Engineering, Prof. <i>Yehupov K.V.</i> , ONMU;	Doctor of Engineering, Associate Professor <i>Kirillova O.V.</i> , ONMU;
Doctor of Engineering, Prof. <i>Postan M.Ia.</i> , ONMU;	<i>Filina-Davidovych L.S.</i> , PhD, DSc, West Pomeranian University of Technology in Szczecin, Poland.
Doctor of Engineering, Prof. <i>Lapkina I.O.</i> , ONMU;	

Recommended for printing by the Academic Council of Odessa National Maritime University  
(Minutes No 6 dated December 24, 2019)

Authors are responsible for the reliability of facts, quotes, proper names, geographical names,  
names of enterprises, organizations, institutions and other information.

The Editorial Board may not share the authors' opinion  
and assumes no responsibility for the content of manuscripts.  
Reprinting and translation are allowed with the consent of author and editors.

З М І С Т

---

**МОРСЬКІ ТА РІЧКОВІ ПОРТИ, ВОДНІ ШЛЯХИ  
ТА ЇХ ТЕХНІЧНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ**

**Богдевич А.Р., Дубровский М.П., Костюков А.А.**

Расширение области применения  
причальных сооружений эстакадного типа.....7

**Ступов К.В., Ступов В.К., Мурашко О.В.**

Уточнення сейсмічного ризику об'єктів морської інфраструктури..... 20

**ТЕОРІЯ І ПРОЕКТУВАННЯ КОРАБЛЯ**

**Каніфольський О.О.**

Some questions about general strength, propulsion  
and energy efficiency of deadrise hulls.....38

**УПРАВЛІННЯ ЛОГІСТИЧНИМИ СИСТЕМАМИ  
І ПРОЕКТАМИ**

**Лапкіна І.О., Лапкін О.І.**

Транзитний потенціал України  
в торговій і транспортній взаємодії з КНР..... 52

**Shakhov A.V., Rossomakha O.I., Sherstyuk O.I., Rossomakha O.A.**

Risk-oriented safety management strategy  
on inland waterways of Ukraine.....67

CONTENTS

---

**SEA AND RIVER PORTS, WATERWAYS  
AND THEIR TECHNICAL MAINTENANCE**

- Bohdevych A.R., Dubrovskiy M.P., Kostiukov O.A.**  
Extension of the application field of trestle type facilities.....7
- Yehupov K.V., Yehupov V.K., Murashko O.V.**  
Refining seismic risk of objects of marine infrastructure.....20

**SHIP THEORY AND ENGINEERING**

- Kanifolskyi O.O.**  
Some questions about general strength, propulsion  
and energy efficiency of deadrise hulls.....38

**MANAGEMENT OF LOGISTIC SYSTEMS  
AND PROJECTS**

- Lapkina I.O., Lapkin O.I.**  
Transit potential of Ukraine  
in trade and transport interaction with PRC.....52
- Shakhov A.V., Rossomakha O.I., Sherstyuk O.I., Rossomakha O.A.**  
Risk-oriented safety management strategy  
on inland waterways of Ukraine.....67

## МОРСЬКІ ТА РІЧКОВІ ПОРТИ, ВОДНІ ШЛЯХИ ТА ЇХ ТЕХНІЧНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ

УДК 627.3

DOI: 10.33082/td.2019.2-5.04

### РАСШИРЕНИЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИЧАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ ЭСТАКАДНОГО ТИПА

А.Р. Богдевич<sup>1</sup>, М.П. Дубровский<sup>2</sup>, А.А. Костюков<sup>3</sup>

<sup>1</sup>студентка магистратуры, кафедра «Морские и речные порты,  
водные пути и их техническая эксплуатация»,  
Одесский национальный морской университет, Одесса, Украина,  
anastasiyabog25.11.96@gmail.com

<sup>2</sup>д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Морские и речные порты,  
водные пути и их техническая эксплуатация»,  
Одесский национальный морской университет, Одесса, Украина,  
ORCID ID: 0000-0003-1229-1717, m.dubrovsky@gmail.com

<sup>3</sup> генеральный директор,  
ООО «Лакоса», Одесса, Украина,  
kostukoww@gmail.com

#### **Аннотация**

*Выполнен анализ конструктивных решений портовой причальной эстакады. Определены причины ограниченности области применения портовых набережных-эстакад, к которым следует отнести дефицит прочности и несущей способности. На конкретных примерах свайных эстакад, возведенных и/или реконструированных в украинских морских портах проанализированы их эксплуатационные параметры, определены достоинства и недостатки. Как перспективное направление совершенствования набережных-эстакад рассмотрено инновационное предложение по оснащению свайных опор сооружения пространственным каркасом, позволяющим обеспечить благоприятное перераспределение внешних нагрузок. Горизонтальные нагрузки воспринимаются свайными опорами, связанными с ростверком причала, а вертикальные нагрузки частично или полностью передаются через опорные пяты каркаса на грунтовое основание дна. Для расширения области применения рассмотренного решения целесообразно обеспечить его применение и для сооружений, включающих подпричальный каменный откос.*

**Ключевые слова:** эстакада, набережная, ростверк, свая, подпричальный откос, несущая способность.

УДК 627.3

**РОЗШИРЕННЯ СФЕРИ ЗАСТОСУВАННЯ  
ПРИЧАЛЬНИХ СПОРУД ЕСТАКАДНОГО ТИПУ**

**А.Р. Богдевич<sup>1</sup>, М.П. Дубровський<sup>2</sup>, О.А. Костюков<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>студентка магістратури, кафедра «Морські та річкові порти,  
водні шляхи та їх технічна експлуатація»,  
Одеський національний морський університет, Одеса, Україна,  
anastasiyabog25.11.96@gmail.com

<sup>2</sup>д.т.н., професор, завідувач кафедрою «Морські та річкові порти,  
водні шляхи та їх технічна експлуатація»,  
Одеський національний морський університет, Одеса, Україна,  
ORCID ID: 0000-0003-1229-1717, m.dubrovsky@gmail.com

<sup>3</sup>генеральний директор,  
ТОВ «Лакоса», Одеса, Україна,  
kostukoww@gmail.com

**Анотація**

*Виконаний аналіз конструктивних рішень портової причальної естакади. Визначені причини обмеженості області застосування портових набережних-естакад, до яких слід віднести дефіцит міцності і несучої здатності. На конкретних прикладах пальових естакад, зведених і/або реконструйованих в українських морських портах, проаналізовані їх експлуатаційні параметри, визначені переваги і недоліки. Як перспективний напрям удосконалення набережних-естакад розглянуто інноваційну пропозицію щодо оснащення пальових опор споруди просторовим каркасом, що дозволяє забезпечити сприятливий перерозподіл зовнішніх навантажень. Горизонтальні навантаження сприймаються пальовими опорами, які пов'язані з ростверком причалу, а вертикальні навантаження частково або повністю передаються через опорні п'яти каркаса на ґрунтову основу дна. Для розширення області застосування розглянутого рішення доцільно забезпечити його застосування і для споруд, що включають підпричальний кам'яний укіс.*

**Ключові слова:** естакада, набережна, ростверк, паля, підпричальний укіс, несуча здатність.

UDC 627.3

**EXTENSION OF THE APPLICATION FIELD OF TRESTLE TYPE FACILITIES**

**A.R. Bohdevych<sup>1</sup>, M.P. Dubrovskyi<sup>2</sup>, O.A. Kostiukov<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Master's student, Department «Marine and river ports, waterways and its technical service»,  
Odessa National Maritime University, Odessa, Ukraine,  
anastasiyabog25.11.96@gmail.com

<sup>2</sup>DSc, Professor, Head of the Department «Marine and river ports,  
waterways and its technical service»,  
Odessa National Maritime University, Odessa, Ukraine,  
ORCID ID: 0000-0003-1229-1717, m.dubrovsky@gmail.com

<sup>3</sup>General Director,  
Lakosa LLC, Odessa, Ukraine,  
kostukoww@gmail.com

### **Abstract**

**Introduction.** The analysis of typical design solutions of port piled quay walls is presented. In Ukrainian seaports they were erected mainly 50-60 years ago and earlier. Fast vessels development requires corresponding parameters of the quay walls. That's why it is essentially important to study reserves of piles bearing capacity.

**Purpose.** It is necessary to determine the field of application of the considered structures at the modern conditions as well as to assess possibilities of their operation without modernization or by mean of reconstruction. There are determined the main reasons of the limitations of the field of application for the considered structures. These reasons include a deficit of both strength and bearing capacity. **Results.** Concrete samples of the piled quay walls constructed or reconstructed in some Ukrainian seaports are considered. For such seaports as Chernomorsk (former Ilychevsk) on the Black Sea, Mariupol and Berdyansk on the Sea of Azov technical and operational parameters of the piled quay walls are analyzed; their advantageous and shortcomings are determined. To improve typical design and to increase its bearing capacity the innovative suggestion on providing 3D framework for each pile is considered. Such approach allows favorable redistribution of the external loading. Horizontal loads are adopted by piles connected with the quay's cap. Vertical loads partially or totally are transferred to the bottom's soil via bearing shoe of the framework. Different connection solutions between pile's head and the structure's cap are proposed depending on soil conditions in the bottom ground. **Conclusions.** Considered innovative approach may be successfully applied to create piled berthing structures of increased bearing capacity. The next task is to provide more universal solution for piled quay walls which contain stone fill slope under the piled cap.

**Key words:** piled cap, quay wall, pile, fill slope, bearing capacity.

### **Введение**

К набережным свайной конструкции относят причальные сооружения с высоким свайным ростверком, состоящие из двух основных элементов: свайного основания из высоко возвышающихся над уровнем дна одиночных свай и сплошной тонкой стенки (в сквозных сооружениях ее нет), а также ростверка, связывающего между собой головы свай и образующего территорию причала [1-4].

Свайное основание может состоять только из вертикальных свай или вертикальных и наклонных, или только из наклонных. Наклонные сваи могут воспринимать значительно больше горизонтальные нагрузки от навала судов и натяжения швартовов, и от давления грунта в ростверках, имеющих сплошные тонкие стенки. Сваям придаются уклоны от 20:1 до 1:1. Основание с наклонными сваями можно сконструировать так, что сваи будут воспринимать в основном только продольные сжимающие или растягивающие усилия. Благодаря этому можно применять сваи, не обладающие большим сопротивлением изгибу. Однако сваи могут воспринимать также поперечные и комбинированные силовые воздействия, т. е. подвергаться поперечному изгибу. В целом высокие свайные ростверки представляют собой неизменяемые системы часто в виде рам, которые могут воспринимать вертикальные и горизонтальные нагрузки.

Чаще всего в морской гидротехнике применяются призматические сваи сечением 45x45 см, длиной 24 м и более с несущей способностью при работе на сжатие 600–900 кН и более [1-4]. В связи с возрастанием глубин и увеличением нагрузок количество таких свай в конструкции причала резко возрастает, усложняется монтаж верхнего строения и увеличивается стоимость сооружения. В то же время, по сравнению с гравитационными причальными сооружениями свайной конструкции более экономичны, особенно при больших глубинах.

### 1. Основные типы свайных причалов

Различают два основных типа причальных сооружений свайной конструкции: – *распорные*, в состав которых кроме свай входят сплошные тонкие шпунтовые стенки; при расположении стенки по кордонной линии конструкция называется *набережной стенкой с передним шпунтом* (рис. 1, а), а в тыловой части – *с задним шпунтом* (рис. 1, б);

– *сквозные (эстакадные)*, не подверженные боковому давлению грунта.

Для обеспечения грунтонепроницаемости сплошных стенок применяются те же способы, что и в больверках. Различают несущие и ненесущие тонкие стенки. В первом случае на стенку, воспринимающую боковое давление грунта, передается также и часть нагрузки, действующей на ростверк. Во втором случае сопряжение ростверка со стенкой выполняется таким образом, что нагрузки от ростверка стенке не передаются.

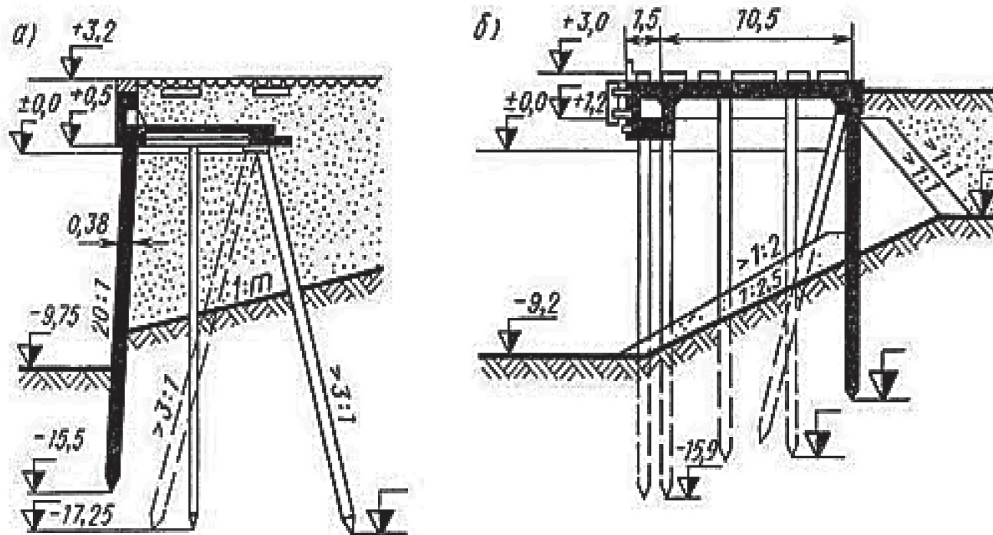


Рис. 1. Набережные с передним и задним шпунтами:  
а – с передним шпунтовым рядом; б – с задним шпунтовым рядом.  
Источник: сайт [4]

В эстакадах отдельные опоры размещены в основном равномерно по длине сооружения. Сквозные причальные сооружения могут располагаться вдоль берега

на некотором расстоянии от него и соединяться с берегом отдельными съездами эстакадного или мостового типа в виде каменных дамб и др., или примыкать к берегу по всей длине сооружения. В последнем случае причальные сооружения перекрывают естественный или искусственно созданный береговой откос. Для уменьшения ширины набережной-эстакады часто под причальный откос прикрывается имеющей большую крутизну каменной отсыпью, которая одновременно защищает грунт от размыва, а в месте сопряжения с берегом устраивается подпорная стенка. Подпричальные каменные откосы крутизной от 1:1,5 до 1:1,8 подвержены размывающему воздействию проникающих на закрытую акваторию пологих волн высотой свыше 1 м. Откосы крепят камнем массой от 200 до 1000 кг и более.

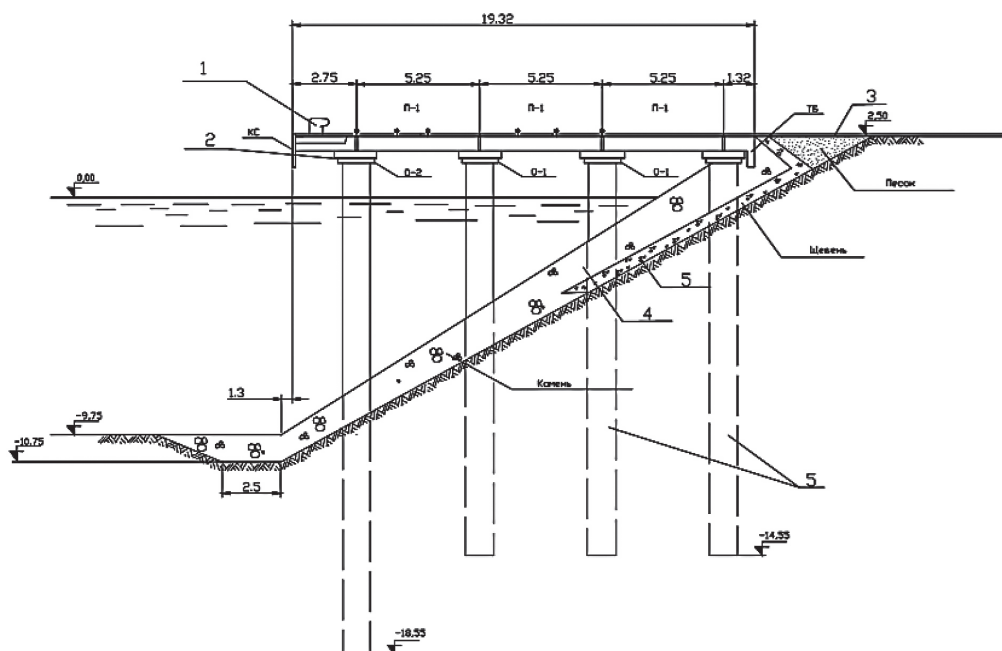


Рис. 2. Железобетонная эстакада на предварительно напряженных сваях со сборным верхним строением с опорными капителями, 1-швартовная тумба; 2-наголовники; 3-покрытие; 4-подпричальный откос; 5 – фильтр; 6 – сваи.  
Источник: схема из учебника [2]

Сквозные набережные на железобетонных сваях строились еще в начале XX в. Преимущественно применяются набережные эстакадного типа с верхним строением также из железобетона. Наиболее распространены верхние строения из плит и балочные. При значительных колебаниях уровня воды иногда применяют решетчатое верхнее строение. Сваи доводят до уровня бетонирования без водоотлива, а выше наращивают стойками, соединяемыми между собой горизонтальными, а в отдельных случаях и наклонными связями, размещаемыми в один или несколько ярусов.

Большое количество сборных набережных-эстакад в портах Одесса, Николаев, Мариуполь и других построено по типовому проекту, разработанному для глубин 8,25; 9,75 и 11,5 м (рис. 2, а). Шаг свай в продольном направлении 3 м, длина секции 50 м.

Достаточно широкое распространение получили сооружения на сваях-оболочках с плитным или балочным верхним строением. При поперечно-ригельной системе основные несущие балки (ригели) укладываются на опоры поперек причала, благодаря чему обеспечиваются большая поперечная жесткость сооружения и возможность устройства в случае необходимости большого числа каналов для инженерных сетей.

## **2. Недостатки портовых причальных эстакад**

На сегодняшний день эксплуатируется ряд причалов в виде набережных-эстакад, в частности в Черноморском, Одесском, Бердянском и Мариупольском портах, построенных 50 и более лет назад, которые были запроектированы для глубин моря 9,75 м и 11,50 м.

Указанные глубины являются не достаточными для современного флота, к причалам подходят суда все большего дедвейта и размерений, в связи с чем возрастают нагрузки как от навала судна, так и от натяжения швартовных канатов.

Одновременно возникает потребность установки на причалах оборудования высокой производительности, большего веса. Вследствие этого существующие причалы в виде свайных эстакад (в первую очередь, их свайные основания) исчерпали резервы несущей способности.

Следовательно, набережные-эстакады подлежат модернизации, реконструкции и усилению, используя современные технологии, в том числе за счет увеличения несущей способности свайных оснований рассматриваемых сооружений.

## **3. Анализ набережных-эстакад в морских портах Украины**

### **3.1 Причал № 3 в порту Мариуполь**

Причал № 3 является составной частью перегрузочного фронта Хлебной гавани с длиной 145.6 м [5]. Причал № 3 расположен на закрытой от волнения акватории. Строительство причала относится к 1967-1969 г. Его назначение – перегрузка насыпных грузов и металлических грузов. Конструкция причала представляет собой набережную в виде эстакады шириной 14.50 м со сборно-монолитной верхним строением (рис. 3).

В поперечном направлении ростверк эстакады имеет пять рядов железобетонных напряженных свай сечением 40x40 см длиной 16 и 18 м с шагом 2,50 м и 2,75 м – секция 1-2; сечением 45x45 см длиной 20 м и 21 м с шагом 2,40 м и 2,85 м – секция 3. Кордонный ряд свай в продольном направлении имеет шаг 2,5 м, средние ряды – 5 м. Шаг свай тылового ряда принят 2.5 м с последующим чередованием наклонных и вертикальных свай. Наклонные сваи с уклоном 4:1 располагаются в плоскости поперечных рам, а вертикальные – в промежутках между ними. Верхнее строение выполнена путем омоноличивания сборных

железобетонных плит. Подпричальный откос укреплен от размыва отсыпкой камня массой 15 ... 100 кг.

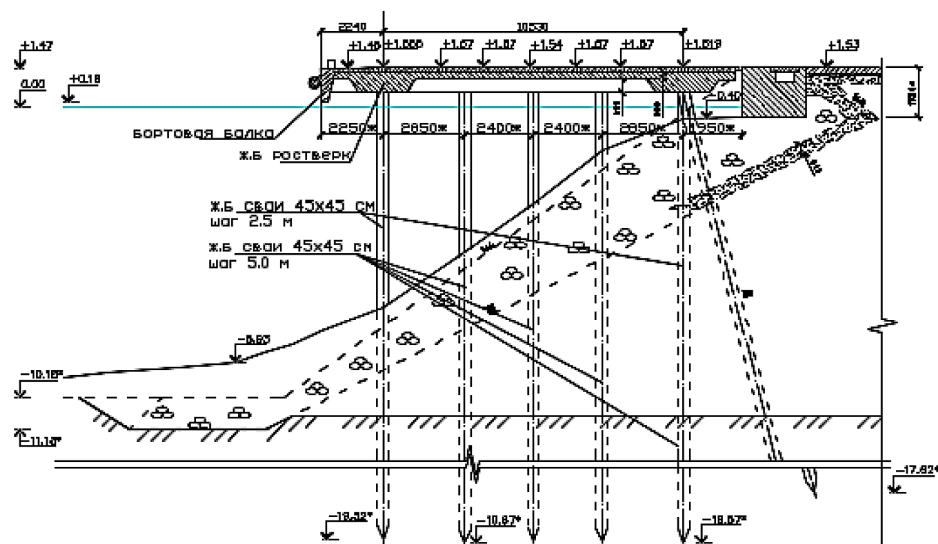


Рис. 3. Схема причала № 3 в виде свайной эстакады в порту Мариуполь.  
Источник: Паспорт гидротехнического сооружения [5]

Тыловое сопряжение причала с берегом выполнена с одного курса бетонных массивов с потернами размером 0.5x1.0 м для инженерных сетей. За массивной стенкой отсыпана каменная призма из камня массой 15 ... 100 кг с уклоном 1:1 с двухслойным щебеночным контрфильтром.

По ростверку уложено цементно-бетонное покрытие, на территории – с железобетонных плит, асфальтобетона, шлака. Причал оборудован судовыми и крановыми электроколонками, швартовным тумбами и отбойными устройствами. На причале расположены крановые пути шириной 10.5 м, длиной 145.6 м и два железнодорожных пути.

Грунтовые условия характеризуются наличием глинистых илов очень текучей консистенции, мощность слоя ила от 0,3 м до 3,0 м. Под илом залегают илистые суглинки и глины текучей и мягкопластичного консистенции, мощность слоя от 2,3 м до 4,0 м. Ниже залегает слой тугопластичных и полутвердых глин мощностью слоя от 0,5 м до 4,5 м. Илы и текучепластичные суглинки были заменены песчаным грунтом и гранитным отсевом.

### 3.2 Причал № 14 в порту Черноморск

Причал № 14 построен в 1970 г. по проекту института «ЧерноморНИИпроект». Длина причала – 175,0 м, проектная отметка линии кордона причала – 2,44 м, а проектная глубина возле линии кордона – 11,5 м (от «0» порта Черноморск).

Причал представляет собой пятирядную эстакаду на железобетонных сваях со сборно-монолитной железобетонным верхним строением (рис. 4) [6]. Свайное основание – железобетонные сваи сечением 45x45 см. Подпричальный откос – из камня массой 15 ... 100 кг, уклон 1: 1,45.

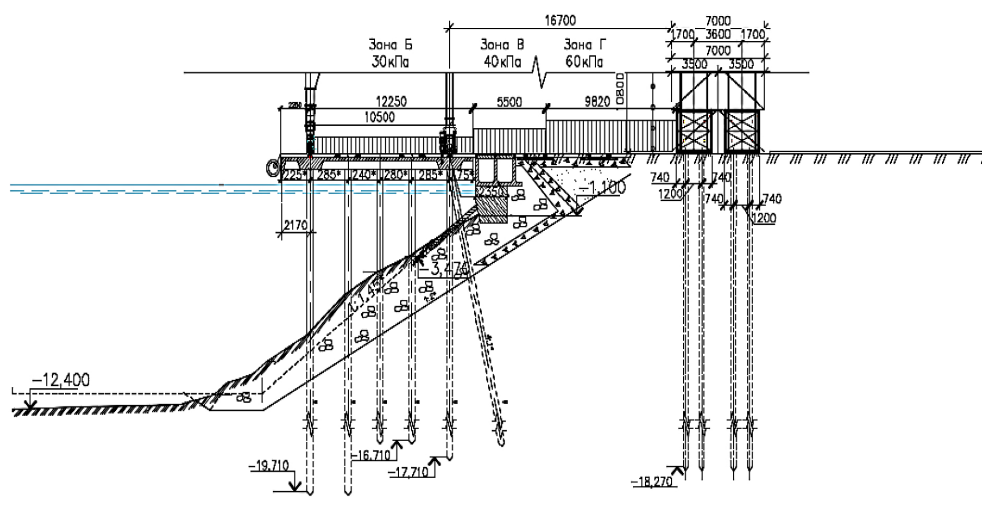


Рис. 4. Схема причала № 14 в порту Черноморск в виде свайной эстакады.  
Источник: Паспорт гидротехнического сооружения [6]

Причал оборудован швартовными и отбойными устройствами, каналами инженерных коммуникаций, крановыми и железнодорожными путями, покрытием и др. Причал рассчитан на нагрузку по I категории.

Геологическое строение представлено породами участка соответствующего общего геологического строения долины Сухого лимана. интервале отметок минус 11,5 – минус 15,9 м залегают мягкопластичные глины (слой 1). Мощность слоя – до 4,4 м. В интервале отметок минус 14,7 м – минус 23,3 м залегает глина полужесткая (слой 2). Мощность слоя – до 7,4 м, ниже – глины меотические от тугопластичной к твердой (слой 3).

### 3.3 Причал №1 в порту Бердянск

В 1817 г. была возведена двухрядная конструкция с каменным заполнением. После реконструкции в 1912 г. конструкция представляла собой свайный ростверк с задним шпунтом. Деревянные сваи диаметром 28-30 см, длиной 10,5 м были погружены четырьмя продольными рядами с уклоном в сторону берега. Продольный шаг свай составлял от 1,0 до 1,9 м (в среднем 1,45 м), поперечный шаг-0,9-1,1 м. Позже в тыловой части эстакады были погружены железобетонные сваи сечением 45x45 см, длиной 16,0 м. Железобетонные сваи расположены в пролетах между поперечными рядами деревянных свай на расстоянии 4,5-4,6 м от линии границы. Кордонная подкрановая балка имеет сечение 80x135 см. Задний шпунт был выполнен из деревянных досок шириной 7,5 см, толщиной 4,0 см, длиной 6,5 м.

Кордонная нить кранового пути была выполнена на свайном, тыловая – на шпально-балластном основании. Свайное основание включает два продольных ряда вертикальных свай. Сваи погружены между деревянными сваями старой конструкции. Напротив мест установки швартовых тумб является наклонные железобетонные сваи (по две на каждую швартовку тумбу,) погружены с уклоном в сторону берега [7]. Верхнее строение эстакады выполнено в виде безбалочной монолитной железобетонной конструкции, предусмотрено две паттерны для инженерных коммуникаций.

Задняя шпунтовая стенка выполнена из металлического шпунта типа «Ларсен-V». Шпунтовая стенка заанкерена стальными анкерными тягами за козловую анкерную опору из железобетонных свай. Лицевая стенка выполнена из пакетов некондиционных труб диаметром 152-168 мм, ось стенки имеет ломаный силуэт.

Конструкция анкеруется с помощью гибких тяг за анкерную стенку из пакетов некондиционных труб. Пакеты имеют те же размеры и конфигурацию, что и пакеты лицевой стенки, но не объединены между собой обрезками рельсов и погружены в одну линию (рис. 5).

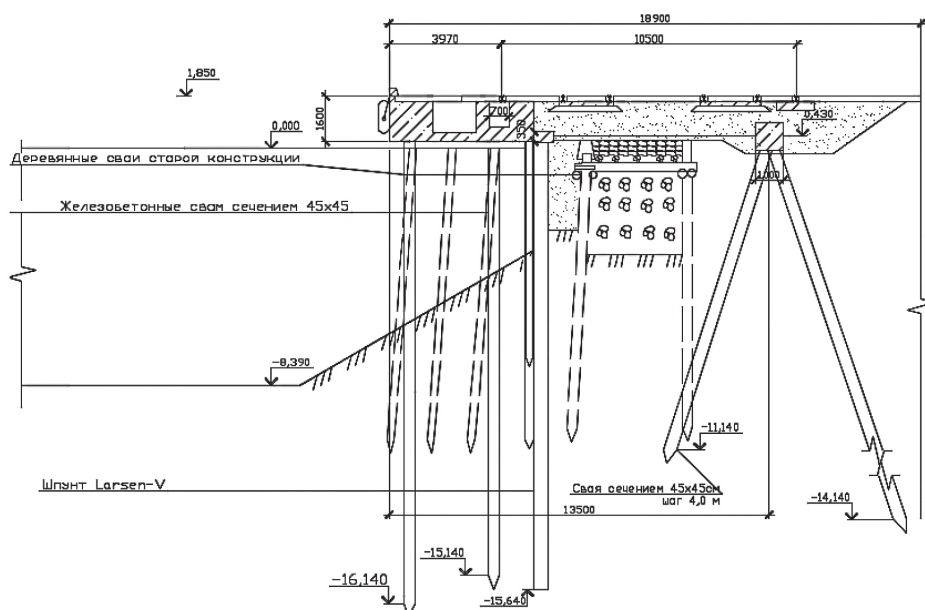


Рис. 5. Схема причала №1 в виде свайной эстакады в порту Бердянск.  
Источник: Паспорт гидротехнического сооружения [7]

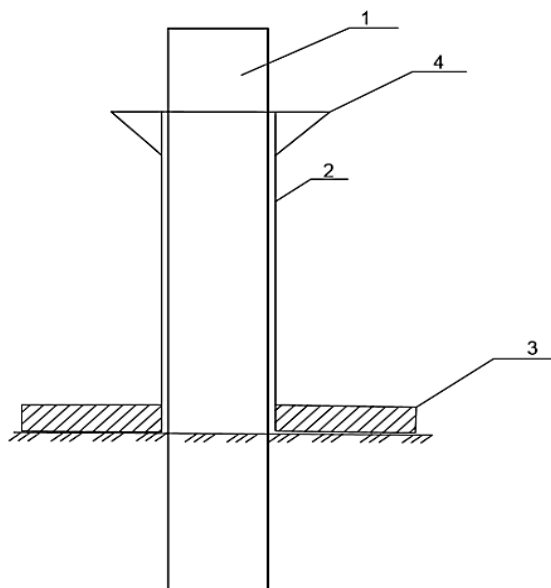
Надстройка выполнена из железобетона, тыловой частью опирается на кордонный ряд свай и омоноличена с кордонной подкрановой балкой; на причале имеются две паттерны для инженерных сетей. Конструкция причала рассчитана на эксплуатационные нагрузки 1 категории. Причал оборудован 9 швартовыми тумбами ТСО-40 и 44-мя отбойными устройствами.

Из представленных проектных решений, характерных для ряда украинских морских портов, очевидна проблема дефицита несущей способности свайных оснований

вследствие как их недостаточно жесткого поперечного сечения, так и незначительной глубины погружения в грунт дна. Увеличение глубины воды у набережных-эстакад для обеспечения подхода и обслуживания судов с большой осадкой сопряжено с риском нарушения общей устойчивости причала и выполняется, как правило, лишь после реконструкции и усиления сооружения. В то же время, как следует из анализа представленных выше проектных решений, вследствие высокой степени насыщения существующих конструкций набережных-эстакад разнообразными конструктивными элементами первоначальных сооружений и элементами ранее осуществленных модернизаций и усилений, дальнейшее размещение в теле сооружения новых конструктивных элементов представляется трудно реализуемым. В связи с изложенным, целесообразно рассмотреть возможность увеличения несущей способности существующих опор причальных свайных ростверков.

#### 4. Инновационное решение по повышению несущей способности свайных опор эстакад

Предложенное решение по изобретению [8] предназначено для возведения сооружений на свайных опорах. Целью предложения является снижение стоимости свайных опор за счет уменьшения их материалоемкости. Свайная опора предложенной конструкции (рис. 6) состоит из сваи 1, на которую на пределах ее свободной длины (т.е. до уровня дна) свободно надет жесткий пространственный каркас 2, жестко связанный в уровне дна с опорной пятой 3. Для опирания ростверка на каркас 2 предусмотрены опорные столики 4. Опорная пята 3 может



быть выполнена из железобетона или металла в виде круглой либо прямоугольной плиты, а каркас в виде трубчатого металлического кожуха, диаметр которого превышает диаметр сваи, или в виде решетчатой колонны из металлических стержневых элементов. Голова сваи 1 расположена выше верхнего конца каркаса 2, что обеспечивает возможность ее размещения в соответствующих пазах плиты или наголовника ростверка 5 для восприятия горизонтальных нагрузок. При работе сооружения сваи воспринимают только горизонтальную нагрузку, прикладываемую ростверком к их головам, а каркасы с опорными пятками — только вертикаль-

Рис. 6. Схема свайная опоры ростверка.  
Источник: Авторское свидетельство [8]

ную, передаваемую ростверком и воспринимаемую грунтовым основанием через пяты каркасов.

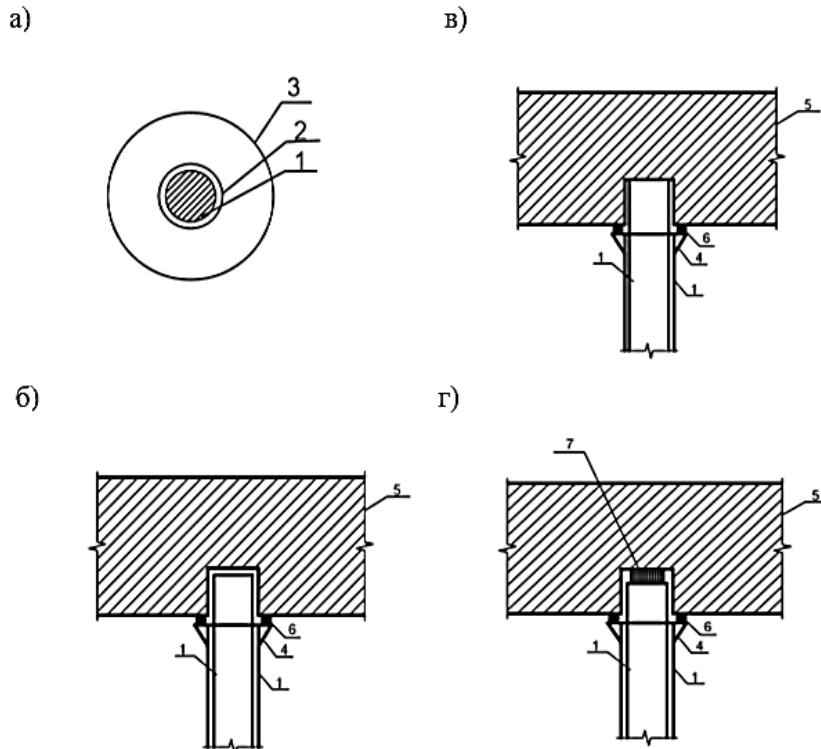


Рис. 7. Варианты конструктивного решения связи сваи с каркасом,  
а – план свайной опоры; б – г – схемы опирания ростверка на сваю.  
Источник: Авторское свидетельство [8]

Связь свайной опоры предлагаемой конструкции с ростверком может быть выполнена в нескольких вариантах в зависимости от свойств грунтового основания и характера нагрузок, передаваемых ростверком на опору. Так, если верхний слой оснований плотный, а подстилающий слабый, то конструктивно возможно одновременное опирание ростверка 5 на голову сваи 1 и на верх каркаса 2 (опорами 6 на опорные столки 4, (рис. 7, б).

В противоположном случае (верхний слой грунта слабый, а подстилающий – плотный) для того, чтобы передать вертикальную нагрузку не на сваю 1, а на пяту 3, вертикальное опирание ростверка 5 должно быть только на каркасе 2 (рис. 7, в). При наличии однородного основания, сложенного слоями с близкими по величине физики-механическими характеристиками, возможно конструктивное решение по предыдущему варианту или распределение вертикальной нагрузки от ростверка 5 между свайей 1 и каркасом 2 с пятой 3 (например, с использованием упругой прокладки 7 между головой сваи 1 и нижней поверхностью ростверка 5 (рис. 7, г).

Возведение сооружения на свайных опорах рассматриваемой конструкции может быть осуществлено в следующей последовательности: погружают сваи 1

до требуемой по проекту глубины: с помощью плавучего или берегового крана надевают на сваи 1 каркас 2 с жестко связанными с ними пятами 3, имеющие центральные сквозные отверстия; каркасы 2 фиксируют временными связями (тросом, болтом и т.п) симметрично относительно свай 1; монтируют элементы верхнего строения (ростверка 5) по одной из приведенных схем (рис. 7, б-г).

Положительный эффект при работе сооружения на свайных опорах рассматриваемой конструкции возникает за счет того, что сваи воспринимают только горизонтальную нагрузку, прикладываемую ростверком к их головам, а каркасы с опорными пятами – только вертикальную, передаваемую ростверком и воспринимаемую грунтовым основанием через пяты каркасов.

Таким образом, обеспечиваемое в данном решении разделение функций конструктивных элементов свайной опоры позволяет, во-первых, уменьшить глубину погружения сваи (поскольку они не должны обладать высокой несущей способностью по грунту для восприятия вертикальной нагрузки) а, во-вторых, улучшить условия работы опорных пят (симметричное вертикальное нагружение). Снижение усилий в конструктивных элементах свайной опоры позволяет уменьшить как ее материалоемкость, так и стоимость. Кроме того, благодаря улучшению условий работы свайных опор повышается эксплуатационная надежность и снижается стоимость всего сооружения.

В то же время, рассматриваемое инновационное решение разработано для горизонтальной поверхности морского дна, что не учитывает наличие в традиционных свайных набережных подпричального каменного откоса. Это свидетельствует о необходимости усовершенствования примененного подхода для расширения области его применения, в том числе и на широко распространенные сооружения с подпричальным откосом.

### **Выводы**

Таким образом, анализ известных конструкций свайных причальных эстакад показал ограниченность их области применения, особенно, в условиях быстрого обновления флота и использования крупнотоннажных судов с большой осадкой. Для расширения области применения свайных эстакад рассмотрена возможность использования инновационного решения «Свайная опора ростверка», которое позволяет существенно повысить осевые нагрузки на свайные опоры эстакады. Дальнейшее развитие этого подхода целесообразно в направлении обеспечения его применения в свайных причальных эстакадах с каменным подпричальным откосом.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Смирнов Г.Н., Аристархов В.В. и др. Порты и портовые сооружения, М., Издательство Ассоциации строительных вузов, 2003. 463 с.
2. Фортученко Ю.А., Тюрин А.П., Яковлев П.И. Портовые гидротехнические сооружения. Москва: Транспорт, 1990. 319 с.
3. [http://gidro-bud.com.ua/news/morskie\\_prichaly](http://gidro-bud.com.ua/news/morskie_prichaly) (дата звернення 18.11.2019).

4. <http://www.arhplan.ru/industry/berth/berthing-facilities-trestle-type> (дата звернення 18.11.2019).
5. Паспорт причалу № 3 (гідротехнічна частина), Маріупольська філія ДП «АМПУ», ТОВ «Лакоса», Одеса, 2016.
6. Паспорт причалу № 14 (гідротехнічна частина), Чорноморська філія ДП «АМПУ», ТОВ «Лакоса», Одеса, 2019.
7. Паспорт причалу № 1 (гідротехнічна частина), Бердянська філія ДП «АМПУ», ТОВ «Лакоса», Одеса, 2019.
8. М.П. Дубровский, М.Б. Пойзнер, А.Д. Кац, Н.В. Туржанский. Авторское свидетельство на изобретение № 1595997 «Свайная опора ростверка». Опубликовано в бюллетене № 36, 30.09.1990.

### REFERENCES

1. Smirnov, G.N., & Aristarkhov, V.V., et al (2003). *Ports and port structures* [Porty i portovye sooruzheniia]. Moscow, Association of transport universities. 463 p. [in Russian].
2. Fortuchenko, Yu.A., Tiurin, A.P., & Yakovlev, P.I. (1990). *Port hydrotechnical structures* [Portovye gidrotekhnicheskie sooruzheniia]. Moscow, Transport, 319 p. [in Russian].
3. Retrieved from [http://gidro-bud.com.ua/news/morskie\\_prichaly](http://gidro-bud.com.ua/news/morskie_prichaly).
4. Retrieved from <http://www.arhplan.ru/industry/berth/berthing-facilities-trestle-type>.
5. Passport of the quay wall #3 (Hydrotechnical Part), [Pasport pryichalu № 3 (hidrotekhnichna chastyna)]. Mariupol branch of SE “USPA”, Lakosa Ltd, Odessa, 2016 [in Ukrainian].
6. Passport of the quay wall #14 (Hydrotechnical Part), Pasport pryichalu № 14 (hidrotekhnichna chastyna)]. Chornomorsk branch of SE “USPA”, Lakosa Ltd, Odessa, 2016 [in Ukrainian].
7. Passport of the quay wall #1 (Hydrotechnical Part), [Pasport pryichalu № 11 (hidrotekhnichna chastyna)]. Berdyansk branch of SE “USPA”, Lakosa Ltd, Odessa, 2016 [in Ukrainian].
8. Doubrovsky, M.P., Poizner, M.B., Katz, A.D., & Turzhansky, N.V. (1990). Invention Certificate #1595997 “Pile Support of the Cap” [Avtorskoe svidetelstvo na izobretenie № 1595997 «Svainaia opora rostverka»]. Bulletin #36 of 30.09.1990 [in Russian].

**УТОЧНЕННЯ СЕЙСМІЧНОГО РИЗИКУ  
ОБ'ЄКТІВ МОРСЬКОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ**

**К.В. Єгупов<sup>1</sup>, В.К. Єгупов<sup>2</sup>, О.В. Мурашко<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>д.т.н., професор, директор Науково-дослідного інституту  
фундаментальних і прикладних досліджень,  
Одеський національний морський університет, Одеса, Україна,  
ORCID ID: 0000-0002-8342-820X, yegupov.k@gmail.com

<sup>2</sup>к.е.н., провідний інженер,  
Інститут геофізики ім. С.І. Суботіна НАН України, Одеса, Україна,  
ORCID ID: 0000-0001-5093-6948, slava.yegupov@gmail.com

<sup>3</sup>к.т.н., доцент,  
Одеська державна академія будівництва і архітектури, Одеса, Україна,  
ORCID ID: 0000-0002-2812-5951, alexeymurashko@gmail.com

**Анотація**

Землетрус є найсерйознішим і об'єктивним іспитом для будь-якої ідеї, спрямованої на підвищення сейсмостійкості будівель та споруд. У матеріалах про поведінку будинків і споруд при землетрусах є чимало відомостей, що дозволяють робити висновки щодо реакції будівель та споруд на сейсмічні впливи. Збереження будівель та споруд при реальних землетрусах зумовило популярність сейсмостійкого проектування на основі прогнозування кількісних характеристик майбутніх сейсмічних впливів в багатьох країнах, що ведуть сейсмостійке будівництво. Сейсмічні райони з прогнозованою інтенсивністю землетрусів 7, 8 та 9 балів займають до 20% території України. У них розташовано багато промислових і культурних центрів з великими обсягами будівництва. Раціональне проектування сейсмостійких конструкцій, підвищення їх надійності має важливе народногосподарське значення. У статті проаналізовано основні підходи до проведення сейсмічного мікрорайонування (СМР) та запропоновано практичний підхід до уточнення прогнозованої сейсмічної інтенсивності (бальності) будівельних майданчиків з урахуванням результатів детального сейсмічного районування (ДСР) і сейсмічного мікрорайонування (СМР). Розроблена апаратура і методика польових досліджень, розроблено напівемпіричну методику побудови розрахункових акселерограм. Встановлено, що нерівномірності поля коливань ґрунту, фільтрація сейсмічних хвиль геологічним середовищем і виникнення резонансних коливань в спорудах при сильних підкоркових землетрусах зони Вранча можуть привести до збільшення сейсмічних навантажень у декілька разів. Запропоновано рекомендацію, згідно з якою уточнення сейсмічності майданчиків будівництва повинно виконуватися на основі сейсмічного мікрорайонування. Наводяться результати розрахунку і порівняння одержаних результатів з результатами застосування методик, викладених у статті. Виконано перевірочні розрахунки конструкції причалу судноремонтного пірсу № 2 ТОВ 'Іллічівський судноремонтний завод' з використанням учбових програмних комплексів SCAD (спектральний метод) та PLAXIS (розрахунок на синтезовані акселерограми).

**Ключові слова:** сейсмічний ризик, безвідмовна робота, 'естакада', розрідження ґрунту, морський порт, причал.

UDC 550.34:69.07:338.2

## REFINING SEISMIC RISK OF OBJECTS OF MARINE INFRASTRUCTURE

K.V. Yehupov<sup>1</sup>, V.K. Yehupov<sup>2</sup>, O.V. Murashko<sup>3</sup>

<sup>1</sup>DSc, Director of the Research Institute of Fundamental and Applied Research,  
Odessa National Maritime University, Odessa, Ukraine,  
ORCID ID: 0000-0002-8342-820X, yegupov.k@gmail.com

<sup>2</sup>PhD, Lead Engineer,  
Institute of Geophysics by S.I. Subbotin of the NAS of Ukraine, Odessa, Ukraine,  
ORCID ID: 0000-0001-5093-6948, slava.yegupov@gmail.com

<sup>3</sup>PhD,  
Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odessa, Ukraine,  
ORCID ID: 0000-0002-2812-5951, alexeymurashko@gmail.com

### **Abstract**

**Introduction.** An earthquake is the most serious and objective test for any idea aimed at improving the seismic stability of buildings and structures. The materials on the behavior of buildings and structures during earthquakes contain a great deal of information that allows us to judge the response of buildings and structures to seismic impacts. The conservation of buildings and structures in real earthquakes has led to the popularity of seismic design based on the prediction of quantitative characteristics of future seismic impacts in many earthquake-resistant countries. Seismic regions with an estimated earthquake intensity of 7, 8 and 9 points occupy up to 20% of the territory of Ukraine. They have many industrial and cultural centers with large volumes of construction. **Purpose.** The rational design of earthquake-resistant structures, increasing their reliability is of great economic importance. **Results.** The basic approaches to the conduct of seismic microrayonation are analyzed. A practical approach to specifying the predicted seismic intensity of the building sites, taking into account the results of detailed seismic zoning (DSR) and seismic microrayonation is proposed. The equipment and methods of field research, semiempirical method of constructing calculated accelerograms was developed. It has been established that irregularities of the field of oscillations of the soil, seismic wave filtration into the geological environment and the occurrence of resonant oscillations in buildings under strong suburban earthquakes in the Vbranch zone can lead to an increase in seismic loads several times. A recommendation is proposed that the seismicity of the construction sites should be performed on the basis of seismic microroaring. **Conclusions.** The results of the calculation for the object and the comparison of the results with the results of the application of the methods described in the article are presented. Verification calculations of the construction of the berth of the ship repair yard № 2 of the LLC 'Ilichevsk Ship Repair Plant' were carried out using the SCAD educational program complexes (spectral method) and PLAHIS (calculation on the synthesized accelerograms).

**Key words:** seismic risk, trouble-free operation, 'overpass', ground dilution, seaport, pier.

УДК 550.34:69.07:338.2

## УТОЧНЕНИЕ СЕЙСМИЧЕСКОГО РИСКА ОБЪЕКТОВ МОРСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

К.В. Егупов<sup>1</sup>, В.К. Егупов<sup>2</sup>, А.В. Мурашко<sup>3</sup>

<sup>1</sup>д.т.н., профессор, директор Научно-исследовательского института  
фундаментальных и прикладных исследований,  
Одесский национальный морской университет, Одесса, Украина,  
ORCID ID: 0000-0002-8342-820X, yegupov.k@gmail.com

<sup>2</sup>к.е.н., ведущий инженер,  
Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, Одесса, Украина,  
ORCID ID: 0000-0001-5093-6948, slava.yegupov@gmail.com

<sup>3</sup>к.т.н., доцент,  
Одесская государственная академия строительства и архитектуры, Одесса, Украина,  
ORCID ID: 0000-0002-2812-5951, alexeyturashko@gmail.com

### **Аннотация**

Землетрясение является серьезным и объективным экзаменом для любой идеи, направленной на повышение сейсмостойкости зданий и сооружений. В материалах о поведении зданий и сооружений при землетрясениях немало сведений, позволяющих судить о реакции зданий и сооружений на сейсмические воздействия. Сохранение зданий и сооружений при реальных землетрясениях обусловило популярность сейсмостойкого проектирования на основе прогнозирования количественных характеристик будущих сейсмических воздействий во многих странах, ведущих сейсмостойкое строительство. Сейсмические районы с прогнозируемой интенсивностью землетрясений 7, 8 и 9 баллов занимают до 20% территории Украины. В них расположено много промышленных и культурных центров с большими объемами строительства. Рациональное проектирование сейсмостойких конструкций, повышение их надежности имеет важное народнохозяйственное значение. В статье проанализированы основные подходы к проведению сейсмического микрорайонирования (СМР) и предложен практический подход к уточнению прогнозируемой сейсмической интенсивности (бальности) строительных площадок с учетом результатов детального сейсмического районирования (ДСР) и сейсмического микрорайонирования (СМР). Разработана аппаратура и методика полевых исследований, обоснована полумпирическая методика построения расчетных акселерограмм. Установлено, что неравномерность поля колебаний почвы, фильтрация сейсмических волн геологической средой и возникновение резонансных колебаний в сооружениях при сильных подкорковых землетрясениях зоны Вранча могут привести к увеличению сейсмических нагрузок в несколько раз. Предложена рекомендация, согласно которой уточнения сейсмичности площадок строительства должны выполняться на основе сейсмического микрорайонирования. Приводятся результаты расчета и сравнения полученных результатов с результатами применения методик, изложенных в статье. Выполнены проверочные расчеты конструкции причала судоремонтного пирса № 2 ООО 'Ильичевский судоремонтный завод' с использованием учебных программных комплексов SCAD (спектральный метод) и PLAXIS (расчет на синтезированные акселерограммы).

**Ключевые слова:** сейсмический риск, безотказная работа, 'эстакада', разжижение грунта, морской порт, причал.

## Вступ

Порти є стратегічно важливими елементами національної і міжнародної торгівлі. До теперішнього часу значна частина причалів морських портів України практично вичерпала нормативний термін служби. При цьому розвиток нових видів перевезень та поява нових типів суден виявили одну з головних причин морального старіння причальних споруд – для прийому судів нових типів портам необхідно забезпечити глибини у причалів від 11,5 до 20 м.

Перераховані обставини зумовили необхідність модернізації експлуатованих споруд. Більше того, подальше нарощування вантажообігу портів нині неможливе без реконструкції (посилення) певної частини причального фронту або будівництва нового, що у свою чергу накладає підвищені вимоги до забезпечення надійності конструкцій. Відповідно, 7 з 13 морських портів України знаходяться в сейсмічно небезпечних районах з бальністю вище 7. Сейсмічні впливи призводять до руйнування портових гідротехнічних споруд та до порушення функціонування діяльності порту, оцінка сейсмічних впливів та видів відмов поряд з забезпеченням безвідмовної роботи причальних споруд, є важливим і актуальним завданням.

## Визначення навантажень і впливів на об'єкти підвищеної відповідальності

З 10 червня 2017 р. вступив в силу Закон України від 17 січня 2017 року № 1817 VIII 'Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо вдосконалення містобудівної діяльності'.

На рівні закону визначено поняття класу наслідків (відповідальності) і критерії для віднесення об'єктів до класів СС1, СС2 і СС3.

Всі об'єкти поділяються за такими класами наслідків (consequence class) відповідальності: незначні наслідки – СС1; середні наслідки – СС2; значні наслідки – СС3.

Визначення класу наслідків будівель базується на рекомендаціях [1, 2], в яких реалізована процедура оцінки надійності споруд і їх конструктивних елементів та призначені коефіцієнти, які використовуються в розрахункових ситуаціях.

На рівні Євросоюзу встановлюються вимоги до проектування будівельних конструкцій. Вимоги до проектування конкретних об'єктів встановлюються кожною країною окремо з урахуванням специфіки територій, національних традицій, економічного стану держави тощо.

Технічний регламент будівельних виробів, будівель і споруд (затверджено Постановою Кабінету Міністрів України від 20 грудня 2006 р. № 1764), зі змінами, внесеними згідно до Постанов Кабінету Міністрів України: № 1390 (1390-2011-п) від 28.12.2011, № 112 (112-2017-п) від 01.03.2017. Остання Постанова розроблена з урахуванням вимог Регламенту (ЄС) № 305/2011 Європейського Парламенту та Ради від 09 березня 2011 року про зближення законів, підзаконних актів та адміністративних положень і визначає основні вимоги до будівельних виробів, будівель і споруд по забезпеченню безпеки життя і здоров'я людини, безпеки експлуатації, механічного опору та стійкості, пожежної безпеки, економії енергії, захисту навколишнього середовища,

а також процедури оцінки відповідності виробів установленим вимогам та визначає порядок їх застосування.

Вимоги безпеки і одночасно прагнення до здешевлення будівель і споруд породжує проблему, яка висувається на перший план у зв'язку з високими темпами зростання будівництва. В сучасних містах, де різко збільшується техногенне навантаження на будівельні об'єкти, достовірна інформація про величину вразливості споруд та рівень сейсмічної небезпеки є необхідною умовою сталого розвитку.

Забезпечення безпеки будівельних проектів є в даний час одним з найбільш актуальних і найважливіших завдань державної політики в галузі національної безпеки.

Сучасна методологія і методи оцінки сейсмічної небезпеки дозволяють коректніше оцінити прогнозовані сейсмічні впливи для різних періодів повторюваності подій із заданою мірою відносного сейсмічного ризику (рис. 1). Результати досліджень українських сейсмологів переконливою свідчать про те, що сейсмічна небезпека в Одеському регіоні до 2007 року була суттєво занижена на картах Загального сейсмічного районування СР-78. Імовірність виникнення землетрусів з інтенсивністю 7 балів в цьому районі є досить високою (табл. 1) [1].

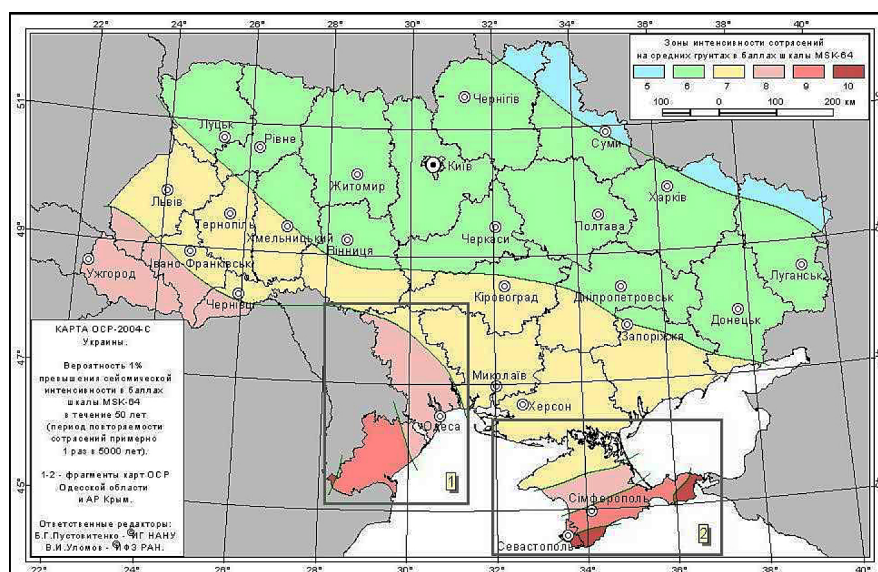


Рис. 1. Карта загального сейсмічного районування України для імовірності 1% перевищення сейсмічної інтенсивності в балах шкали України протягом 50 років [1].  
Джерело: власна розробка

Табл. 1. Сейсмічні події з магнітудою > 4 за 2008-2017 роки

Рік	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Магнітуда	4,0-5,0	4,0-5,3	4,5	4,0-4,8	4,0-4,6	4,0-5,3	4,0-4,7	4-4,5	4-5,8	4-4,8
Кількість	8	8	2	8	14	15	18	19	6	9

У табл. 2 приведено список руйнівних землетрусів, що відбулися в сейсмо-активній зоні Вранча, та інтенсивність їх проявів у великих містах Молдови, України і Росії [3].

**Табл. 2. Руйнівні землетруси Румунських Карпат (зони Вранча)**

Дата виникнення землетрусу	Магнітуда	Інтенсивність в епіцентрі, бали	Інтенсивність землетрусу в містах, бали				
			Кишинів	Львів	Чернівці	Одеса	Київ
26.10.1802	7,5	9-10	7	4	7	7	5
26.11.1829	6,5	8	7		6	6	4-5
23.01.1838	7,0	9	7	4-5	6	6	4-5
6.10.1908	6,75	8	6	5	6	6	5
10.11.1940	7,3	9	7-8	5	6	7	5
4.03.1977	7,2	9	6-7	4	5-6	5-6	4-5
30.08.1986	7,0	8-9	6	4	5	5	4
30.05.1990	6,7	8-9	6	4	5	5	4

### Уточнення сейсмічного ризику

Рівень втрат (ризик) при можливому землетрусі є результат комбінації уразливості споруди і сейсмічної небезпеки. В даний час в Україні ведеться інтенсивне освоєння територій під забудову не лише житлових будівель, але і унікальних, відповідальних споруд, руйнування яких при сейсмічних впливах може привести до істотних економічних втрат і екологічної катастрофи.

В даний час рекомендації щодо визначення навантажень при сейсмічних впливах регламентуються вимогами [1]. У національному стандарті [2] викладено методику визначення класу наслідків (відповідальності) об'єктів будівництва і регламентується вибір карт ЗСР-2004 для оцінки сейсмічної небезпеки їх майданчиків. Уточнення сейсмічності майданчиків будівництва, нормативна бальність яких визначається по картах ОСР-2004-В і ОСР-2004-С, а також майданчиків, розташованих поблизу границь зон бальності, виконується обов'язково на основі спеціальних досліджень з сейсмічного мікрорайонування (СМР).

Українськими і зарубіжними вченими виконано порівняльний аналіз сейсмічних впливів на напружено деформований стан відповідальних об'єктів [3]. Землетруси в містах Ніїгата (Японія), Мехіко (Мексика), а також Румунський землетрус та інші показали (рис. 2), що максимум динамічного коефіцієнта може зміщатися у бік низьких частот, викликаючи на них резонансні явища в ґрунті, що збільшує небезпеку для будівель підвищеної поверховості і для гнучких споруд.

Існує необхідність підвищення надійності систем життєзабезпечення населення країни і зниження ризику виникнення надзвичайних ситуацій при сейсмічних подіях. Для цього потрібно уточнювати розрахункові параметри сейсмічної небезпеки з врахуванням параметрів сейсмічного режиму, регіональних законів загасання сейсмічних коливань, впливу місцевих ґрунтових і морфологічних умов. Ці значення найнадійніше визначаються за даними інструментальних сейсмологічних спостережень. З метою їх одержання, спільними зусиллями Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, ДП 'Науково-дослідний

інститут будівельних конструкцій, Одеського національного морського університету і Української асоціації сейсмостійкого будівництва було створено першу в м. Одесі сейсмологічну станцію.

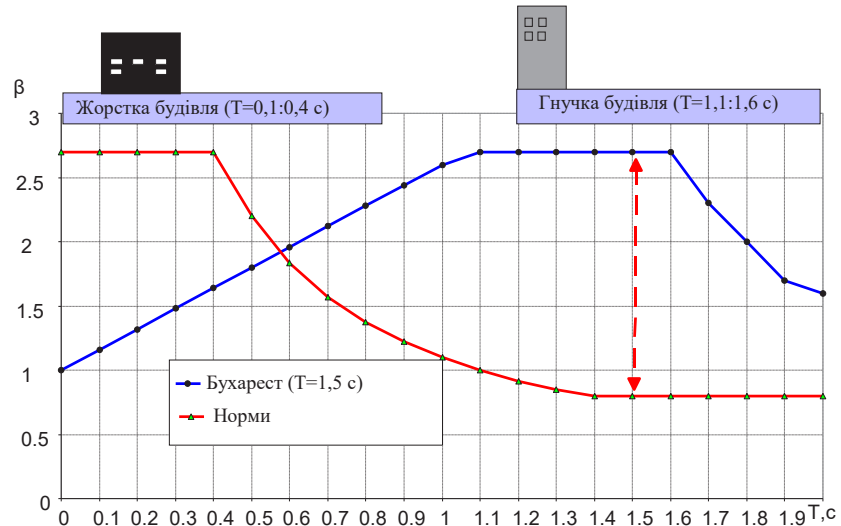


Рис. 2. Динамічний коефіцієнт коливань ґрунту в Бухаресті (1977 рік) при землетрусі із зони Вранча.  
Джерело: власна розробка

Ряд чинників ускладнює проектування і будівництво будівель підвищеної поверховості. До них відносяться: близько розташовані розломи, сейсмічна небезпека, несприятливі геологічні умови (в т.ч. ґрунти III, IV категорії за сейсмічними властивостями), підземні виробки (катакомби), зсувні схили, наявність високого рівня ґрунтових вод (підтоплені території).

Ґрунти III, IV категорії за сейсмічними властивостями мають істотні нелінійні властивості, які проявлятимуться по-різному, залежно від інтенсивності і частотного складу сейсмічних впливів. Нелінійна поведінка ґрунту приводить до зміни, інколи дуже істотної, форм і спектрів сейсмічних хвиль в шарах ґрунту. Резонансні частоти ґрунтів виявляються залежними від інтенсивності впливу і, при досить інтенсивних землетрусах можуть суттєво відрізнитися від значень, визначених методами реєстрації вибухів, слабких землетрусів і короткоперіодних мікросейсм. При інтенсивних сейсмічних впливах змінюються геологічні властивості ґрунтів, що може бути пов'язане, наприклад, з переміщенням ґрунтових вод, розривом структурних зв'язків між частинками ґрунту та іншими явищами. На рис. 3 представлено амплітудно-частотні характеристики ґрунтового середовища, визначені для ряду будівельних майданчиків у м. Одесі з використанням програмного продукту Pr-shake [4]. У розрахунках враховувалися нелінійні властивості ґрунтів на досліджуваних майданчиках.

З рис. 3 видно, що ґрунтові умови більшості будівельних майданчиків Одеси характеризуються широким частотним діапазоном можливого резонансного підсилення. Отже, при сейсмостійкому проектуванні будівель і споруд в Одесі

необхідно проводити детальні дослідження резонансних властивостей ґрунтів, незалежно від складності конструкції, оскільки власні частоти коливань, як одноповерхових, так і висотних будівель, як правило, лежать в частотному діапазоні, в якому спостерігаються максимуми посилення коливань ґрунтами майданчиків.

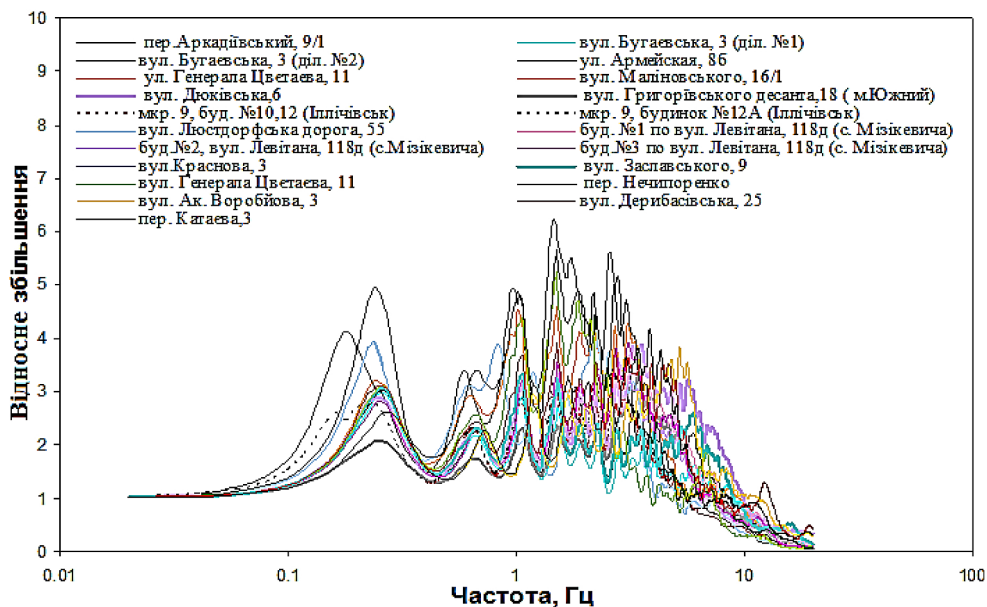


Рис. 3. Амплітудно-частотні характеристики ґрунтів майданчиків в м. Одеса.  
Джерело: власна розробка

З введенням в дію ДБН В.1.1-12:2014 [1] змінилися вимоги до проектування і будівництва будівель підвищеної поверховості, у порівнянні з вимогами ДБН В.1.1-12:2006 [5]:

- обов’язковою стала вимога про врахування перших двох форм власних коливань будівлі;

- введено поняття слабкий землетрус (СЗ), проектний землетрус (ПЗ), максимальний розрахунковий землетрус (МРЗ) і розмежовані сейсмічні навантаження, використовувані для проектування споруд різних класів наслідків;

- розмежовано вживання карт ЗСР для будов різних класів наслідків. Рішення про вибір карти при проектуванні конкретного об’єкта і віднесення об’єкта до класу наслідків (відповідальності) приймається генеральним проектувальником відповідно до ДСТУ-Н.В.1.2-16:2013 [2] і узгоджується із замовником.

При проектуванні об’єктів класу наслідків СС1 і СС2, для визначення розрахункової сейсмічної інтенсивності, необхідно використовувати карту ОСР-2004-А. При проектуванні житлових і суспільних будинків висотою понад 73,5 м – кодів і об’єктів, які віднесені до потенційно небезпечних, але неідентифікованих як об’єкт підвищеної небезпеки, рекомендується використовувати карту ОСР-2004-В. При проектуванні об’єктів класу наслідків СС3 для визначення розрахункової сейсмічної інтенсивності потрібно використовувати карту ОСР-2004-С:

- додано новий розрахунок споруд на сейсмічні впливи 'Нелінійний статичний розрахунок';
  - знижено коефіцієнт поверховості, використований при розрахунку сейсмічного навантаження;
  - додано графіки коефіцієнтів динамічності для будівель з різною величиною коефіцієнтів податливості, використання яких дозволяє понизити величину сейсмічного навантаження;
  - вперше введено розділ 'Проектування систем сейсмоізоляції будівель';
  - вперше введено розділ 'Схили', де приведено основні вимоги до розрахунку схилів.
- У вказаних нормах відмічено як необхідні для проектування будівель і споруд на сейсмонебезпечних територіях наступні геофізичні дані:
- інформація про величину, тривалість, спектральний склад і переважаючі періоди коливання ґрунтів для виключення можливих резонансних ефектів;
  - швидкість проходження сейсмічної хвилі під майданчиком проектного будівництва;
  - розрахункові акселерограми, що враховують вплив потенційно небезпечних сейсмоактивних зон і ґрунтових умов майданчика проектного будівництва.
- Для визначення кількісних характеристик сейсмічної небезпеки будівельного майданчика необхідно виконати такі роботи:
- сейсмічне мікрорайонування (СМР) майданчика методом інженерно-геологічних аналогій;
  - формування моделей будови геологічного середовища на виділених ділянках (таксонах) за результатами проведення інженерно-геологічних досліджень під будівництво [9], побудова карти СМР по методу інженерно-геологічних аналогій;
  - вибір еталонного пункту в районі розташування об'єкта, визначення для нього таких параметрів геологічного середовища, як розподіл літологічного складу ґрунтів з глибиною і їх фізико-механічних властивостей: швидкості поздовжніх і поперечних хвиль, густини, пористості, характеристик загасання сейсмічних коливань з відстанню;
  - уточнення параметрів проектного (ПЗ) і максимального розрахункового (МРЗ) землетрусів з місцевих потенційно сейсмоактивних зон і сейсмоактивної зони Вранча на еталонному пункті в районі досліджуваного майданчика;
  - СМР майданчика методом сейсмічних жорсткостей, побудова карти СМР майданчика за результатами вивчення майданчика методами геологічних аналогій і сейсмічних жорсткостей;
  - організація і проведення польових інструментальних сейсмологічних спостережень з метою реєстрації високочастотних мікросейсм (землетрусів і вибухів), як найбільш надійної основи для розрахунку приросту сейсмічної бальності, обумовленої конкретними ґрунтовими умовами майданчиків розташування об'єкта, побудови розрахункових акселерограм і спектрів реакції;
  - визначення приростів сейсмічної бальності для кожної з виділених на досліджуваному майданчику таксонометричних одиниць (таксонів) і побудова карти СМР майданчика за результатами трьох методів: інженерно-геологічних аналогій,

сейсмічних жорсткостей і методу реєстрації землетрусів, вибухів, і короткоперіодних мікросейсм;

– визначення для кожного з таксонів розподілу літологічного складу ґрунтів з глибиною та їх фізико-механічних властивостей: швидкості поздовжніх і поперечних хвиль, густини, пористості та характеристик загасання сейсмічних коливань з відстанню;

– побудова для кожного з виділених таксонів розрахункових моделей ґрунтових комплексів з врахуванням результатів СМР майданчика методом сейсмічних жорсткостей та матеріалів інженерно-геологічних досліджень, проведених згідно з вимогами ДБН А.2.1-1-2014 [1];

– розрахунок теоретичних частотних характеристик моделей ґрунтів для таксонометричних одиниць, виділених на майданчику за комплексом результатів трьох методів СМР;

– визначення емпіричних частотних характеристик ґрунтових комплексів під різними ділянками (таксонами) досліджуваного майданчика за матеріалами реєстрації землетрусів, вибухів і короткоперіодних мікросейсм;

– побудова ансамблю розрахункових акселерограм і спектрів реакції для ПЗ і МРЗ із зони Вранча і локальних потенційно сейсмоактивних зон з врахуванням емпіричних і теоретичних частотних характеристик ґрунтових комплексів під виділеними на майданчику таксонами.

На рис. 4 наведено приклад двох реалізацій трикомпонентних розрахункових акселерограм, побудованих для будівельного майданчика в м. Одеса.

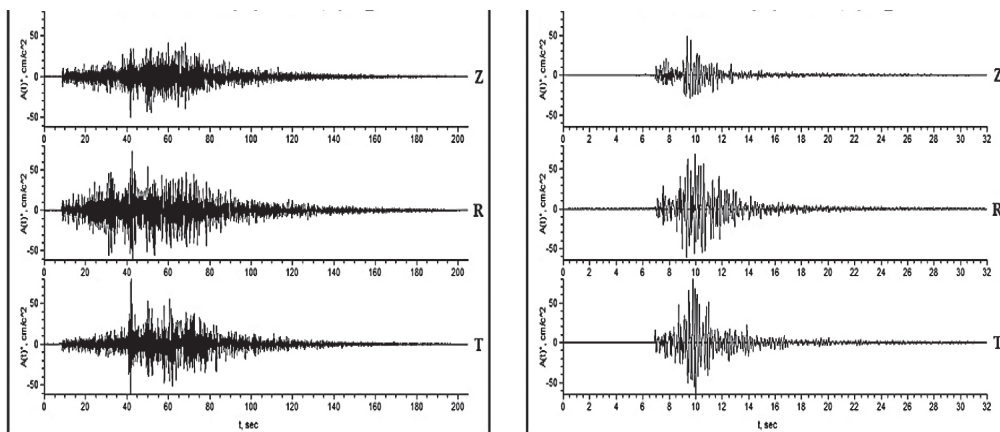


Рис. 4. Графіки трикомпонентних розрахункових акселерограм:  
а – із зони Вранча; б – з локальної зони.

Джерело: власна розробка

Роботи по СМР покликані не лише визначити значення приросту сейсмічної небезпеки (бальності) на будівельному майданчику за рахунок впливу її ґрунтових умов.

Отримані дані відкривають можливість суттєвого здешевлення сейсмостійкого будівництва за рахунок оптимального вибору конструктивних рішень, які дозво-

ляють уникнути збігу переважаючих частот, відповідають піковим прискоренням в сейсмічних хвилях, резонансних частот підстилаючої ґрунтової товщі і власних частот проекрованої будівлі (споруди).

При генеруванні розрахункових акселерограм використовуються різні комбінації теоретичних обвідних спектрів розрахункових акселерограм, нормованих частотних характеристик середовища і фазових спектрів, отриманих по різних записах реальних підкоркових землетрусів із зони Вранча і землетрусів з близьких сейсмоактивних зон, модифікованих з урахуванням умов майданчика.

### **Рекомендації з використання розрахункових акселерограм**

Прямі динамічні розрахунки будівель і споруд слід виконувати з використанням розрахункових акселерограм  $a_i(t) = A_i y_i(t)$ , де  $i$  – ознака складової вектора коливань,  $A_i$  – максимальне значення амплітуди прискорень,  $y(t)$  – нормована на одиницю функція, що описує коливання ґрунту в часі.

При проектуванні особливо важливих об'єктів в прямих динамічних розрахунках належить використовувати розрахункові акселерограми, побудовані для заданої ймовірності неперевикнення максимальних сейсмічних впливів, що відповідає картам ЗСР. Розрахункові акселерограми будуються на основі інструментальних записів сильних і проміжних за величиною землетрусів, зареєстрованих безпосередньо на будівельному майданчику, або в умовах, близьких до умов майданчика. Величини  $A_i$  в цьому випадку визначаються за допомогою робіт з уточнення сейсмічної небезпеки майданчика.

При проектуванні нетипових і відповідальних будівель і споруд у прямих динамічних розрахунках допускається використовувати синтезовані розрахункові акселерограми, побудовані з урахуванням умов майданчика.

При відсутності інструментальних записів для генерації розрахункових акселерограм можуть використовуватися розрахункові методи і дані щодо приросту сейсмічної бальності за рахунок впливу місцевих ґрунтових умов майданчика, отриманих при проведенні його сейсмічного мікрорайонування.

При проектуванні будинків і споруд, не прив'язаних до конкретного майданчика, в прямих динамічних розрахунках рекомендується застосовувати пакет трикомпонентних синтезованих акселерограм, які були побудовані на основі записів коливань ґрунтів, зареєстрованих в різних регіонах України за допомогою цифрових сейсмостанцій.

При виконанні прямих динамічних розрахунків будівель і споруд амплітуди синтезованих акселерограм необхідно множити на масштабний коефіцієнт  $K$ , величина якого залежить від сейсмічності майданчика.

Максимальні значення прискорень відносяться до горизонтальних складових коливань. При відсутності інструментальних записів значення вертикальних прискорень основи допускається приймати рівними 0,7 від значень горизонтальних прискорень.

При проведенні прямих динамічних розрахунків із використанням набору синтезованих акселерограм необхідно в якості розрахункових приймати ті, у яких періоди з переважаючими по амплітуді коливаннями, є близькими до періодів власних коливань будівель за першою формою.

Рекомендації щодо вибору розрахункових акселерограм повинні враховувати їх відповідність для конкретного майданчика за основними сейсмологічними параметрами:

- магнітудою;
- епіцентральною відстанню;
- глибиною і механізмом вогнища;
- ґрунтовими умовами майданчика тощо.

Значення сейсмічних навантажень, переміщень і деформацій конструкцій слід визначати з урахуванням особливостей нелінійного деформування конструкцій.

У разі роздільного використання у розрахунках будівель і споруд на сейсмічні впливи горизонтальних і вертикальних компонент акселерограм належить приймати найбільш небезпечні напрямки сейсмічних впливів.

Прямі динамічні розрахунки будівель із системами сейсмоізоляції, з адаптивними системами сейсмозахисту (що включаються і виключаються), динамічними гасителями коливань, демпферуючими пристроями та іншими сейсмозахисними елементами слід виконувати при науковому супроводі та за участю організацій, що мають ліцензію на виконання такого виду робіт.

#### **Апаратура і методика польових досліджень**

Запис мікросейсм виконувався двома триканальними цифровими сейсмічними станціями Das-05, останніми з модельного ряду автоматичних сейсмостанцій, виготовлених в Інституті геофізики НАН України. Як сеймоприймачі використовувалися СМ-3КВ (див. рис. 5-7).

Сейсмічна станція 'DAS-05' забезпечує:

- реєстрацію повного вектора сейсмічних коливань в динамічному діапазоні не менше 140 дБ;
- частоту реєстрації вимірюваної інформації в межах 0,012-100 Гц;
- синхронізацію зареєстрованих сигналів з еталонним часом по Грінвічу з точністю не менше ніж 0,1 мс;
- відносну погрішність вмонтованого годинника не вище 10-7 с;
- регулярну корекцію вмонтованого годинника радіосигналами точного часу, отриманими від супутникового gps-приймача;
- можливість роботи з автоматичним перемиканням як від електромережі 220 В, так і від акумуляторної батареї (12-24 В);
- контроль енергоємності і автоматичне заряджання акумуляторної батареї у режимі роботи від електромережі;
- споживання електроенергії в режимі чекання не більше 10 ватт;
- термін автономної роботи апаратури від акумуляторних батарей не менше 24 годин;
- калібрування сейсмічних каналів (передбачена можливість визначення амплітудної і фазової частотних характеристик сейсмічних каналів з точністю до 5 % у частотному діапазоні 0,01 до 50 Гц) дозволяє отримати інформацію, яка необхідна для визначення дійсних значень прискорення, швидкості або зсуву в зареєстрованих коливаннях.



Рис. 5. Загальний вид сейсмостанції 'Одеса-місто' в ОНМУ.  
Джерело: власна розробка

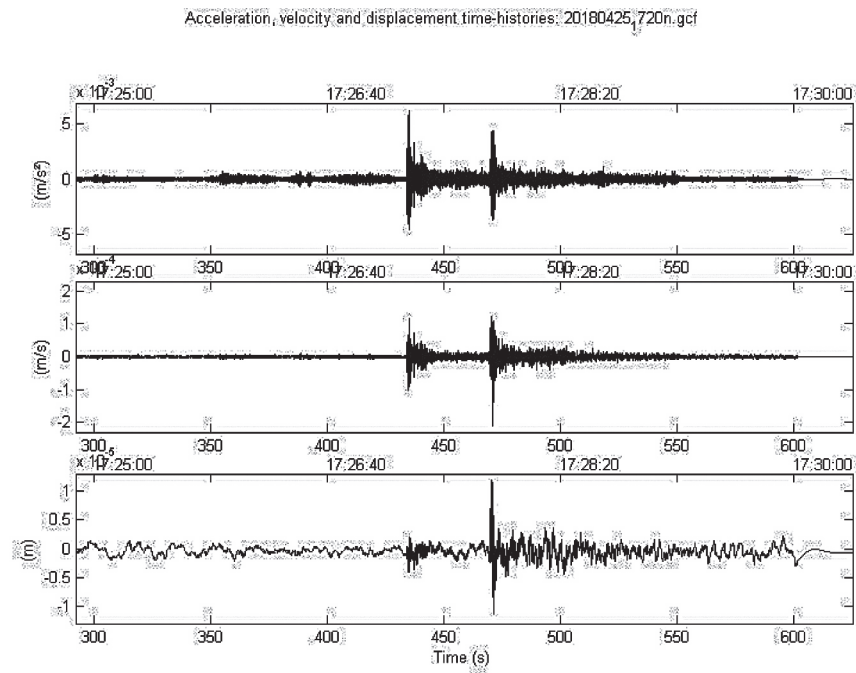


Рис. 6. Запис землетрусу із зони Вранча на станції 'Одеса-місто'.  
Джерело: власна розробка



Рис. 7. Сейсмічна станція 'DAS-05'.  
Джерело: власна розробка

Амплітудно-частотна характеристика цифрової сейсмічної станції розрахована генераторним способом за спеціальною програмою. Зареєстровані сейсмічні сигнали мають розмірність одиниць аналого-цифрового перетворювача (АЦП). Цифрова форма запису дозволяє за допомогою методів регуляризованого числового рішення зворотної задачі сейсмометрії перейти до 'дійсного' вигляду коливань. Для цього використовують частотні характеристики (ЧХ) реєструючих каналів. Амплітудно-частотні і фазово-частотні характеристики вимірювальних каналів приведені на рис. 8.



Рис. 8. Структурна схема сейсмічної станції 'DAS-05'.  
Джерело: власна розробка

### Розрахунок причальних споруд на синтезовані акселерограми

Виконано перевірочні розрахунки конструкції причалу судноремонтного пірсу № 2 ТОВ 'Іллічівський судноремонтний завод' з врахуванням проектних рішень по реконструкції гідротехнічної частини пірсу № 2 ІСРЗ для прийому суден типу 'Панамакс' під обробку зернових вантажів. Розрахунок виконаний із застосуванням програмного комплексу SCAD, що реалізовує метод скінченних елементів.

Навантаження і дії, прийняті для розрахунку конструкцій, відповідають ДБН В.1.2-2:2006 'Навантаження і дії' [1] і СНіП 2.06.04-82 'Навантаження і дії на гідротехнічні споруди (хвильові, льодові і від суден)' [10].

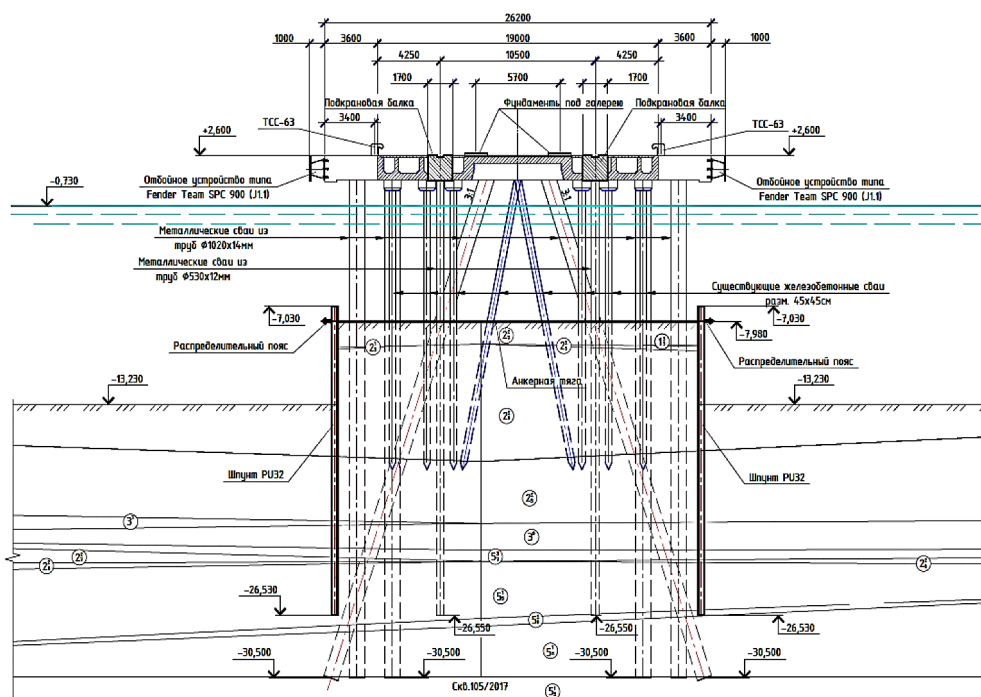


Рис. 9. Поперечний розріз 1-1.  
Джерело: власна розробка

Рис. 10. План свайної основи типової секції причалу після реконструкції.  
Джерело: власна розробка

Формування розрахункових акселерограм. На рис. 11 змальовані графіки трикомпонентної розрахункової акселерограми, що моделює розрахункові землетруси з локальних осередкових зон на вільній поверхні ґрунту досліджуваного майданчика.

Для досліджуваного майданчика побудований набір з 3-х трикомпонентних розрахункових акселерограм, що моделюють вплив місцевих розрахункових землетрусів з інтенсивністю 7 балів на майданчику проектного будівництва об'єкта реконструкції гідротехнічної частини пірсу.

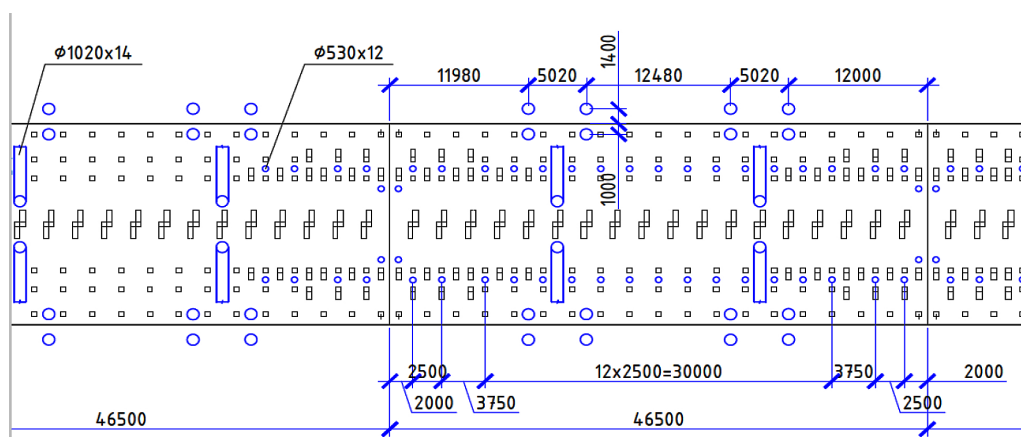


Рис. 11. Розрахункова акселерограма, що моделює вплив місцевих розрахункових землетрусів з інтенсивністю 7 балів на майданчику проектного будівництва об'єкта реконструкції гідротехнічної частини пірсу.

Джерело: власна розробка

## Висновки

На базі проведених досліджень отримано наступне:

- розроблено апаратуру і методику польових досліджень, яка дозволяє отримати реальні дані про коливання ґрунту на майданчиках будівництва;
- розроблено напівемпіричну методику побудови розрахункових акселерограм, яка базується на максимальному використанні інформації, що міститься в акселерограмах землетрусів з місцевих вогнищевих зон і землетрусів зони Вранча, зареєстрованих на території міста Одеса;
- проаналізовано сейсмічний вплив локальних інженерно-геологічних умов на будівельних майданчиках. За допомогою теоретичного моделювання сейсмічних впливів і чисельних експериментів встановлено, що фільтрація сейсмічних хвиль геологічним середовищем і виникнення резонансних коливань в спорудах при сильних підкоркових землетрусах зони Вранча можуть привести до збільшення сейсмічних навантажень у декілька разів;
- доведено, що побудовані з врахуванням результатів сейсмічного мікрорайонування розрахункові акселерограми і спектри реакції, відкривають можливість здешевлення сейсмостійкого будівництва за рахунок оптимального вибору конструктивних рішень, які дозволяють уникнути збігу переважаючих частот, що відповідають піковим прискоренням в сейсмічних хвилях, резонансних частот підстилаючої ґрунтової товщі і власних частот проєктованих будівель та споруд із збереженням необхідної надійності.

Отримані результати досліджень були використані при науково-технічному супроводі проєктування, реконструкції і зведенні реальних будівель і споруд, а запропоновані підходи, моделі та прикладні методики апробовані при оцінці несучої здатності і деформативності будівель і споруд.

### ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН 1.1-12:2014. Державні будівельні норми України. Будівництво в сейсмічних районах України. Київ: Мінрегіонбуд України, Укрархбудінформ, 2014. 110 с.
2. ДСТУ-Н Б В.1.2-16:2013. Визначення класу наслідків (відповідальності) та категорії складності об'єктів будівництва. К.: ДП 'Украрх-будінформ', 2014.
3. Немчинов Ю.И. Сейсмостойкость зданий и сооружений. К., 2008. 480 с.
4. Schnabel P.B., Lysmer J., Seed H.B. SHAKE: A Computer Program for Earthquake Response Analysis of Horizontally Layered Sites. Report № UCB. EERC-72/12. University of California, Berkeley. December. 1972. 102 p.
5. ДБН В.1.1-12:2006. Строительство в сейсмических районах Украины. К.: Министерство строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства Украины, ДП 'Укрархбудінформ'. 2006. 92 с.
6. РД 31.3.06-2000. Руководство по учету сейсмических воздействий при проектировании морских гидротехнических сооружений типа 'Больверк'.
7. РД 31.31.55-93. Инструкция по проектированию морских причальных сооружений. Москва: Федеральная служба морского флота России, 1996. 110 с.
8. РД 31.31.35-85. Основные положения расчета причальных конструкций на надежность. Москва: 'Мортехинформреклама', 1986. 31 с.
9. РСН 60-86. Инженерные изыскания для строительства. Сейсмическое микрорайонирование. М.: Госстрой РСФСР, 1987. 17 с.
10. СНиП II-7-81\*. Строительные нормы и правила. Строительство в сейсмических районах. Москва: МИНСТРОЙ России, 1985. 116 с.
11. Егупов К.В. Причальные сооружения эстакадного типа: учебное пособие. Москва: В/О Мортехинформреклама, 1991. 85 с.
12. IANAC Seismic Design Guidelines for Port Structures, International Navigation Association, / A.A. Balkema Publishers, Tokyo, 2001.

### REFERENCES

1. DBN 1.1-12: 2014. State building norms of Ukraine. Construction in seismic areas of Ukraine [Derzhavni budivelni normy Ukrainy. Budivnytstvo v seismichnykh raionakh Ukrainy]. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, Ukrarkhbudinform. 110 p. [in Ukrainian].
2. DSTU-N B V.1.2-16: 2013. Determining the class of consequences (responsibility) and the complexity category of construction objects [Vyznachennia klasu naslidkiv (vidpovidalnosti) ta katehorii skladnosti ob'ektiv budivnytstva]. K.: Ukrarch-Budinform [in Ukrainian].

3. Nemchinov, Yu.I. (2008). *Earthquake resistance of buildings and structures* [Seismostoikost zdaniy i sooruzhenii]. 480 p. [in Russian].
4. Schnabel, P.B., Lysmer, J., & Seed, H.B. (1972). *SHAKE: A Computer Program for Earthquake Response Analysis of Horizontally Layered Sites*. Report № UCB. EERC-72/12. University of California, Berkeley. 102 p.
5. DBN B.1.1-12: 2006. Construction in seismic regions of Ukraine [Stroitelstvo v seismicheskikh raionakh Ukrainy]. K.: Ministry of Construction, Architecture and Housing and Communal Services of Ukraine, DP 'Ukrarkhbudinform'. 92 p. [in Russian].
6. RD 31.3.06-2000. Guidelines for accounting for seismic effects in the design of marine hydraulic structures like "Bolverk" type [Rukovodstvo po uchetu seismicheskikh vozdeistvii pri proektirovanii morskikh gidrotekhnicheskikh sooruzhenii tipa 'Bolverk'] [in Russian].
7. RD 31.31.55-93. (1996). Instructions for the design of marine berthing facilities. Moscow: Federal Service of the Navy of Russia [Instruktsiia po proektirovaniu morskikh prichalnykh sooruzhenii]. 110 p. [in Russian].
8. RD 31.31.35-85 (1986). The main provisions of the calculation of berth structures for reliability [Osnovnye polozheniia rascheta prichalnykh konstruktsii na nadezhnost]. Moscow: Mortechnikinformreklama. 31 p. [in Russian].
9. RSN 60-86 (1987). Engineering surveys for construction. Seismic microzoning [Inzhenernye izyskaniia dlia stroitelstva. Seismicheskoe mikroraiionirovanie]. M.: Gosstroy of the RSFSR. 17 p. [in Russian].
10. SNiP II-7-81\* (1985). Building regulations. Construction in seismic areas [Stroitelnye normy i pravila. Stroitelstvo v seismicheskikh raionakh]. Moscow: Ministry of Russia. 116 p. [in Russian].
11. Egupov, K.V. (1991). *Trestle type berths: study guide* [Prichalnye sooruzheniia estakadnogo tipa: uchebnoe posobie]. Moscow: V/O Mortechnikinformreklama. 85 p. [in Russian].
12. PIANC Seismic Design Guidelines for Port Structures, International Navigation Association (2001). / A.A. Balkema Publishers, Tokyo.

## ТЕОРІЯ І ПРОЕКТУВАННЯ КОРАБЛЯ

UDC 629.5

DOI: 10.33082/td.2019.2-5.03

### SOME QUESTIONS ABOUT GENERAL STRENGTH, PROPULSION AND ENERGY EFFICIENCY OF DEADRISE HULLS

O.O. Kanifolskyi

Ph.D., Associate Professor of the Department “Ship Theory and Design  
named after prof. Vorobyev Yu.L.”,  
Odessa National Maritime University, Odessa, Ukraine,  
oleksandrkanifolskyi@gmail.com

#### **Abstract**

**Introduction.** When a high-speed vessel is moving in the transitional mode loads increase from the interaction of the bottom of the vessel and the waves. Accordingly increase adverse effects health of the passengers and crew. Hull structures and equipment may also be damaged. Modern requirements of classification societies significantly raise the level for permissible accelerations on board high-speed vessels. Various methods are used to reduce shock loads. One of them is an increase of deadrise angle. A decrease in resistance is possible by increasing the relative length of the vessel, which can lead to problems in ensuring general strength. To determine the maximum possible value of the relative length requires knowledge of the relative section modulus. The lack of information about the relative section modulus of an equivalent girder of the vessel occurs during various studies. The choice of the relative length of the vessel is associated with such quality as propulsion and many others. And sometimes, the shipbuilder's desire to reduce water resistance, by increasing this parameter, is limited by the difficulties of ensuring general strength. In this study, a try will be made to combine the requirements for general strength, propulsion and energy efficiency in order to create new and improve existing ships. **Purpose.** The goals of this work are to determine: the value of relative section modulus of an equivalent girder for a small vessel, the method for determining the maximum value of the relative length of a small high-speed vessel, the way for reducing the value of the factor EEDI. **Results.** The value of the relative section modulus of an equivalent girder for a small vessel of transitional mode is defined in this article. Graphic solution of two equations proposed in the article: equation of general strength, taking into account wave acceleration and the equation for the relative section modulus, taking into account the geometry of the hull. The result of this decision is the value of relative section modulus of an equivalent girder for a small vessel of transitional mode. This parameter is required to determine the limiting value of the relative length and finding solutions to reduce the coefficient EEDI. Comparative analysis of the obtained data with the data about

strength and weight of the H-girder with length similar to the ship was conducted. The formula for determining the limiting value of the relative length was obtained from the equation of general strength. The way to reduce the energy efficiency factor EEDI, by increasing the relative length, was proposed in this article and demonstrated on the example for a real small high-speed vessel. **Conclusions.** Improvement of existing technologies may lead to the appearance of new technologies. The software is based on algorithms. The creation of such algorithms is necessary for new programs or for “one digital” assessment of the project, at the beginning of making design decisions. The algorithm proposed in this article can be used to achieve such goals.

**Key words:** section modulus, energy efficiency factor, small high-speed vessel.

УДК 629.5

### ДЕЯКІ ПИТАННЯ ЗАГАЛЬНОЇ МІЦНОСТІ, ХОДОВОСТІ ТА ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ КІЛЮВАТИХ КОРПУСІВ

О.О. Каніфольський

к.т.н., доцент кафедри “Теорія і проектування корабля ім. проф. Ю.Л.Воробйова”,  
Одеський національний морський університет, Одеса, Україна,  
oleksandrkanifolskyi@gmail.com

#### Анотація

В цій роботі визначено значення відносного моменту супротиву перерізу еквівалентного бруса для малого судна перехідного режиму. Перехідний режим руху до теперішнього часу не дуже добре вивчений, тому ця сфера експлуатації суден потребує додаткової уваги. Малі швидкісні судна – це група плавзасобів, для яких притаманні специфічні характеристики, тільки для них риси. Правила різноманітних міжнародних конвенцій дуже часто поширюються на судна, довжиною менше ніж двадцять чотири метри, що створює додаткову потребу для вивчення сфери малих суден. В цій роботі розглянуті питання загальної міцності малого швидкісного судна, що рухається на схвильованій поверхні моря. Графічне рішення двох рівнянь, запропоновано у статті: рівняння загальної міцності корпусу судна, з урахуванням перевантажень від впливу хвиль та рівняння для моменту супротиву перерізу еквівалентного бруса, з урахуванням геометрії корпусу. Результатом цього рішення є значення відносного моменту супротиву еквівалентного бруса для малого судна перехідного режиму. Цей параметр необхідний для визначення граничного значення відносної довжини та пошуку рішень для зменшення значення коефіцієнта EEDI. При русі в перехідному режимі, супротив води та повітря значно збільшується, що веде до додаткових витрат палива та заподіяння шкоди навколишньому середовищу, тобто збільшенню значення коефіцієнта енергоефективності EEDI. Зменшити вплив цього явища можливо за рахунок більшого значення відносної довжини судна. Але збільшувати відносну довжину судна можна не безкінечно, тому й виникла потреба в оцінці максимального значення цього показника. Проведено порівняльний аналіз отриманих даних з даними про міцність і вагу двотаврової балки, довжиною подібною до довжини судна.

Формула для визначення максимального значення відносної довжини судна отримана з рівняння загальної міцності. Спосіб зменшення коефіцієнта енергоефективності шляхом збільшення відносної довжини був запропонований та продемонстрований на прикладі для малого швидкісного судна.

**Ключові слова:** момент супротиву перерізу еквівалентного бруса, коефіцієнт енергоефективності, мале швидкісне судно.

УДК 629.5

### НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ОБЩЕЙ ПРОЧНОСТИ, ХОДКОСТИ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КИЛЕВАТЫХ КОРПУСОВ

А.О. Канифольский

к.т.н., доцент кафедры “Теория и проектирование корабля им. проф. Ю.Л. Воробьева”,  
Одесский национальный морской университет, Одесса, Украина,  
oleksandrkanifolskyi@gmail.com

#### **Аннотация**

В этой работе определено значение относительного момента сопротивления сечения эквивалентного бруса, для малого судна переходного режима. Графическое решение двух уравнений, предложено в статье: уравнения общей прочности корпуса судна, с учетом перегрузок от воздействия волн и уравнения для момента сопротивления поперечного сечения эквивалентного бруса, с учетом геометрии корпуса. Результатом этого решения является значение относительного момента сопротивления эквивалентного бруса для малого судна переходного режима. Этот параметр необходим для определения максимально допустимого значения относительной длины и поиска решений для уменьшения коэффициента EEDI. Проведен сравнительный анализ полученных данных с данными о прочности и весе двутавровой балки, длиной равной длине судна. Формула для определения максимального значения относительной длины судна получена из уравнения общей прочности. Способ уменьшения значения коэффициента энергоэффективности, путем увеличения относительной длины, был предложен и продемонстрирован на примере для малого скоростного судна.

**Ключевые слова:** момент сопротивления сечения эквивалентного бруса, коэффициент энергоэффективности, малое скоростное судно.

#### **NOMENCLATURE**

$\Delta = \gamma V$  – displacement of the ship

$\gamma$  – density of water

$\beta$  – deadrise angle, degrees

$Fr_V$  – volume Froude number

$W$  – section modulus

$\frac{W}{\Delta}$  – relative section modulus

$\frac{L}{\sqrt[3]{V}}$  – relative length

*EEDI* – energy efficiency index

*D* – depth of the ship

*B* – width of the ship

*d* – draft of the ship

$c_b$  – block coefficient

*n* – overload

$\sigma_a$  – allowable compression stress for material

*t* – thickness of plating

$\Omega$  – area of cross section of ship

$C_\Delta = \frac{\Delta}{\gamma B^3}$  – load coefficient

*R* – total resistance

$\frac{R}{\Delta}$  – relative total resistance

$R_o$  – residual resistance

$\frac{R_o}{\Delta}$  – relative residual resistance

## Introduction

When a high-speed vessel is moving in the transitional mode, with volume Froude number  $1 \leq Fr_v = \frac{v}{\sqrt{g\sqrt[3]{V}}} \leq 3$ , loads increase from the interaction of the bottom of the vessel and the waves. Accelerations increase accordingly, which adversely affects health of the passengers and crew. Hull structures and equipment may also be damaged. The limit acceleration that is considered to be acceptable from a physiological point of view, limited to the value 0,2g. In reality, the acceleration on board of the high-speed vessel reaches high values. Modern requirements of classification societies significantly raise the level for permissible accelerations on board high-speed vessels. Various methods are used to reduce shock loads. One of them is an increase of deadrise angle  $\beta$ . Vessels with deadrise angle  $\beta > 20^\circ$  are often called “monohull deep V”.

In the transitional mode, the water resistance increases significantly. A decrease in resistance is possible by increasing the relative length  $\frac{L}{\sqrt[3]{V}}$  of the vessel, which can lead to problems in ensuring general strength. To determine the maximum possible value of the relative length requires knowledge of the relative section modulus. The lack of information about the relative section modulus of an equivalent girder of the vessel  $\frac{W}{\Delta}$  occurs during various studies. The choice of the relative length of the vessel is associated with such quality as propulsion and many others. And sometimes, the shipbuilder’s desire to reduce water resistance, by increasing this parameter, is limited by the difficulties of ensuring general strength. There was a need to find the limiting values of the relative length, ensuring the strength of the vessel, while maintaining acceptable propulsion. The value  $\frac{L}{\sqrt[3]{V}}$  is associated with propulsion, or rather with the relative resistance of water  $\frac{R}{\Delta}$ . And this indicator has an impact on the energy efficiency index *EEDI*. Thus, in this

study, a try will be made to combine the requirements for general strength, propulsion and energy efficiency in order to create new and improve existing ships.

Undoubtedly, a change in the relative length of the vessel will affect the other qualities of the vessel: manoeuvring, seakeeping capacity and other. In this article it is impossible to consider the change of all parameters; therefore, the main, from the point of view of the author, questions are considered: general strength, propulsion and energy efficiency.

### Problem statement and analysis of recent research and publications

Values characterizing various types of girders are sometimes given in different literatures. For example, the book (Lesyukov, 1982) proposes a coefficient of the structural quality of a girder  $\frac{W}{F}$ , as the ratio of the section modulus  $W$  to the area of its cross section  $F$ . In the source (Barabanov, 1969), the dependence of the weight of one linear meter of the girder on the section modulus is presented. From the graph it is clear that for each type of beams is characterized by its own dependence. For research, it is possible to apply knowledge about section modulus of the small vessel, given in (Dormidontov & Kalmychkov, 1966). The minimum section modulus of a small vessel (with deadrise angle  $\beta=0$ , depth  $D$ , width  $B$ , thickness of plating  $t$ ) is described by the formula  $W = D(B + \frac{D}{3})t$ .

As noted above, deadrise hulls are widely used in transitional motion. In this paper, the forms with deadrise angle will be considered, in Figure 1.

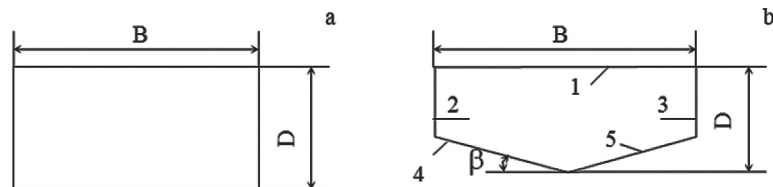


Fig. 1. Sections of the hull.  
Source: Own elaboration

Writing the elements in the table, Figure 2, it is possible to obtain a formula for the section modulus of hull with deadrise angle  $\beta = 25^\circ$ .

$$W = (0,33D^2 + 0,015B^2 + 0,82DB - 0,028\frac{B^3}{D})t \quad (1)$$

When applying in the calculations the value of the deadrise angle  $\beta = 0^\circ$ , the formula was obtained

$$W_{\beta=0} = (0,33D^2 + DB)t \quad (2)$$

This formula is similar to the formula presented in (Dormidontov & Kalmychkov, 1966) and mentioned above in this article.

Numbers of elements correspond to figure 1b	Area, F	The distance between the center of gravity of the element and the central axis, z
1	2	3
1	$tB$	$\frac{D}{2}$
2, 3	$(D - \frac{B}{2} \operatorname{tg} \beta) t$	$\frac{B}{2} \operatorname{tg} \beta$
4, 5	$\frac{Bt}{2 \cos \beta}$	$\frac{D}{2} - \frac{B}{4} \operatorname{tg} \beta$

Fig. 2. Elements of the cross section of the vessel, in Figure 1b.  
Source: Own elaboration

Equations of a similar type for deadrise angles from  $0^\circ$  to  $30^\circ$  were obtained and are presented in the paper. (Kanifolskyi, 2010). The results of the calculations were used to determine of the coefficient of the profile  $u$ , in the formula  $W = \frac{u}{2} D \Omega$ , that includes the depth  $D$  and the area of cross section of ship  $\Omega$ , after equating the right sides of the equations described above. Using this data, it is possible to find out how the section modulus of the deadrise hulls differs from flat bottom. The graph from the article is presented in the Figure 3.

Sometimes, in the early stages of a project, when there is no complete data on the projected vessel, the need to assess the general strength of the vessel arises. In such cases, some simplifications are applied in the calculation, and the cross-section of the vessel appears as the cross-section of an equivalent H-girder. In these cases, the formula  $W = \frac{u}{2} D \Omega$  is usually used.

For calculations, it is assumed that the position of the central axis passing through the center of gravity of the cross section of the vessel is in the middle of the depth. This assumption is based on the fact that the bottom deadrise will shift the position of this axis towards the deck, and the stronger and heavier construction of the bottom will lower the axis towards the bottom. In (Germanischer Lloyd, 1996) it is noted that the minimum thickness of deck plating should be not less than 2.5 mm. The thickness of the bottom plating should be at least  $t_{bp} = 1,35L^{1/3} \geq 2,5$ . For example, the thickness of the plating of the bottom

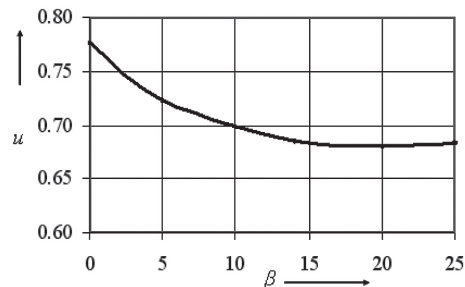


Fig. 3. The dependency of the coefficient of the profile  $u$  on the deadrise angle.  
Source: Own elaboration

for the vessel,  $L = 24$  m, will be equal to 3.9 mm. This is 1.56 times greater than the minimum thickness of the plating of the deck. This thickness is adopted to justify the position of the central axis of the cross section. Accordingly, the central axis will move from the middle of the depth, towards the bottom. Another factor, affects the position of the central axis, is deadrise hull. Since the center of gravity half of the bottom constructions lies approximately at a distance of  $0,25 B$  from the middle line plane, the displacement of the center of gravity of the bottom structure towards the deck is  $0,25 B \operatorname{tg} \beta$ . The displacement of the central axis from the middle of the depth towards the deck will occur.

Sometimes in assessing the general strength, simplification is used to find the minimum acceptable value. The thickness of the girders is distributed over the thickness of the vessel plating.

For further calculations, the thickness of the steel plating is assumed to be 6 mm, as an average value for transitional mode vessels with a length of about 30 m.

**The goals** of this work are to determine:

- the value of relative section modulus of an equivalent girder for a small vessel;
- the method for determining the maximum value of the relative length of a small high-speed vessel;
- the way for reducing the value of the factor  $EEDI$  and therefore reduces carbon dioxide emissions into the atmosphere.

Information about the structural quality of a girder  $\frac{W}{F}$  can be projected on the calculations of the relative section modulus of an equivalent girder for a vessel  $\frac{W}{\Delta}$ . In approximate calculations of strength, the shape of the profile, which corresponds to the equivalent girder of vessel, is an H-girder, Figure 4, and, taking into account the direct dependence of the cross-sectional area on the length of the vessel, we can assume the presence of such a value of the relative section modulus  $\frac{W}{\Delta}$ , which is characteristic for a specific type of ships. This value retains approximately the same value for ships of the same type; the same hull material and speed mode.

Formula (2) can be represented in the form,

$$\frac{W}{\Delta} = \frac{D(B + \frac{D}{3})t}{\gamma c_b L B d} = \frac{k_D t (1 + 0.07 k_D)}{\gamma c_b L}, \quad (3)$$

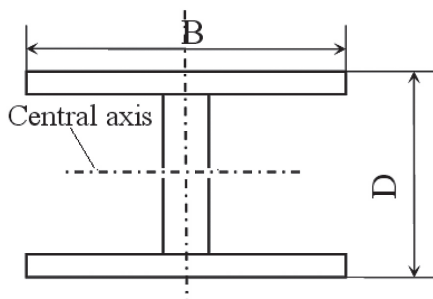


Fig. 4. The equivalent girder for calculation of section modulus of the ship (H-girder).  
Source: Own elaboration

taking into account the geometry of the hull and the fact  $k_D = \frac{D^2}{d}$ ,  $\frac{B}{d} = 4.7$  (last corresponds to the minimum of water resistance in the speed range  $2 \leq Fr_v = \frac{v}{\sqrt{g^3 V}} \leq 3$ , NPL data). In this formula,  $c_b$  – block coefficient,  $\gamma$  – density of water, all other parameters are defined above.

The relative section modulus, in  $\text{m}^3/\text{t}$ , can also be found from the equation of general strength, based on the bending moment

and section modulus,  $\sigma_a \geq \frac{\Delta L}{Wk} n$ , taking into account the additional acceleration at speed on the wave

$$\frac{W}{\Delta} = \frac{L}{k\sigma_a} n, \quad (4)$$

where  $n$  is overload,  $L$  – vessel length in m,  $\sigma_a$  – allowable compression stress for material of the hull in t/m<sup>2</sup> and  $k$  is coefficient characteristic for the type of vessels.

Allowable compression stress is assumed to be equal to 0.8 of the yield strength of the material, in this case, steel.

The researcher can apply the materials and the requirements of any rules chosen by him to solve the task in the proposed method.

Overload is the ratio of the vertical acceleration in the cross section of the vessel, caused by forces, when meeting a wave, to the acceleration of gravity.

For calculations, data on overloads was chosen from Rules (Bureau Veritas, 1990), in which it is proposed to take the overload factor regardless of the speed range: for passenger ships  $n=2$ , for pleasure boats  $n=2.3$ . The value of the coefficient  $k$  is assumed to be 21. More detailed information on this subject is presented in (Kanifolskyi, 2010). The above article analyzes the various rules of classification societies and the work of scientists in the field of defining a bending moment.

In the calculations, a fixed value  $n = 2$  was adopted, recommendations by Bureau Veritas (BV). Similar values are proposed in the rules of Germanischer Lloyd (GL), for relative speed  $Fr_v = 2$ , midpoint of the transitional mode. The value of the coefficient  $n$  changes depending on the relative speed, GL.

After a joint graphical solution of two equations (3) and (4), in Figure 5, it is possible to determine a value  $\frac{W}{\Delta} = 0.0003 \text{ m}^3/\text{t}$ , for steel hull, satisfying the requirements of general strength and taking into account the geometry of the hull.

It is interesting to note that some Rules are created specifically for vessels less than 65 m length (Bureau Veritas, 1990).

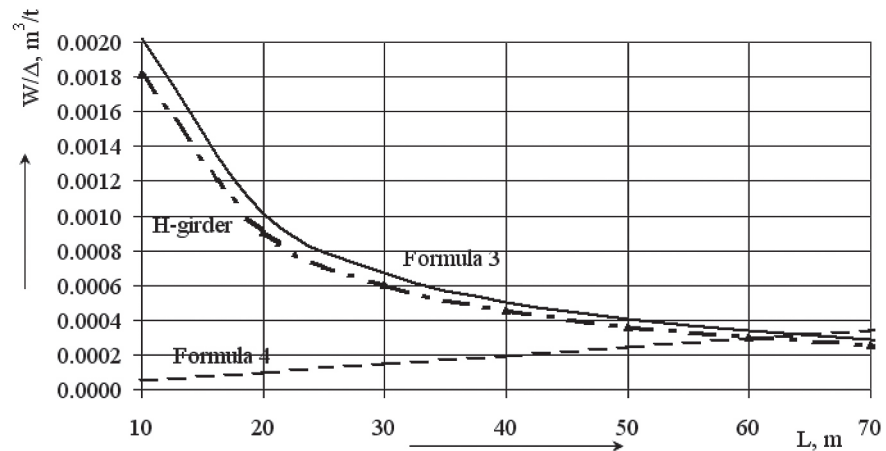


Fig. 5. The value of the relative section modulus.  
Source: Own elaboration

The solution obtained by the graphical method does not take into account the case deadrise. Next, an analysis will be made of how much the section modulus of hulls with different deadrise differs from the section modulus of the hull without deadrise. Based on the analysis of the coefficient of the profile  $u$ , in the formula  $W = \frac{u}{2} D \Omega$ , that includes the depth  $D$  and the area of cross section of ship  $\Omega$ , it can be assumed that the difference in value of the section modulus for deadrise hull and for non-deadrise hull is on average about 10% (Kanifolskyi, 2010), Figure 3. Taking into account this fact, the value of the relative section modulus of the deadrise steel hull taken for further calculations can be considered about  $\frac{W}{\Delta} = 0.00027 \text{ m}^3/\text{t}$ . To check the obtained values  $\frac{W}{\Delta}$ , it is possible to conduct an additional calculation. As noted above, the type of the balk, which corresponds to the equivalent girder of the hull of the vessel, in approximate calculations is the H-girder. Using the data (Barabanov, 1969) on the dependence of the weight of one meter of an H-girder on its section modulus and adopting various lengths of the beam, it is possible to get a value close to  $0.0003 \text{ m}^3/\text{t}$ , for a balk with length 64 m, Figure 5.

Using the obtained information about the value  $\frac{W}{\Delta}$ , it is possible to determine the relative length  $\frac{L}{\sqrt[3]{V}}$  of the steel vessel from the conditions of general strength

$$\sigma_a W \geq \frac{\Delta L}{k} n.$$

The values of the overload  $n$ , depending on the Froude numbers, in the speed range  $2 \leq Fr_V \leq 3$ , were analyzed in the article (Kanifolskyi, 2010) and the formula was proposed there

$$n = 0,3 Fr_V^2 = 0,3 \frac{v^2}{g \sqrt[3]{V}}.$$

After substituting the formula for overload  $n$  into the general strength condition  $\sigma_a W \geq \frac{\Delta L}{k} n$ , the inequality for relative length is

$$\sigma_a \frac{kgW}{0,3v^2\Delta} \geq \frac{L}{\sqrt[3]{V}} \quad (5)$$

The relative length  $\frac{L}{\sqrt[3]{V}}$  depends on the relative residual resistance  $\frac{R_v}{\Delta}$ . The relative total resistance of water  $\frac{R}{\Delta}$  is included in the simplified equation for the calculation of the energy efficiency design index  $EEDI = \frac{443,8R}{k_1 k_2 \eta \Delta}$  (Kanifolskyi, 2014). The way of obtaining this equation and the formula, showing the dependence of the relative residual resistance on the change in the relative length  $d(\frac{R_v}{\Delta})_2 = -5,03(\frac{L}{\sqrt[3]{V}})^{-2,99} d(\frac{L}{\sqrt[3]{V}})$ , at the Froude numbers  $Fr_v = 2$ , are described in (Kanifolskyi, 2014).

So, the opportunity to apply the presented formulas in practice, on the example of a real ship appeared.

For the calculation, the high-speed small vessel “Mangusta 110” was chosen, with length 30 m, width 7.2 m., speed 30 knots, weight displacement 135 tons,  $Fr_v = 2.2$ , the material of the hull is fiberglass. The overload of the vessel, in the example, (one of the cases of the used method) has a smaller value  $n = 0,3Fr_v^2 = 0,3 \frac{v^2}{g\sqrt[3]{V}} = 1.45$ , than  $n$  in the graphic solution, therefore, the assumption is made to the safe side.

The researcher can apply the materials, value  $n$  and the requirements of any rules chosen by him to solve the task in the proposed method.

The real value of the relative length of this vessel is  $\frac{L}{\sqrt[3]{V}} = 6$ . The maximum allowable value calculated by the formula (5) is  $\frac{L}{\sqrt[3]{V}} = 9$  (hull material and thickness were taken into account when calculating). If we assume that this value will be increased by one unit, will take the value  $\frac{L}{\sqrt[3]{V}} = 7$ , then the relative residual resistance will receive a decrease  $d(\frac{R_v}{\Delta})_2 = -5,03(\frac{L}{\sqrt[3]{V}})^{-2,99} d(\frac{L}{\sqrt[3]{V}}) = -0,025$ . The total resistance “Mangusta 110” is about  $R = 15.3$  tons.

Considering the fact that the residual resistance, at  $Fr_v = 2$ , is about 70% of the total resistance of bare hull, the overall decrease in relative total resistance  $\frac{dR}{\Delta}$  can be significantly reduced.

The influence of the relative length of the vessel on the residual resistance was considered in the article. This component of resistance has a dominant part in the total resistance in the transitional mode. According to the data (Basin & Anfimov, 1961) the residual resistance is about 70% of the total resistance, in this mode. Test data of a systematic series of models of boats are given in (Voitkunsky & Anfimov, 1985). From these data it follows that the average value of the residual resistance is about 65% of the total and depends on the load coefficient  $C_a = \frac{\Delta}{\gamma B^3}$  in the transitional mode. The friction resistance will also change after changing the relative length, but will have less impact on the total resistance, since the residual resistance is dominant.

To verify the assumptions made, the calculation of the components of the resistance for the vessel “Mangusta 110” and “Variant of the ship” was carried out, in Figure 6.

An increase in the relative length for “Variant of the ship” was achieved by increasing its length by 14% and reducing its block coefficient by the same value, displacement are unchanged. Light weight can be also reduced by the use of other materials, such as aluminium alloys. This approach involves the choice of the relative length of the vessel at an early stage of the project.

The values of relative residual resistance were taken from (Kanifolskyi, 2014), in Figure 7. To create this graph, data from a many of towing tanks were used.

Vessel characteristics	“Mangusta 110”	“Variant of the ship”	Difference, %
The relative length	6	7	14
The relative residual resistance $\frac{R_o}{\Delta}$ (Figure)	0.071	0.05	30
The change $d(\frac{R_o}{\Delta})$	-	-0.021	-
The residual resistance $R_o$	9.59	6.75	30
The friction resistance $R_f$ , t	4.65	4.57	2
The appendage resistance, t	1.0	0.79	20
The air resistance, t	0.04	0.04	0
The total resistance, t	15.3	12.2	20
The change $d(\frac{R_o}{\Delta})_2 = -5.03(\frac{L}{\sqrt[3]{V}})^{-2.99} d(\frac{L}{\sqrt[3]{V}})$	-	-0.025	-
The residual resistance in total resistance of bare hull, %	67	-	-

Fig. 6. The components of the resistance for the vessels.  
Source: Own elaboration

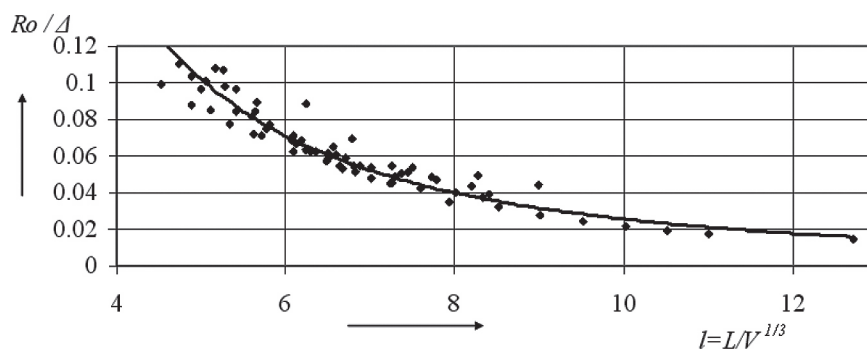


Fig. 7. The dependency of the relative residual resistance on relative length, at  $Fr_v = 2$ .  
Source: Own elaboration

An approximate formula for estimating the energy efficiency factor is  $EEDI = \frac{443.8R}{k_1 k_2 \eta \Delta}$ . Consequently, as a result of the performed operations, a significant, about 20%, reduction of carbon dioxide emissions into the atmosphere is possible.

## Conclusions

To solve the problem of determining the relative section modulus of an equivalent girder for a small vessel, the methods of structural mechanics and the theory ship design were applied: the equation of general strength, taking into account the overloads, and the method of preliminary calculation of the section modulus.

The joint solution of the above-mentioned equations gives the value of relative section modulus of a transitional mode small vessel equal 0.0003 m<sup>3</sup>/t. Taking into account the deadrise of the hull, a value of  $\frac{W}{\Delta} = 0.00027$  m<sup>3</sup>/t can be adopted. The data of the verification calculation of the relative section modulus, for the H-girder, confirmed the obtained results.

The maximum value of the relative length of a small high-speed vessel  $\frac{L}{\sqrt[3]{V}}$ , taking into account overloads and  $\frac{W}{\Delta}$ , can be found from inequality  $\sigma_{don} \frac{kgW}{0,3v^2\Delta} \geq \frac{L}{\sqrt[3]{V}}$ .

Increasing the value of the relative length of the vessel leads to a decrease in water resistance, which in turn positively reduces the value of the factor *EEDI* and therefore reduces carbon dioxide emissions into the atmosphere.

Combining the three qualities of a ship: the general strength, propulsion and energy efficiency presented in this article will help create safer and more energy efficient ships.

Indeed, IMO does not propose to apply the coefficient *EEDI* for high speed small vessels, but the attempt made in this article is a step in a new direction. Moreover, studies in this direction have been made by other authors (Chris van Hooren, 2014).

Improvement of existing technologies may lead to the appearance of new technologies. The software is based on algorithms. The creation of such algorithms is necessary for new programs or for "one digital" assessment of the project, at the beginning of making design decisions. The algorithm proposed in this article can be used to achieve such goals.

## LITERATURE

1. Теория и устройство судов внутреннего плавания / В. А. Лесюков. М.: Транспорт, 1982. 303 с.
2. Конструкция корпуса морских судов / Н.В. Барабанов. Л.: Судостроение, 1969. 696 с.
3. Дормидонтов Н.К., Калмычков А.П. О концепции "маломерное судно" внутреннего плавания. *Опыт проектирования и строительства, состояние и перспективы малотоннажного судостроения: научно-техническая конференция*. Москва, 1966.
4. Rules for Classification and Construction. Chapter 5. High Speed Craft. / Germanischer Lloyd: Gebrüder Braasch, 1996.

5. Kanifolskyi O.O. The relative length of small vessels coastal navigation in transitional mode. *Вісник національного університету кораблебудування*. 2010.
6. Rules and Regulations for the Classification of Ships of less than 65 m in length. Part II-B. Hull Structure. Chapter 13. Light highspeed ships. / Bureu Veritas: Imprimerie strasbourgeoise, 1990.
7. Канифольский А.О. Влияние угла килеватости днища на прочность и вес корпуса быстроходного судна. *Вісник ОНМУ*. 2010. № 30. С. 47-52.
8. Kanifolskyi O.O. EEDI (energy efficiency design index) for small ships of the transitional mode. *International Journal of Small Craft Technology*. 2014. Vol. 156, Part B1. doi: 10.3940/rina.ijst.2014.b1.152tn
9. Гидродинамика судна / А.М. Басин, В.Н. Анфимов. Л.: Речной транспорт, 1961. 684 с.
10. Справочник по теории корабля / под ред. Я. И. Войткунского. Л.: Судостроение, 1985. 544 с.
11. Chris van Hooren Will increasing regulations affect the demand for superyachts? *23rd International HISWA Symposium on Yacht Design and Yacht Construction*. Amsterdam, 2014.

#### REFERENCES

1. Lesyukov, V.A. *Theory and design of inland navigation vessels* [Теорія і устроїство судов внутреннього плавання]. М.: Транспорт, 1982. 303 p. [in Russian].
2. Barabanov, N.V. *The design of the hull of ships* [Конструкція корпусу морських судів]. Л.: Shipbuilding, 1969. 696 p. [in Russian].
3. Dormidontov, N.K., & Kalmychkov, A.P. (1966). On the concept of "small vessel" inland navigation [О концепції "маломерне судно" внутреннього плавання]. *Proceedings of the scientific-technical conference "Experience in designing and construction, state and prospects of low-tonnage shipbuilding"*. [in Russian].
4. Germanischer Lloyd. (1996). Rules for Classification and Construction. Chapter 5. High Speed Craft. Gebrüder Braasch.
5. Kanifolskyi, O.O. (2010). The relative length of small vessels coastal navigation in transitional mode. *National University of Shipbuilding named after Admiral Makarov*.
6. Bureu Veritas. (1990). Rules and Regulations for the Classification of Ships of less than 65 m in length. Part II-B. Hull Structure. Chapter 13. Light highspeed ships. Imprimerie strasbourgeoise.
7. Kanifolskyi, O.O. (2010). Influence of the bottom deadrise angle on the strength and weight of the hull of a high-speed vessel [Влиание угла килеватости днища на прочность и вес корпуса быстроходного судна]. *ONMU Bulletin*. 30, 47-52 [in Russian].

8. Kanifolskyi, O.O. (2014). EEDI (energy efficiency design index) for small ships of the transitional mode. *International Journal of Small Craft Technology*. Vol. 156, Part B1. doi: 10.3940/rina.ijst.2014.b1.152tn
9. Basin, A.M., & Anfimov, V.N. *Hydrodynamics of the vessel* [Gidrodinamika sudna]. L.: River transport, 1961. 684 p. [in Russian].
10. Voitkunsky, Y.I., & Anfimov, V.N. *Handbook of Ship Theory* [Spravochnik po teorii korablia]. L.: Shipbuilding, 1985. 544 p. [in Russian].
11. Chris van Hooren. (2014). Will increasing regulations affect the demand for superyachts? *23rd International HISWA Symposium on Yacht Design and Yacht Construction*.

## УПРАВЛІННЯ ЛОГІСТИЧНИМИ СИСТЕМАМИ І ПРОЕКТАМИ

УДК 339.168.6(477+510)

DOI: 10.33082/td.2019.2-5.02

### ТРАНЗИТНИЙ ПОТЕНЦІАЛ УКРАЇНИ В ТОРГОВІЙ І ТРАНСПОРТНІЙ ВЗАЄМОДІЇ З КНР

І.О. Лапкіна<sup>1</sup>, О.І. Лапкін<sup>2</sup>

<sup>1</sup>д.е.н., завідувач кафедри «Управління логістичними системами і проектами»,  
Одеський національний морський університет, Одеса, Україна,  
ORCID ID: 0000-0001-7468-8993, lapkina@ukr.net

<sup>2</sup>д.т.н., професор кафедри «Експлуатація флоту і технологія морських перевезень»,  
Одеський національний морський університет, Одеса, Україна

#### Анотація

**Вступ.** За підсумками 2019 року найбільшим торговим партнером України стала Китайська Народна Республіка (11,5%), на другому місці опинилася Російська Федерація (9,3%). Китайська Народна Республіка традиційно є стратегічним партнером України, а взаємна торгівля наших країн постійно зростає. За 11 місяців 2019 р. товарообіг між Україною і Китаєм зріс на 32,5%, при цьому експорт товарів з України в Китай склав 3,288 млрд дол. и зріс на 70,1% в порівнянні з відповідним періодом попереднього року, імпорт китайських товарів в Україну склав 8,395 млрд дол. и зріс на 21,9%. Таким чином, спостерігається торговий дефіцит в 5,107 млрд дол., значення якого перевищило величину за відповідний період 2018 р. **Мета.** У статті аналізуються перспективи участі України в ініціативі «Пояс і Шлях» в частині торговельної та транспортної співпраці між двома країнами. **Результати.** Розглянуто перспективи співробітництва України та КНР в торговій і транспортній взаємодії двох країн. Показано значення транзитного потенціалу України, можливості морського транспорту для забезпечення торгівлі між країнами «Поясу та Шляху», перевезень традиційних масових вантажів, а також готової продукції в контейнерах. **Висновки.** Ідея побудови нового глибоководного морського порту може сформулювати основу для подальшої організації найпотужнішої магістральної контейнерної лінії, що зв'язує Азію та Європу. У той же час з'явиться можливість організувати фідерне сполучення для подальшої доставки вантажів вже до існуючих терміналів з меншими прохідними глибинами. Звернення до цієї концепції в контексті сьогодення може мати значні економічні перспективи. Інвестування в такий мега-проект, з наступною довгостроковою орендою причалів, повинен супроводжуватися договірними угодами між сторонами з зобов'язаннями орієнтації потоків контейнерних вантажів в цьому напрямку.

**Ключові слова:** ініціатива «Пояс та Шлях», транзитний потенціал, морські порти, контейнерні перевезення.

UDC 339.168.6(477+510)

TRANSIT POTENTIAL OF UKRAINE  
IN TRADE AND TRANSPORT INTERACTION WITH PRC

I.O. Lapkina<sup>1</sup>, O.I. Lapkin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>DSc, Head of the Department «Logistics systems and projects management»,  
Odessa National Maritime University, Odessa, Ukraine,  
ORCID ID: 0000-0001-7468-8993, lapkina@ukr.net

<sup>2</sup>DSc, Professor of the Department «Fleet operation and shipping technology»,  
Odessa National Maritime University, Odessa, Ukraine

**Abstract**

**Introduction.** Cargo transportation from the PRC to the European part of the continent is mainly carried out by sea. More than 90% of cargo in this direction is transported with the participation of the maritime transport. Significant attention is paid to the maritime component of freight traffic within China's international initiative BRI – the Belt and Road Initiative. This is evidenced by the international joint projects “The Silk Road Economic Belt” and “The 21st Century Maritime Silk Road” proposed in 2013 by the President of the PRC Xi Jinping. **Purpose.** The attention is paid to the prospects for Ukraine's participation in the Belt and Road Initiative in terms of trade and transport interaction between the two countries. **Results.** Based on M. Porter's famous competition theory and Diamond Model, the competitive advantages of Ukraine, regarding its participation in the Belt and Way Initiative, as well as the factors of economic growth, were specified. The main factors include the geographical position of Ukraine, its natural resources, in particular, a favorable zone for agro-industrial production; climatic conditions, namely a long period of navigation along the rivers and almost year-round on the sea transport routes; a sufficient number of qualified personnel. Most of the country is located on the coast of the Black Sea and the Azov Sea; the length of its coastline is one of the longest in Europe. This contributed to the formation of a powerful port-industrial complex. In addition, the natural conditions and resources of Ukraine, in particular, flat terrain, temperate climate, the presence of fertile lands and minerals, contribute to intensive industrial and agricultural activities. The location of Ukraine at the crossroads of Euro-Asian transport routes allows it to act as a transit transport bridge between Europe and Asia. A short land route from China to the European Union runs through Ukraine. The advantages that shorten the delivery time are reflected in the pilot project of launching a new container train that will deliver goods from the PRC to Hungary, transiting through the territory of Ukraine. The approximate economic scale of projects involving economic development with the participation of China in dozens of countries is gigantic; it is up to \$ 21 trillion. Ukraine is considered as a partner for entering the European markets, and the Chinese side emphasizes the willingness to make significant investments in projects that are evaluated as mutually beneficial. Major infrastructure projects are of particular interest,

which can significantly affect the economic development of regions that gravitate to Chinese cargo flows. **Conclusions.** Considering the structure of Ukrainian exports to China in the context of mutual cooperation, Ukraine's interest is not only to maintain the position of agricultural products, wood raw materials and low-processed wood, but also to expand access to one of the world's largest component markets represented by Ukrainian finished food products, oil and fat, dairy products, industrial products with high added value. It is the stimulation of this component that can ensure the growth of domestic production, create new jobs and ensure revenues to the state budget and social funds.

**Key words:** "Belt and Road" initiative, transit potential, seaports, container transportation.

УДК 339.168.6(477+510)

### ТРАНЗИТНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ УКРАИНЫ В ТОРГОВОМ И ТРАНСПОРТНОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С КНР

И.А. Лапкина<sup>1</sup>, А.И. Лапкин<sup>2</sup>

<sup>1</sup>д.э.н., заведующий кафедрой «Управление логистическими системами и проектами»,  
Одесский национальный морской университет, Одесса, Украина,  
ORCID ID: 0000-0001-7468-8993, lapkina@ukr.net

<sup>2</sup>д.т.н., профессор кафедры «Эксплуатация флота и технология морских перевозок»,  
Одесский национальный морской университет, Одесса, Украина

#### **Аннотация**

**Введение.** По итогам 2019 года крупнейшим торговым партнером Украины стала Китайская Народная Республика (11,5%), на втором месте оказалась Российская Федерация (9,3%). Китайская Народная Республика традиционно является стратегическим партнером Украины, а взаимная торговля наших стран постоянно растет. За 11 месяцев 2019 года товарооборот между Украиной и Китаем вырос на 32,5%, при этом экспорт товаров из Украины в Китай составил 3,288 млрд долл. и вырос на 70,1% по сравнению с соответствующим периодом предыдущего года, импорт китайских товаров в Украину составил 8,395 млрд долл. и вырос на 21,9%. Таким образом, наблюдается торговый дефицит в 5,107 млрд долл., значение которого превысило величину за соответствующий период 2018 года. **Цель.** В статье анализируются перспективы участия Украины в инициативе «Пояс и Путь» в части торгового и транспортного сотрудничества между двумя странами. **Результаты.** Рассмотрены перспективы сотрудничества Украины и КНР в торговом и транспортном взаимодействии двух стран. Показано значение транзитного потенциала Украины, возможности морского транспорта для обеспечения торговли между странами «Пояса и Пути», перевозок традиционных массовых грузов, а также готовой продукции в контейнерах. **Выводы.** Идея строительства нового глубоководного морского порта может сформировать основу для дальнейшей организации мощной магистральной контейнерной линии, связывающей Азию и Европу. В то же время появится возможность организовать фидерные сообщения для дальнейшей

*доставки грузов уже существующими терминалами с меньшими проходными глубинами. Обращение к этой концепции в контексте сегодняшнего дня может иметь значительные экономические перспективы. Инвестирование в такой мега-проект, с последующей долгосрочной арендой причалов, должен сопровождаться договорными соглашениями между сторонами по обязательствам ориентации потоков контейнерных грузов в этом направлении.*

**Ключевые слова:** инициатива «Пояс и Путь», транзитный потенциал, морские порты, контейнерные перевозки.

## **Вступ**

За одинадцять місяців 2019 р. об'єм зовнішньої торгівлі України склав 101,3 млрд дол., що на 6,3% більш, ніж за відповідний період 2018 року. За підсумками цього періоду найбільшим торговим партнером стала Китайська Народна Республіка – 11,683 млрд дол. (11,5% загального об'єму). На другому місці опинилася Російська Федерація – 9,430 млрд дол. (9,3%), хоча ще за підсумками 2018 року ця країна займала перше місце [1].

Китайська Народна Республіка традиційно є стратегічним партнером України, а взаємна торгівля наших країн постійно зростає. За 11 місяців 2019 року товарообіг між Україною і Китаєм зріс на 32,5% [2], при цьому експорт товарів з України в Китай склав 3,288 млрд дол. і зріс на 70,1% в порівнянні з відповідним періодом попереднього року, імпорт китайських товарів в Україну склав 8,395 млрд дол. і зріс на 21,9%. Таким чином, спостерігається торговий дефіцит в 5,107 млрд дол., значення якого перевищило величину за відповідний період 2018 року.

## **Постановка проблеми**

Вантажні перевезення з Китаю в європейську частину материка переважно здійснюються морем. Більше 90% вантажів в цьому напрямку транспортується за участю морського транспорту, переваги якого – невисока ціна і велика провізна спроможність – це основа для підтримання цього безперечного лідерства в доступному для огляду майбутньому [3].

Морській складовій вантажних перевезень приділяється значна увага в рамках Міжнародної ініціативи Китаю BRI – Belt and Road Initiative (Ініціатива «Пояс і Шлях», яка раніш мала назву OBOR – One Belt – One Road, «Один пояс – один шлях»). Про це свідчать запропоновані в 2013 р. Головою КНР Си Цзиньпінем в Казахстані і в Індонезії міжнародні комбіновані проекти «Економічного Поясу Шовкового Шляху» і «Морського Шовкового Шляху XXI сторіччя».

8 листопада 2014 р., Голова КНР Сі Цзиньпін оголосив, що Китай буде інвестувати 40 млрд долл. в фонд Шовкового шляху. Цей фонд надасть фінансову допомогу країнам, що знаходяться вздовж «Поясу і Шляху» для будівництва інфраструктури, розвитку ресурсів, галузевого співробітництва тощо. Його відносини з іншими глобальними та регіональними банками багатостороннього освоєння характеризуються взаємним доповненням, а не взаємним виключенням. Фонд Шовкового шляху працюватиме відповідно до сучасних міжнародних фінансових

правил. Він буде не просто надавати економічну допомогу, а створюватиме нові великі можливості для розвитку різних країн через проекти з налагодження стосунків та взаємодії [4].

Орієнтування Китаю з 1978 р. на відкритість своєї економіки і використання нових зарубіжних технологій сприяло інтенсивному економічному зростанню [5, с.154.]. На 19-му з'їзді Комуністичної партії Китаю Генеральний секретар ЦК КПК, Голова Китайської Народної Республіки, Сі Цзіньпін відмітив, що Китай орієнтований на розширення відкритості та взаємодії. Спираючись на реалізацію ініціативи «Один пояс і один шлях», подальша увага приділяється як запозиченням ззовні, так і виходу зовні, формуванню архітектури відкритості, що відрізняється взаємодією сторін на суші та на морі, у Китаї та за кордоном, а також взаємної вигоди на Східному та Західному напрямках [6, с. 89].

**Ціль статті.** У цій статті наша увага звертається до перспектив участі України в ініціативі «Пояс і Шлях» в частині торговельної та транспортної співпраці між двома країнами.

### **Основний матеріал дослідження**

Базуючись на теорії конкуренції та «Diamond Model» М. Портера, конкретизуємо конкурентні переваги нашої країни щодо її участі в Ініціативі «Пояс і Шлях», а також фактори економічного росту. До основних чинників, передусім, слід віднести: географічне розташування України; її природні ресурси, зокрема, сприятливу зону для агропромислового виробництва; кліматичні умови, а саме, – тривалий період навігації по ріках і майже цілорічний на морських транспортних маршрутах; достатню кількість кваліфікованих кадрів.

Україна має вигідне економіко-географічне положення, яке виражається в її територіальному розташуванні на перехресті важливих транспортних маршрутів, що з'єднують країни Європи з країнами Західної та Центральної Азії. На думку експертів Європейської Комісії, територія України характеризується високим коефіцієнтом транзитності території, тобто має високий транзитний потенціал.

Більша частина країни розташована на узбережжі Чорного і Азовського морів, протяжність її берегової лінії є однією з найдовших в Європі. Це сприяло формуванню потужного портово-промислового комплексу. Крім того, природні умови та ресурси України, зокрема, рівнина місцевість, помірний клімат, наявність родючих земель і мінералів, сприяють інтенсивній промисловій та сільськогосподарській діяльності.

Територією України в своїй нижній течії (на 174-кілометровій ділянці) протікає річка Дунай. Дунай забезпечує зовнішньоекономічні зв'язки України через річковий транспорт з низкою країн Центральної та Південної Європи.

«Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року» [7] відзначає, що в Україні в Чорноморсько-Азовському басейні та дельті Дунаю налічується 13 морських портів, загальна потужність вантажопереробки яких складає більше 230 млн тонн на рік, а «Стратегія розвитку морських портів України на період до 2038 року» [8] передбачає створення переробних потужностей

в морських портах не менше 250 млн тонн вантажів на рік та забезпечення ефективного розвитку портової інфраструктури.

Визначено наступну спеціалізацію морських портів: нафта і нафтопродукти – Одеський порт; хімічні вантажі наливом – порт Південний, вантажі металургійної промисловості (залізна руда, вугілля, чорні метали) – порти Одеса, Чорноморськ, Маріуполь, Південний; зернові вантажі – порти Одеса, Чорноморськ, Миколаїв та Херсон; вантажі в контейнерах – порти Одеса і Чорноморськ.<sup>1</sup> Напрямки розвитку морських портів визначаються з урахуванням їх основних вантажопотоків та поточних ринкових умов.

Територією України пролягають 2714,5 кілометрів внутрішніх водних шляхів. Існує розгалужена мережа поромних сполучень, морських контейнерних ліній, що з'єднують Україну з країнами-партнерами в Чорноморському регіоні. Національна мережа доріг автомобільного сполучення становить 169652 кілометрів. Експлуатаційна мережа залізниць країни є однією з найбільших в Європі і досягає 20951,8 кілометрів, з яких 9926,4 кілометрів (47%) електрифіковані.

Розташування України на перехресті євро-азійських транспортних маршрутів дозволяє виконувати роль транзитного транспортного мосту між країнами Європи та Азії.

Територією України проходять міжнародні транспортні коридори: загальноєвропейські транспортні коридори № 3, 5, 7, 9, коридори Організації співробітництва залізниць № 3, 4, 5, 7, 8, 10, Транс-Європейська транспортна мережа (TEN-T), коридор «Європа – Кавказ – Азія», про що говориться в «Національній транспортній стратегії України на період до 2030 р.» Серед основних напрямків реалізації стратегії визначено створення конкурентоспроможної та ефективної транспортної системи, завдання нарощування перевезень контейнерів та інших вантажів через територію України, у тому числі в рамках розвитку транспортних маршрутів: країни ЄС – Китай («Новий Шовковий Шлях»), країни ЄС – Іран, Індія, країни ЄС – Туреччина та інші (принаймні 1 млн. TEU в 2025 р. і 2 млн. TEU в 2030 р.).

В історії незалежної України рекордні обсяги транзитних вантажів було оброблено в морських портах в 2007 р., коли спостерігалось активне зростання економіки, як в нашій країні, так і в сусідніх країнах. Вантажообіг морських портів того року склав 158 млн. т (для порівняння, в 2019 р. це значення – 160 млн. т), при цьому на транзит припадало 44% або 69,5 млн. т (в 2019 р. – 11 млн. т). У той час відбулося активне зростання російських зовнішньоторговельних потоків, з якими російські порти не впорювалися власними силами. У 2007 р. російський транзит склав 51,6 млн. т, тобто близько третини всього вантажообігу морських портів України. Однак, введення в експлуатацію нових перевантажувальних комплексів в Росії, ємність яких тільки в Чорноморсько-Азовському басейні дозволила здійснити перевалку 272,3 млн. т в 2018 р., призвело до значного скорочення транзитного руху через Україну [9, с. 18-20].

Таким чином, 2018 р. показав загальний обсяг транзиту через українські порти 10 221,37 тис. т або 86,6% порівняно з попереднім роком. Результати січня – грудня 2019 р. продемонстрували зростання обсягів транзиту на 7,9% відносно

---

<sup>1</sup> Вказано основні порти, відповідно до результатів роботи морських портів України за січень-грудень 2018 р. [12, с. 62-64]

попереднього року [10]. Беручи до уваги також значні обмеження, прийняті нашим найближчим сусідом щодо вантажу третіх країн (наприклад, Казахстану), можна сказати, що транзитний потенціал країни, а також можливості наших портів використовуються далеко не повною мірою.

Слід також зауважити, що через Україну пролягає найкоротший сухопутний маршрут з Китаю до Європейського Союзу, який в даний час заблокований на південному сході країни. Проте переваги скорочення тривалості доставки знайшли своє відображення в пілотному проєкті запуску нового контейнерного потягу для доставки вантажів з Китаю в Угорщину транзитом через Україну. Потяг здійснив свій перший тестовий рейс на маршруті Шеньсі (КНР) – Еперешке (Угорщина), в якому було перевезено 41 сорокафутовий контейнер споживчих товарів. Час перевезення склав 14 днів від дати відправлення з Шеньсі 27 березня 2019 р. до прибуття в пункт призначення в Угорщині 7 квітня.

Новий маршрут проходить через прикордонні переходи Алашанькоу (Китай) – Достік (Казахстан), Суземка (РФ) – Зернове (Україна), Батьово (Україна) – Еперешке (Угорщина). Транспортні оператори, які організували рух потягу, стверджують про нього, як про відкриття нового транзитного «Південного коридору» з Китаю до Угорщини з можливістю доставляти товари в Австрію, Німеччину, Польщу, Румунію, Італію, Туреччину та інші країни Південної Європи. Приводом для старту нового маршруту стало скупчення головного прикордонного перетину Брест – Малашевич через великий обсяг вантажопотоків з Білорусії і Калінінграду, а також періодичність ремонтних робіт на прикордонному перетині. Даний сервіс планується здійснювати на регулярній, щотижневій основі [11].

Прогнозований економічний масштаб проєктів, що передбачають економічний розвиток за участю Китаю в десятках країн, є гігантським – до 21 трлн дол. У тому числі передбачені масштабні проєкти з розвитку транспортної інфраструктури нашої країни [12, с.28]. Україна розглядається як партнер для виходу на європейські ринки, причому китайською стороною підкреслюється готовність вкладати значні інвестиції в проєкти, які оцінюються як взаємовигідні. Особливий інтерес становлять великі інфраструктурні проєкти, які можуть суттєво вплинути на економічний розвиток регіонів, що тягнуть до шляхів пересування китайських вантажопотоків.

КНР планує розширювати інвестиції і продовжувати розробляти спільні проєкти, як у сфері переробки сировини, так і виробництва готової продукції, а також надання логістичних послуг. Про це було оголошено на міжнародній виставці АГРО – 2019 радником з торгово-економічних питань у посольстві Китаю в Україні. Було відзначено, що «без значних зусиль обох країн у напрямку співпраці, не було б реалізовано стільки серійних проєктів, як у межах «Поясу і Шляху», була проведена значна робота представниками держав». Також було підкреслено, що Китай продовжуватиме розширювати власний імпорт, який стимулює торговельні відносини в усьому світі. Сумарні інвестиції Китаю в українські проєкти вже склали 7 млрд дол. [13].

До числа таких проєктів, пов'язаних з морською транспортною галуззю, відносяться поглиблювальні роботи в портах Південний та Чорноморськ; розвиток зернового терміналу в порту Миколаїв, який є лідером переробки хлібних

вантажів, з показником перевалювання зерна за 2019 р. 16255,5 т.т або 123,4% відносно попереднього року.

Хлібні вантажі складають провідну частку загальної вантажопереробки морських портів України (34,1%). В минулому році було перероблено 54618,61 т.т, що склало 132% в порівнянні з результатами 2018 р. [10].

Саме хлібні вантажі займають друге місце в частковому розподілі українського експорту до КНР. За даними української статистики в структурі українського експорту до Китаю домінують поставки руди, шлаків і золи – 34,9%; зерна – 25,3%; жирів та олії – 19,8%; відходів харчової промисловості – 5,5 % [14].

Україна посідає перше місце за обсягом поставок кукурудзи до КНР. Однак, доходи від продажу постійно і стрімко падають, навіть незважаючи на те, що прямих конкурентів на китайському ринку мало. Крім США, кукурудза також поставляється тільки з Лаосу і М'янми, обсяг поставок яких в останні роки характеризується динамічним зростанням.

Менше в Китай Україна експортує ячменя. За об'ємами поставок, наша країна знаходиться на третьому місці, однак, основна частина майже в рівних частках представлена продуктом з Австралії та Канади, на який останнім часом припадає майже 90% всього імпорту [15].

Слід зазначити, що поставки пшениці з України в Китай взагалі відсутні. Вони майже повністю надаються Австралією, Сполученими Штатами та Канадою. З урахуванням простіших і дешевших ланцюгів поставок, до них активно намагаються приєднатися сусідні з Китаєм Казахстан і РФ.

Китай є великим імпортером сої, однак в імпорті цієї культури Україна представлена невеликими обсягами. Основні вантажопотоки сої прямують в Китай з Бразилії та США, з 2 до 6% китайського імпорту сої пов'язані з Канадою, Уругваєм та Аргентиною. На китайському ринку таких поставок Україна в десятки разів поступається далекосхідним конкурентам з РФ. У цьому сегменті, в результаті інвестиційної і торговельно-економічної діяльності Китаю в Африці, все більш помітною стає Ефіопія.

Україна твердо займає лідируючі позиції в китайському імпорті соняшникової олії. Якщо в Індію Україна експортує соняшникову олію наливом, то Китай – це досить великий покупець фасованої олії, що свідчить про більш високу купівельну спроможність.

КНР збільшить імпорт рослинних олій з 10,2 млн т до 11,3 млн т в майбутньому сезоні. Викликано це зростаючими потребами харчової промисловості та сектора громадського харчування. Причому, промисловість використовує переважно пальмову олію, населення застосовує рапсову і соєву. Соняшникова олія, також як і оливкова, і кукурудзяна – зростаючий сегмент.

Нарощування Китаю імпорту рослинних олій стане наслідком зменшення внутрішньої переробки сої і необхідністю диверсифікації постачальників даної продукції [16].

У 2018-2019 маркетинговому році відзначаються рекордні темпи експорту в Китай українського соняшникового шроту [17]. Згідно з даними Держстату України, за підсумками 11 місяців (вересень-липень) КНР імпортувала майже 1 млн. т. проти 155 тис. т. у попередньому сезоні (2017-2018 маркетинговий рік)

і стала, таким чином, його основним покупцем з часткою в 21% в загальній структурі українського експорту. У даному сегменті Україна слідує за поставками зі Сполучених Штатів і далекосхідних регіонів Росії. Лідером на цьому ринку залишається Бразилія з більш ніж 50% від загального об'єму імпорту, що надходить з цієї країни [18].

Китай став провідним напрямком перевезень українського соняшникового шроту. За підсумками двох з половиною місяців сезону 2018-2019 р., в цьому напрямку було поставлено близько 170 т. шроту, що значно перевершує експорт до Франції, Білорусі, Нідерландів і Польщі. Експерти прогнозують подальше збільшення імпорту шроту з соняшнику до Китаю [19].

Загальна вартість імпорту молочних продуктів до Китаю оцінюється в 5 млрд. дол. Україна бере участь у цьому сегменті лише своїм експортом сухої сироватки. У нашій країні відсутній експорт до Китаю інших популярних молочних продуктів, таких як сухе та згущене молоко, вершкове масло, сири. У той же час, українські виробники цих виробів добре представлені на ринках інших країн. Відносно поставок сухої сироватки в Китай, слід зазначити, що їх обсяги в останні роки активно зростають: 0,5 млн дол. в 2015 р., 2,3 млн дол. в 2016 р. і 12,5 млн дол. в 2017 р. Відповідно до цих показників, наша країна обійшла або тісно співіснує з такими традиційними експортерами молочної продукції, як Білорусь, Австрія, Данія, Нова Зеландія і Фінляндія. Однак наявність у молочному сегменті тільки одного продукту – сухої сироватки, і все ще скромна частка, яку вона представляє, – близько 2%, говорить про невикористані можливості українських виробників вийти на китайський молочний ринок. З постійними лідерськими позиціями тут представлені Франція, Нідерланди, Німеччина, Польща.

Експорт продукції української деревообробної промисловості до Китаю в останні роки стрімко зростає. Переважно експортується лісопильна сировина з низьким ступенем обробки. Зокрема, в останні роки виріс експорт в Китай розпиленої деревини та шпону, водночас обсяг поставок необробленої деревини зменшився [18].

Зважаючи на структуру українського експорту до КНР в контексті взаємного співробітництва, інтересом для України стає не тільки збереження позицій сільськогосподарської продукції, деревної сировини та майже обробленої деревини, а й розширення доступу вітчизняних виробників до складових одного з найбільших у світі ринків готової харчової продукції (борошно, макарони), масложирової, молочної продукції, промислових виробів з високою доданою вартістю. Саме стимуляція цього компонента може забезпечити ріст вітчизняного виробництва, створювати нові робочі місця, забезпечувати надходження коштів у державний бюджет та соціальні фонди.

Більшість товарів, які є закінченою продукцією при перевезенні відносяться до категорії контейнерних вантажів. Контейнерні вантажі є одними з п'яти ключових вантажів, що перевалюються в портах України і демонструють найвищу динаміку зростання. Їхня частка у загальному обороті портів у 2018 р. зросла до 8,1% проти 5,9% попереднього року, а в 2019 р. склала 7,9%. Всього в 2019 р. було оброблено 12,705 млн. т вантажу в контейнерах або 1,007 млн. TEU.

Понад шістьсот тисяч контейнерів, що складає майже 64,5% українського контейнерного обігу, обробляється в Одеському порту (549 458 TEU), 21,7% – у порту Південний (218 661 TEU), 13,8% – у порту Чорноморськ, (за даними з урахуванням результатів роботи Чорноморського рибного порту – 139 154 TEU). До 2016 р. два порти – Чорноморськ та Маріуполь – активно працювали з контейнерними вантажами. Контейнерний термінал порту Чорноморськ, який має потужність 850 тис. TEU, припинив обробку контейнерів, перефокусуючи термінал на інші вантажі. Маріупольський порт перестав приймати контейнерні судна через конфлікт на сході країни.

За останні роки глобальний контейнерний ринок зазнав значних змін, як у структурі контейнерних ліній, так і в складі лінійних альянсів. У 2016 р. китайські компанії COSCO і China Shipping об'єдналися в єдину корпорацію COSCO Shipping. У тому ж році французька компанія SMA CGM поглинула лінію APL. У травні 2017 р. було завершено злиття Harapag-Lloyd і UASC. Крім того, в 2017 р. датська компанія Maersk Line повністю поглинула Hamburg-Süd. У 2018 р. хвиля злиття і поглинань тривала. COSCO Shipping завершила узгодження про поглинання лінії OOCL, зберігаючи можливість для останньої працювати під своїм власним брендом.

У прагненні скоротити витрати в умовах підвищеної конкуренції, перевізники встановили три альянси, які зараз домінують на світовому ринку, – 2М (Maersk Line, MSC), Ocean Alliance (COSCO, CMA CGM, Evergreen, OOCL) The Alliance (ONE, Harapag-Lloyd, Yang Ming). Якщо п'ять років тому на 10 найбільших судноплавних компаній припадало на 68% світових контейнерних перевезень, то в 2018 р. – вже порядку 80%.

В Україні учасниками цих глобальних альянсів перевозяться 82% всіх контейнерів, що проходять через вітчизняні порти. Як зазначалося вище, у 2019 р. кількість контейнерів, що пройшли через морські термінали України, склала 1007434 TEU. Український ринок залишається привабливим для більшості світових контейнерних перевізників. Свої перевезення через українські порти організували 17 судноплавних компаній. При цьому, до Одеського морського порту суднозаходи здійснювали всі 17 компаній, до Чорноморського рибного порту – 2 компанії (Maersk Line і MSC), до порту Південний – тільки Maersk Line.

До портів України здійснюють суднозаходи наступні магістральні лінії:

- 1) Bosphorus Express Service (BEX) – щотижневий сервіс альянсу Ocean Alliance, з суднозаходом в Одеський порт. В цілому на лінії задіяно десять суден, п'ять з яких мають місткість приблизно 10000 TEU. Ними оперує CGM SMA. Відповідно, іншими суднами, місткістю близько 9600 TEU кожне, оперує COSCO;
- 2) ZIM Med Pacific (ZMP) – щотижневий сервіс компанії ZIM з портів Далекого Сходу з заходом до Одеси. На лінії працюють чотири судна місткістю по 5000 TEU;
- 3) ECUMED – щотижневий сервіс Maersk Line з Латинської Америки з заходом до акваторії порту Південний. На лінії працюють десять суден місткістю 3100 TEU кожне;
- 4) Middle East (ME3) – щотижневий сервіс компанії Maersk Line, який з'єднує українські порти з країнами Близького Сходу. Судна Maersk Line заходили до Одеського та Чорноморського рибного портів. Однак з 2018 р. лінія зазнала змін у ротації портів. Відповідно до планів розвитку бізнесу та оптимізації

суднозаходів, було прийняте рішення про перехід для обслуговування з Одеського порту до порту Південний. На лінії працюють вісім суден місткістю в 6800 TEU.

У 2018 р. в Україну зайшов новий перевізник ONE (Ocean Network Express), представлений трьома об'єднаними японськими лініями – 'K' Line, MOL и NYK. З квітня 2018 р. він ввів два океанських сервіси з заходами в порти Пірей і Стамбул, звідки вже фідерними лініями контейнери доставляються в Одеський порт. У квітні 2018 р. COSCO Shipping Lines вирішила закрити щотижневу фідерну лінію з Єгипту з заходом в Одеський порт, яка проіснувала всього півроку. З 2018 р. CMA CGM була закрита фідерна лінія з Північної Африки – BS MedExpress 1 також з заходами до Одеського порту [12, с. 46-48].

Таким чином, в порти України здійснюють заходи судна чотирьох магістральних, а також фідерних ліній.

Сучасні контейнеровози місткістю 15000–20000 TEU мають осадку більше 15 м. Глибоководних портів, що дозволяють приймати такі судна, в Україні на нинішній стан не існує. До цих показників наближається найглибоководніший і новітній контейнерний термінал в порту Південний – «ТІС КТ» з глибиною 15 м [20]. В Одеському порту допускається осадка суден на терміналі «Бруклін-Київ» – до 13 м; на «Контейнерному терміналі Одеса» («КТО») – 11,5–12 м [21]; у Чорноморському рибному порту глибина біля причалів – до 12,2–14 м [22].

Більш ніж півтора десятиліття тому (16 червня 2004 р.) Постановою Верховної Ради Автономної Республіки Крим «Про затвердження концепції будівництва Кримського морського транспортно-промислового комплексу «Донузлав»» [23] були визначені перспективи будівництва нового морського порту поблизу Євпаторії в глибоководній гавані озера Донузлав, і створення на його основі транспортного і промислового комплексу. Відмічене, що озеро Донузлав є однією з кращих природних гаваней на Чорноморському узбережжі України, придатною для створення глибоководного морського порту.

Наявність необмежених вільних територій у регіоні озера та робочої сили в суміжних населених пунктах з готовою соціальною інфраструктурою, що залишається без використання після ліквідації Кримської військово-морської бази Чорноморського флоту, дозволяло створити багатопрофільний транспортно-промисловий комплекс на базі морського порту. Виконання передпроектних робіт та результати попередніх узгоджень пропозицій щодо створення Кримського морського транспортно-промислового комплексу (КМТПК) «Донузлав» з місцевими органами влади, органами виконавчої влади Автономної Республіки Крим, Міністерством оборони України надавали підстави для з'ясування технічної здійсненості та економічної доцільності будівництва.

КМТПК «Донузлав» планувалося розташувати в північній частині озера, яке знаходиться в степовому районі західної частини півострова Крим і прилягає до Чорного моря. Від моря озеро відділене піщаним курганом від 300 м до 1000 м завширшки, в якому викопаний судноплавний канал. Довжина озера близько 30 км, найбільша ширина в гирлі становить близько 4 км, а максимальна глибина по фарватеру досягає 25 м.

У 2013 р., китайською стороною були проявлені наміри щодо інвестування близько 3 млрд. дол. в будівництво глибоководного морського порту в Донузлаві

[12, с. 28]. Очікувалося, що потужність порту мала складати до 100 млн. т на рік. Однак, спочатку стримуючим чинником реалізації такого проекту став слабкий розвиток транспортної інфраструктури, відсутність відділень залізниці, а потім відомі політичні події.

### Висновки

Ідея побудови нового глибоководного морського порту може сформувати основу для подальшої організації найпотужнішої магістральної контейнерної лінії, що зв'яже Азію та Європу. У той же час з'явиться можливість організувати фідерне сполучення для подальшої доставки вантажів вже до існуючих терміналів з меншими прохідними глибинами.

Звернення до цієї концепції в контексті сьогодення може мати значні економічні перспективи. Інвестування в такий мега-проект, з наступною довгостроковою орендою причалів, повинен супроводжуватися договірними угодами між сторонами з зобов'язаннями орієнтації потоків контейнерних вантажів в цьому напрямку.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Державна служба статистики України. URL: [http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2019/zd/ztt/ztt\\_u/ztt1119\\_u.htm](http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2019/zd/ztt/ztt_u/ztt1119_u.htm) (дата звернення 20.10.2019).
2. Товарообіг України та КНР за 11 місяців 2019 року. URL: <https://mind.ua/news/20207275-tovaroobig-ukrayini-ta-knr-za-11-misyaciv-2019-roku-zris-na-32> (дата звернення 20.10.2019).
3. Лапкін О.І., Бондар А.В. Основи зовнішньоекономічних зв'язків: навчальний посібник. Одеса: ОНМУ, 2016. 128 с.
4. Ключевые слова Китая. Пекин, 2016. 247 с.
5. New Paradigm for Interpreting the Chinese Economy: Theories, Challenges and Opportunities / Justin Lin Yifu. Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2014. 202 p.
6. Extracts from the report to the 19<sup>th</sup> National Congress of the Communist Party of China. Beijing: Foreign Languages Press Co. Ltd, 2018. 136 p.
7. Про схвалення Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-%D1%80> (дата звернення 20.10.2019).
8. Про затвердження Стратегії розвитку морських портів України на період до 2038 року. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/548-2013-%D1%80> (дата звернення 20.10.2019).
9. Порты Украины. № 4 (186), 2019.
10. Адміністрація морських портів України. Показники роботи. URL: <http://www.uspa.gov.ua/ru/pokazateli-raboty> (дата звернення 20.10.2019).
11. Через Україну здійснив тестовий рейс поїзд Китай – Угорщина

- (південний транзитний коридор КНР – Угорщина). URL: <http://china-ukraine.info/uk/through-ukraine-a-test-flight-from-the-prc-to-hungary-was-conducted> (дата звернення 20.10.2019).
12. Порты Украины. № 2 (184), 2019.
  13. Китай збільшить інвестиції в переробку та логістику України. URL: <http://agroportal.ua/news/eksklyuzivnyy-kitai-uvelichit-investitsii-v-pererobku-i-logistiku-ukrainy> (дата звернення 20.10.2019).
  14. Посольство України в Китайській народній республіці та в Монголії. URL: <http://china.old.mfa.gov.ua/ua/ukraine-cn/trade> (дата звернення 20.10.2019).
  15. Китай збільшив експорт ячменю з України на 163%. URL: [http://china-ukraine.info/uk/kitay-zbilshyv-import-yachmenyu-z-ukrain%20\(дата%20звернення%2020.10.2019](http://china-ukraine.info/uk/kitay-zbilshyv-import-yachmenyu-z-ukrain%20(дата%20звернення%2020.10.2019)
  16. Экспорт украинского подсолнечного масла в морских контейнерах в 2018/2019 году. URL: <https://star-shine-shipping.com/blog/stati/eksport-ukrainskogo-podsolnechnogo-masla-v-morskikh-kontejnerakh-v-2018-19-mg.html> (дата звернення 20.10.2019).
  17. В 2018/2019 году Китай стал основным импортером украинского подсолнечного шрота. URL: [http://www.expert-agro.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=54413:v-201819-mg-kitay-stal-osnovnym-importerom-ukrainskogo-podsolnechnogo-shrota&catid=20:2010-01-28-21-26-51&directory=76](http://www.expert-agro.com/index.php?option=com_content&view=article&id=54413:v-201819-mg-kitay-stal-osnovnym-importerom-ukrainskogo-podsolnechnogo-shrota&catid=20:2010-01-28-21-26-51&directory=76) (дата звернення 20.10.2019).
  18. Тиждень.ua. URL: <https://tyzhden.ua/Economics/221039> (дата звернення 20.10.2019).
  19. Китай став найбільшим імпортером українського соняшникового шроту. URL: <https://uprom.info/news/agro/kitay-stav-naybilshim-importerom-ukrayinskogo-sonyashnikovogo-shrotu> (дата звернення 20.10.2019).
  20. ТІС.ua. URL: [http://www.tis.ua/main\\_ru.html](http://www.tis.ua/main_ru.html) (дата звернення 20.10.2019).
  21. Морський порт Одеса. URL: <http://www.sifservice.com/index.php/informatsiya/porty-ukrainy/morskie-porty/item/27-odessa-morskoj-port> (дата звернення 20.10.2019).
  22. Чорноморський рибний порт. Контейнерний термінал. URL: <http://www.imrp.com.ua/ru/konteynerniy-terminal> (дата звернення 20.10.2019).
  23. Об утверждении Концепции строительства Крымского морского транспортно-промышленного комплекса «Донузлав». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/krym/show/rb0997002-04> (дата звернення 20.10.2019).

## REFERENCES

1. State Statistics Service of Ukraine. Archiv [Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy. Arkhiv.]. Retrieved from [http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2019/zd/ztt/ztt\\_u/ztt1119\\_u.htm](http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2019/zd/ztt/ztt_u/ztt1119_u.htm) [in Ukrainian].

2. Commodity exchange of Ukraine and China for 11 months of 2019 [Товарообіг України та КНР за 11 місяців 2019 року]. Retrieved from <https://mind.ua/news/20207275-tovaroobig-ukrayini-ta-knr-za-11-misyaciv-2019-roku-zris-na-32> [in Ukrainian].
3. Lapkin, O.I., & Bondar, A.V. (2016). *Fundamentals of foreign economic relations* [Osnovy zovnishnoekonomichnykh zviazkiv]. Odesa: ONMU. 128 p. [in Ukrainian].
4. Key words of China. (2016). Beijing: Xin Shijie Publishing House. 247 p.
5. Justin Lin Yifu. (2014). *New Paradigm for Interpreting the Chinese Economy: Theories, Challenges and Opportunities*. Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd. 202 p.
6. Extracts from the report to the 19<sup>th</sup> National Congress of the Communist Party of China. (2018). Beijing: Foreign Languages Press Co. Ltd. 136 p.
7. On approval of the National Transport Strategy of Ukraine until 2030 [Pro skhvalennia Natsionalnoi transportnoi stratehii Ukrainy na period do 2030 roku]. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-%D1%80> [in Ukrainian].
8. On approval of the Strategy of seaports development of Ukraine for the period up to 2038 [Pro zatverdzhennia Stratehii rozvytku morskyykh portiv Ukrainy na period do 2038 roku]. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/548-2013-%D1%80> [in Ukrainian].
9. Ports of Ukraine [Porty Ukrainy] № 4(186), May 2019 [in Russian].
10. Administration of seaports of Ukraine. Performance indicators [Administratsiia morskyykh portiv Ukrainy. Pokaznyky roboty]. Retrieved from <http://www.uspa.gov.ua/pokazniki-roboti> [in Ukrainian].
11. Tested China-Hungary train through Ukraine (China's southern transit corridor to Hungary) [Через Україну здійснив тестовий рейс поїзд Китай – Угорщина (південний транзитний коридор КНР – Угорщина)]. Retrieved from <http://china-ukraine.info/uk/through-ukraine-a-test-flight-from-the-prc-to-hungary-was-conducted> [in Ukrainian].
12. Ports of Ukraine [Porty Ukrainy]. №2 (184), March 2019 [in Russian].
13. China will increase investment in processing and logistics of Ukraine [Китай збільшить інвестиції в переробку та логістику України]. Retrieved from <http://agroportal.ua/news/eksklyuzivnyy-kitai-uvelichit-investitsii-v-pererabotku-i-logistiku-ukrainy> [in Ukrainian].
14. Embassy of Ukraine in the People's Republic of China and Mongolia [Posolstvo Ukrainy v Kytaiskii narodnii respublitsi ta v Monholii]. Retrieved from <http://china.old.mfa.gov.ua/ua/ukraine-cn/trade> [in Ukrainian].
15. China Increases Barley Exports from Ukraine by 163% [Kytai zbilshyv eksport yachmeniu z Ukrainy na 163%]. Retrieved from [http://china-ukraine.info/uk/kitai-zbilshyv-impport-yachmeniu-z-ukrain%20\(data%20zverнення%2020.10.2019](http://china-ukraine.info/uk/kitai-zbilshyv-impport-yachmeniu-z-ukrain%20(data%20zverнення%2020.10.2019)
16. Export of Ukrainian sunflower oil in sea containers in 2018/2019 [Eksport ukrainskogo podsolnechnogo masla v morskikh

- konteinerakh v 2018/2019 godu]. Retrieved from <https://star-shine-shipping.com/blog/stati/eksport-ukrainskogo-podsolnechnogo-masla-v-morskikh-kontejnerakh-v-2018-19-mg.html> [in Russian].
17. In 2018/2019, China became the main importer of Ukrainian sunflower meal [V 2018/2019 godu Kitai stal osnovnym importerom ukrainskogo podsolnechnogo shrota]. Retrieved from [http://www.expert-agro.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=54413:v-201819-mg-kitay-stal-osnovnym-importerom-ukrainskogo-podsolnechnogo-shrota&catid=20:2010-01-28-21-26-51&directory=760](http://www.expert-agro.com/index.php?option=com_content&view=article&id=54413:v-201819-mg-kitay-stal-osnovnym-importerom-ukrainskogo-podsolnechnogo-shrota&catid=20:2010-01-28-21-26-51&directory=760)) [in Russian].
  18. Retrieved from <https://tyzhden.ua/Economics/221039> [in Ukrainian].
  19. China has become the largest importer of Ukrainian sunflower meal [Kytai stav naibilshym importerom ukrainskoho soniashnykovoho shrotu]. Retrieved from <https://uprom.info/news/agro/kitay-stav-naybilshim-importerom-ukrayinskogo-sonyashnikovogo-shrotu> [in Ukrainian].
  20. Retrieved from [http://www.tis.ua/main\\_ru.html](http://www.tis.ua/main_ru.html) [in Ukrainian].
  21. Seaport Odessa [Morskyi port Odesa]. Retrieved from <http://www.sifservice.com/index.php/informatsiya/porty-ukrainy/morskie-porty/item/27-odessa-morskoy-port> [in Ukrainian].
  22. Black Sea fishing port. Container terminal [Chornomorskyi rybnyi port. Konteinernyi terminal]. Retrieved from <http://www.imrp.com.ua/ru/konteynerniy-terminal> [in Ukrainian].
  23. On approval of the Concept of construction of the Crimean Maritime Transport and Industrial Complex «Donuzlav» [Ob utverzhdenii Kontseptcii stroitelstva Krymskogo morskogo transportno-promyshlennogo kompleksa «Donuzlav»]. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/krym/show/rb0997002-04> [in Russian].

**RISK-ORIENTED SAFETY MANAGEMENT STRATEGY  
ON INLAND WATERWAYS OF UKRAINE**

**A.V. Shakhov<sup>1</sup>, O.I. Rossomakha<sup>2</sup>, O.I. Sherstyuk<sup>3</sup>, O.A. Rossomakha<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> DSc, Vice-rector,

*Odessa National Maritime University, Odessa, Ukraine,  
ORCID ID: 0000-0003-0142-7594, avshakhov@ukr.net*

<sup>2</sup> Assistant of the Department «Ship maintenance and repair»,  
*Odessa National Maritime University, Odessa, Ukraine,  
ORCID ID: 0000-0002-4425-2192, eirossomakha@gmail.com*

<sup>3</sup> PhD, Senior Lecturer of the Department «Professional English»,  
*Odessa National Maritime University, Odessa, Ukraine,  
ORCID ID: 0000-0002-0482-2656, olusha972@gmail.com*

<sup>4</sup> Senior Lecturer of the Department "Marine Power Plants and Technical Operation",  
*Odessa National Maritime University, Odessa, Ukraine,  
ORCID ID: 0000-0002-0230-9453, roleg.post@gmail.com*

**Abstract**

**Introduction.** Over the past 20 years, the cargo flow by river in Ukraine has a 6–7 times decrease, although the volume of traffic has recently tended to increase. According to the results of 2018, it amounted to only 10 million tons, and passenger traffic was reduced to almost zero. It is known that the traditional approach to safety is based on the categorical imperative: to ensure "absolute" safety and to prevent any accidents. As practice shows, such a concept is not adequate to the real situation. The modern world rejected the concept of "absolute" safety, in view of the impossibility of achieving it, and came up with the concept of acceptable (admissible) risk. Large financial resources spent on improving the safety of technical systems reduce the amount of funds allocated for the purchase of personal protective equipment, medical care, wages, etc. In this case, the social sphere of production can be significantly damaged. Safety of inland navigation can be defined as the property to implement production processes without consequences, and in case of emergencies to be able to restore the parameters or normal functioning of production processes carried out at this facility. **Purpose.** The aim of the research is to develop the theoretical foundations of the safety navigation management strategy on inland waterways based on the concept of acceptable risk. **Results.** In [6], the model of the safety management process for the production processes of inland navigation is proposed, the conceptual difference of which from the traditional one is the joint participation of all stakeholders in the management at all project phases. The condition for the project initiation should be considered as the condition under which the project budget is less than reducing the risk of an emergency as a result of the implementation of this project. The overall mission of such a program can be formulated as follows: ensuring the use of such a level of experts in safety, the use of such organizational and technological schemes, such a state of

*inland navigation infrastructure facilities, in which the risk of an emergency as a result of any technological process does not exceed an acceptable level. It is known that there are three classification methods: hierarchical, facet and descriptor [34]. Obviously, due to the specifics of the problem being solved, the facet method is of the greatest value. The facet classification method assumes that the initial set of objects is divided into subsets of groupings according to the classification criteria, that is, facets, which are independent of each other. A facet is a set of values for an individual classification criterion; all facets are mutually independent. **Conclusions.** The peculiarity of the proposed model is that it simultaneously initiates and implements many safety projects. Therefore, a portfolio of projects for ensuring the inland navigation infrastructure safety, that is, a set of projects or programs combined together to effectively manage them, achieve goals and fulfill safety requirements, should be considered. This portfolio should be continuously reviewed and constantly re-planned at various decision-making levels. Decision-making on the expediency of including a group of projects in the portfolio is carried out at the stage of project re-evaluation and if the corresponding decision is made, then the next selection of projects for ranking is initiated.*

**Key words:** waterways, navigation safety management, acceptable risk, faceted risk assessment method.

УДК 656.62

#### РИЗИКО-ОРІЄНТОВНА СТРАТЕГІЯ УПРАВЛІННЯ БЕЗПЕКОЮ СУДНОПЛАВСТВА НА ВНУТРІШНІХ ВОДНИХ ШЛЯХАХ УКРАЇНИ

А.В. Шахов<sup>1</sup>, О.І. Россомаха<sup>2</sup>, О.І. Шерстюк<sup>3</sup>, О.А. Россомаха<sup>4</sup>

<sup>1</sup> д.т.н., проректор,

Одеський національний морський університет, Одеса, Україна,  
ORCID ID: 0000-0003-0142-7594, avshakhov@ukr.net

<sup>2</sup> асистент кафедри «Технічне обслуговування і ремонт суден»,  
Одеський національний морський університет, Одеса, Україна,  
ORCID ID: 0000-0002-4425-2192, eirossomakha@gmail.com

<sup>3</sup> к.т.н., старший викладач кафедри «Професійна англійська мова»,  
Одеський національний морський університет, Одеса, Україна,  
ORCID ID: 0000-0002-0482-2656, olusha972@gmail.com

<sup>4</sup> старший викладач кафедри «Суднові енергетичні установки та технічна експлуатація»,  
Одеський національний морський університет, Одеса, Україна,  
ORCID ID: 0000-0002-0230-9453, roleg.post@gmail.com

#### Анотація

**Введення.** За минулі 20 років вантажопотік річковим транспортом в Україні скоротився в 6-7 разів, хоча обсяг перевезень останнім часом має тенденцію до зростання. За результатами 2018 року він склав всього 10 млн тон, а пасажирські перевезення зведені майже до нуля. Відомо, що традиційний підхід до безпеки базується на категоричному імперативі: забезпечити «абсолютну» безпеку, не допустити ніяких аварій. Як показує практика, така концепція не адекватна реальній ситуації. Сучасний світ відкинув концепцію «абсолютної»

безпеки, зважаючи на неможливість її досягнення, і прийшов до концепції прийняттого (допустимого) ризику. Великі фінансові кошти, що витрачаються на підвищення безпеки технічних систем, зменшують кількість коштів, що виділяються на придбання засобів індивідуального захисту, медичне обслуговування, заробітну плату і т.д. В цьому випадку соціальній сфері виробництва може бути завдано значної шкоди. Безпеку внутрішнього судноплавства можна визначити, як властивість реалізовувати виробничі процеси без наслідків, а при виникненні аварійних ситуацій мати можливість відновлювати параметри або нормальне функціонування виробничих процесів, здійснюваних на цьому об'єкті. **Мета.** Метою дослідження є розробка теоретичних основ стратегії управління безпекою судноплавства на внутрішніх водних шляхах на основі концепції прийняттого ризику. **Результати.** В роботі [6] пропонується модель процесу управління безпекою виробничими процесами внутрішнього судноплавства, концептуальну відмінність якої від традиційної полягає в спільній участі в управлінні на всіх фазах проекту всіх зацікавлених сторін. Умовою ініціації того чи іншого проекту слід вважати умову, за яким бюджет проекту виявляється менше, ніж зменшення ризику виникнення аварійної ситуації в результаті реалізації даного проекту. Загальну місію такої програми можна сформулювати наступним чином: забезпечення використання такого рівня фахівців з безпеки, використання таких організаційно-технологічних схем, такого стану об'єктів інфраструктури внутрішнього судноплавства, при якому ризик виникнення аварійної ситуації в результаті реалізації будь-якого технологічного процесу не перевищує прийняттого рівня. Відомо, що розрізняють три методи класифікації: ієрархічний, фасетний та дескрипторний. Очевидно, що в силу специфіки розв'язуваної задачі найбільшу цінність для нас представляє саме фасетний метод. Фасетний метод класифікації передбачає, що вихідна безліч об'єктів розбивається на підмножини груп з незалежними між собою ознаками класифікації – фасетами. Фасет – набір значень окремого ознаки класифікації, все фасети взаємно незалежні. **Висновки.** Особливість пропонованої моделі полягає в тому, що в ній одночасно ініціюються і реалізуються безліч проектів забезпечення безпеки. Тому, слід говорити про портфель проектів забезпечення безпеки інфраструктури внутрішнього судноплавства – наборі проектів або програм, об'єднаних разом з метою їх ефективного управління для досягнення цілей і виконання вимог з безпеки. Цей портфель повинен безперервно аналізуватися і постійно піддаватися переплануванню на різних рівнях прийняття рішень. Ухвалення рішення про доцільність включення групи проектів в портфель здійснюється на етапі переоцінки проектів і якщо відповідне рішення прийнято, то ініціюється черговий відбір проектів для ранжирування.

**Ключові слова:** водні шляхи, управління безпекою судноплавства, прийнятний ризик, фасетний метод класифікації ризику.

УДК 656.62

**РИСКО-ОРИЕНТИРОВАННАЯ СТРАТЕГИЯ УПРАВЛЕНИЯ  
БЕЗОПАСНОСТЬЮ СУДОХОДСТВА НА ВНУТРЕННИХ  
ВОДНЫХ ПУТЯХ УКРАИНЫ**

**А.В. Шахов<sup>1</sup>, О.И. Россомаха<sup>2</sup>, О.И. Шерстюк<sup>3</sup>, О.А. Россомаха<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> д.т.н., проректор,

Одесский национальный морской университет, Одесса, Украина,  
ORCID ID: 0000-0003-0142-7594, avshakhov@ukr.net

<sup>2</sup> ассистент кафедры «Техническое обслуживание и ремонт судов»,  
Одесский национальный морской университет, Одесса, Украина,  
ORCID ID: 0000-0002-4425-2192, eirossomakha@gmail.com

<sup>3</sup> к.т.н., старший преподаватель кафедры «Профессиональный английский язык»,  
Одесский национальный морской университет, Одесса, Украина,  
ORCID ID: 0000-0002-0482-2656, olusha972@gmail.com

<sup>4</sup> старший преподаватель кафедры  
«Судовые энергетические установки и техническая эксплуатация»,  
Одесский национальный морской университет, Одесса, Украина,  
ORCID ID: 0000-0002-0230-9453, roleg.post@gmail.com

**Аннотация**

**Введение.** За прошедшие 20 лет грузопоток речным транспортом в Украине сократился в 6–7 раз, хотя объем перевозок в последнее время имеет тенденцию к росту. По результатам 2018 года он составил всего 10 млн тонн, а пассажирские перевозки сведены почти к нулю. Известно, что традиционный подход к безопасности базируется на категорическом императиве: обеспечить «абсолютную» безопасность, не допустить никаких аварий. Как показывает практика, такая концепция не адекватна реальной ситуации. Современный мир отверг концепцию «абсолютной» безопасности, ввиду невозможности ее достижения, и пришел к концепции приемлемого (допустимого) риска. Большие финансовые средства, затрачиваемые на повышение безопасности технических систем, уменьшают количество средств, выделяемых на приобретение средств индивидуальной защиты, медицинское обслуживание, заработную плату и т.д. В этом случае социальной сфере производства может быть нанесен значительный ущерб. Безопасность внутреннего судоходства можно определить, как свойство реализовывать производственные процессы без последствий, а при возникновении аварийных ситуаций иметь возможность восстанавливать параметры или нормальное функционирование производственных процессов, осуществляемых на этом объекте. **Цель.** Целью исследования является разработка теоретических основ стратегии управления безопасностью судоходства на внутренних водных путях на основе концепции приемлемого риска. **Результаты.** В работе [6] предлагается модель процесса управления безопасностью производственными процессами внутреннего судоходства, концептуальное отличие которой от традиционной состоит в совместном участии в управлении на всех фазах проекта всех заинтересованных сторон. Условием инициации того или иного проекта следует считать условие, по которому бюджет проекта оказывается меньше, чем

уменьшение риска возникновения аварийной ситуации в результате реализации данного проекта. Общую миссию такой программы можно сформулировать следующим образом: обеспечение использования такого уровня специалистов по безопасности, использование таких организационно-технологических схем, такого состояния объектов инфраструктуры внутреннего судоходства, при котором риск возникновения аварийной ситуации в результате реализации любого технологического процесса не превышает приемлемого уровня. Известно, что различают три метода классификации: иерархический, фасетный, дескрипторный. Очевидно, что в силу специфики решаемой задачи наибольшую ценность для нас представляет фасетный метод. Фасетный метод классификации предполагает, что исходное множество объектов разбивается на подмножества группировок по независимым между собой признакам классификации – фасетам. Фасет – набор значений отдельного признака классификации, все фасеты взаимно независимы. **Результаты.** Особенность предлагаемой модели заключается в том, что в ней одновременно иницируются и реализуются множество проектов обеспечения безопасности. Поэтому, следует говорить о портфеле проектов обеспечения безопасности инфраструктуры внутреннего судоходства – наборе проектов или программ, объединенных вместе с целью их эффективного управления для достижения целей и выполнения требований по безопасности. Этот портфель должен непрерывно анализироваться и постоянно подвергаться перепланированию на различных уровнях принятия решений. Принятие решения о целесообразности включения группы проектов в портфель осуществляется на этапе переоценки проектов и если соответствующее решение принято, то иницируется очередной отбор проектов для ранжирования.

**Ключевые слова:** водные пути, управления безопасностью судоходства, приемлемый риск, фасетный метод оценки риска.

### **Problem statement**

The accelerated economic development of the state, as international experience shows, is impossible without the advanced development of transport infrastructure. One of the ways to solve this problem in Ukraine, according to many domestic and foreign experts, is the revival of shipping by inland waterways. In this approach, there are both positive and negative sides.

The only economic feasibility of this solution is beyond doubt. However, for the water environment, any vessel is a source of negative impact, taking this ecosystem out of equilibrium. During the operation of the fleet in the water environment and in the atmosphere, in any case, organic or inorganic residues are emitted, exhaust gases from the operation of the main engines, diesel generators, boiler plants have noise, vibration that are unusual for the optimal state of water displacement, which together cause irreparable damage to its biological resources, flora and fauna. It results in changes in the water area power engineering, which cannot but affect the dynamics of stream flows.

Over the past 20 years, the cargo flow by river in Ukraine has a 6–7 times decrease, although the volume of traffic has recently tended to increase. According to the results

of 2018, it amounted to only 10 million tons, and passenger traffic was reduced to almost zero [21].

As a result of such a recession and confirmed underfunding of the inland water transport infrastructure, the cascade of reservoirs on the Dnieper was on the verge of a man-made disaster. Currently, 85% of the infrastructure of shipping locks is worn out, and 90% of inland navigation vessels are morally and physically obsolete. If the locks are not restored in 2019–2020, the risk of environmental disaster increases significantly. This conclusion was made by engineers of the US Army Corps, who examined the Dnieper River locks in 2016 [21].

Thus, a prerequisite for the development of inland navigation is the development and implementation of a science-based strategy for managing safety of river transport. As a methodological basis of such a strategy, the risk theory, models and methods for managing projects, programs and project portfolios, and mechanisms of public-private partnerships can be used.

### Literature review

It is known that the traditional approach to safety is based on the categorical imperative: to ensure “absolute” safety and to prevent any accidents. As practice shows, such a concept is not adequate to the real situation. The modern world rejected the concept of “absolute” safety, in view of the impossibility of its achievement, and came up with the concept of acceptable (admissible) risk [27-29].

The need to formulate the concept of acceptable risk as a safety level for the production processes of inland navigation is due to the impossibility of creating absolutely safe technological processes and trouble-free equipment and systems. The amount of acceptable risk should combine technical, economic and social aspects of the activity. In practice, this is always a compromise between the achieved level of safety and the possibilities of increasing it by economic, technological, organizational and other methods. However, the economic possibilities for improving safety of technical and sociotechnical systems are not unlimited. Large financial resources spent on improving safety of technical systems reduce the amount of funds allocated for the purchase of personal protective equipment, medical care, wages, etc. In this case, the social sphere of production can be significantly damaged.

**Acceptable (admissible) risk of an emergency  $R_{acc}$**  is defined as the maximum amount of risk that is appropriate for technical, economic and technological capabilities for this production process. Acceptable risk can be considered as a compromise between the safety level and the possibilities of achieving it [30].

Acceptable risk criteria are usually based on operational, technical, economic, regulatory, social or environmental factors, or a combination thereof. The basic principles of risk acceptance (ALARP, MEM, GAMAB) are considered in [31-33].

Safety of any object participating in the inland navigation process depends on the condition of facilities (ships, ports, channels) and on the hazards arising during operation. Given the significant differences between the elements of the system, as well as the existence of different goals for the subjects of the transportation process, a different meaning can be put into the concept of safety. Common definitions and safety

assessment criteria are for today. Both safety of facilities and safety of people, cargo safety, environmental safety, etc. are considered in an equivalent manner.

Summarizing the points of view of various authors [27-29], safety of inland navigation can be defined as the property to implement production processes without consequences, and in case of emergencies be able to restore the parameters or normal functioning of production processes carried out at this facility.

Safety of production activities on inland waterways is ensured by safety of floating crafts, port infrastructure facilities, people, cargo, environment, as well as safety of the main, auxiliary and servicing processes.

Apparently, the results of such activities have a large number of stakeholders: shipping companies, ports, cargo owners, state authorities and local governments. Moreover, their goals often do not coincide, which leads to conflicts of interest that reduce the overall efficiency of the processes. In recent decades, the solution to this problem has been found in the use of project, portfolio and program management methodologies [32-34].

**The aim of the research** is to develop the theoretical foundations of the safety navigation management strategy on inland waterways based on the concept of acceptable risk.

### **The main research material**

Of the large number of risk definitions, the most common, in our opinion, is the definition from the ISO 31000 standard [3]: "Risk is the effect of uncertainty on goals." From this formulation, the following main signs of risk can be distinguished.

Firstly, risks arise only when performing any targeted actions. If the purpose of your organization is not trade and economic operations with any state, then the condition of the financial system of this country is insignificant for you. Based on this postulate, the adoption of the law on compulsory health insurance cannot be considered as risk for a shipping company or river port, although these events will have some impact on organizations (additional costs for insurance of their employees will be borne by enterprises). Such an impact must lead to the reconsideration of the organization's goals and the projects it implements.

Secondly, an event that has clearly defined causes and negative consequences should be considered as risk. Therefore, such frequently occurring terms as environmental risk, credit risk, production risk, etc. should be considered incorrect. Such characteristics can be used as the basis for classification, but not risks of a particular organization.

Thirdly, risk is an event that can occur only with any probability other than zero and one. Therefore, one of the main parameters assessing risk is the probability of occurrence of this event.

Fourthly, any risk should be considered as an economic category. Therefore, in a quantitative assessment, the risk (R) is numerically equal to the product of the probability of occurrence of the risk event (P) and the damage (U) that will be caused to the organization if this event occurs:

$$R = P \cdot U.$$

And finally, fifthly, if we compare the presented definition of risk and the classical definition of a project according to the PMBOK standard (a project is a temporary organization created to achieve specific unique goals), it becomes obvious that risk management is the main tool for managing projects, programs and portfolios. Not by chance, that this function has been given much attention in recent years in a number of publications devoted to improving the project management methodology [4].

In [6], the model of the safety management process for the production processes of inland navigation is proposed, the conceptual difference of which from the traditional one is the joint participation of all stakeholders in the management at all project phases.

Recently, in most countries of the world community, the concept of ALARA, as low as risk acceptable, allowing the use of the “foresee and warn” principle has been adopted for risk management, and, consequently, ultimately, safety.

Therefore, one of the basic principles of managing safety of navigation infrastructure on inland waterways, incorporated into the proposed model, is the principle of proactive management [31]. It is known that the difference between the classical (reactive) principle of management and proactive management is as follows. The purpose of the first one is to respond to incidents and prevent their recurrence, and the second one is to foresee and prevent their occurrence. With regard to shipping safety management, this principle means:

1. Proactive management of the current safety state.
2. Prediction and assessment of the future safety state of the system, taking into account its development.

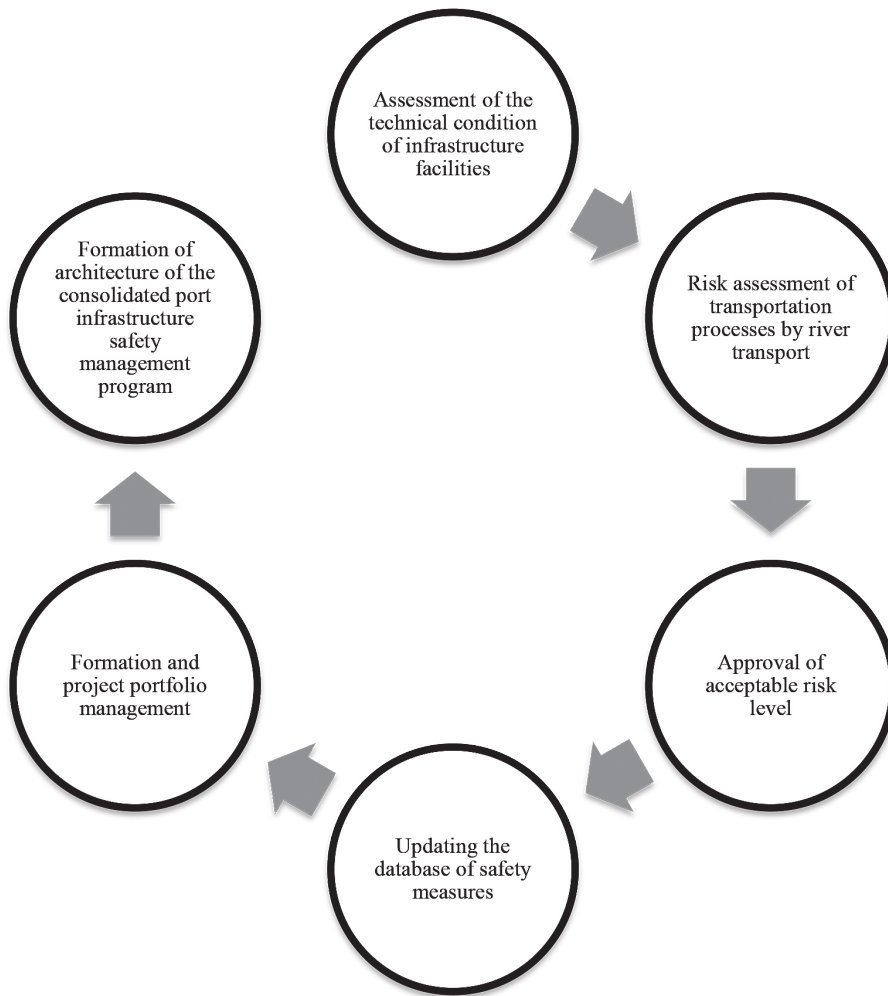
The second basic principle laid down in the proposed model is the use of the program-targeted approach. According to the generally accepted definition, a program is an organic combination of a group of interconnected projects and processes aimed at achieving the overall mission of the program, which is profiled into a tuple of stated goals [34]. Thus, the program will include monitoring and control of the safety level state on ships, shipping lanes, in the territories and water areas of river ports. In addition, the program also contains groups of technical and organizational projects aimed at improving the safety level.

The condition for the project initiation should be considered as the condition under which the project budget is less than reducing the risk of an emergency as a result of the implementation of this project.

The overall mission of such a program can be formulated as follows: ensuring the use of such a level safety experts, the use of such organizational and technological schemes, such a state of inland navigation infrastructure, in which the risk of an emergency as a result of any technological process does not exceed an acceptable level [29].

The proposed model of the safety management process for inland navigation processes includes 6 stages and is presented in Figure 1.

A project for ensuring safety of inland navigation infrastructure is considered as a project that includes a set of organizational and technical measures aimed at reducing quantitative assessments of risks of accidents at facilities and reducing the impact of their consequences. This concept is fully consistent with the basic logical rules for the definition of concepts [24].



*Fig. 1. Model of port infrastructure safety management process.  
Source: Author's own development.*

A safety project has the following characteristics similar to any other project [25]:

- the goal must be achieved while fulfilling all technical and environmental standards;
- specific deadlines (start and close);
- established financial, material, informational and labor resources (allocated resources);

Differences of this type of project from others are expressed in the following:

- the objective function of the project is not related to the profit received as a result of the project;
- clear focus – all safety projects, without exception, are aimed at protecting personnel, the environment or property;

– the specifics of monitoring the results of projects by government and the public, which determines the need for organizing information support of complex projects with coverage of the project in the press and on television.

The fundamental work on the classification of projects is the work of R. Archibald [25], in which the concept of an integral global system for categorizing projects is proposed. At the same time, the author points out, referring to L. Crawford, that the classification should be carried out exclusively with a focus on practical activities other than theoretical ones.

It is known that there are three classification methods: hierarchical, facet, descriptor [26]. Obviously, due to the specifics of the problem being solved, the facet method is of the greatest value [12]. The determining factors in its choice are the advantages of this method, that is, the flexibility of the system, which determines the ease of use and the possibility of limiting the number of criteria, as well as efficiency in organizing machine processing of data in databases and high-level query languages. The disadvantage of the facet method is the inability to highlight the commonality and differences between objects in different classification groups (as opposed to the hierarchical method). Another feature of the method is the information redundancy of groupings, which in some cases are impossible in meaning. However, these weaknesses of the method can be leveled by analytical work aimed at finding and selection of combinations of criterion values inherent in frequency projects.

The facet classification method assumes that the initial set of objects is divided into subsets of groupings according to the classification criteria, that is, facets, which are independent of each other. A facet is a set of values for an individual classification criterion; all facets are mutually independent.

Each object simultaneously has classification criteria from various ones by setting a facet formula, that is, a sequence of facets and values of the classification criteria of the selected facets.

Classifier  $K$  of projects for ensuring the port infrastructure safety level is described by a tuple:

$$K = \langle F, V \rangle, \quad (1)$$

where  $F$  – a set of classifier facets,  $V$  – a set of project classification criteria,

$$F = \{f_i\}, \quad (2)$$

where  $f_i$  –  $i$ -th facet,  $i = 1 \dots n$ ,  $n$  – cardinality of the set of facets  $F$ ,

$$V = \{v_j\}, \quad (3)$$

where  $v_j$  –  $j$ -th classification criteria of the  $i$ -th facet,  $j = 1 \dots m_i$ ,  $m_i$  – cardinality of the set of classification criteria of the  $i$ -th facet. It should be noted what is a set, because, in fact, it defines the interval of the criteria change inherent in the project class.

For facets, the uniqueness condition is fulfilled:

$$\left\{ \begin{array}{l} \bigcup_{i=1}^n f_i = F \\ \bigcap_{i=1}^n f_i = \emptyset \end{array} \right. \quad (4)$$

For classification criteria, the condition of uniqueness within the facet is also necessarily fulfilled:

$$\left\{ \begin{array}{l} \bigcup_{i=1}^n v_j = V_i \\ \bigcap_{i=1}^n v_j = \emptyset \end{array} \right. \quad (5)$$

where  $V_i$  – a set of classification criteria of the  $i$ -th facet.

The maximum capacity  $M$  of the classifier is defined as the power of the set  $G$  of possible classification groups according to the formula:

$$M = \prod_{i=1}^n |V_i|. \quad (6)$$

Generation of elements  $g_k$  of the set  $G$  of classification groups

$$G = \{g_k\}, \quad \text{где } k = 1 \dots M$$

takes place in accordance with the following rule:

$$g_k = \left\{ (f_i, v_j) \mid \forall f_i \left( \left( \bigcup_{i=1}^n f_i = F \right) \wedge (v_j \in V_i) \wedge |g_k| = |F| \right) \right\}. \quad (7)$$

Based on the assumption that any project can be described by the expression

$$p_q = \{(f_i, r_{iq})\},$$

where  $p_q$  – a project belonging to the set of the current portfolio of projects,  $r_{iq}$  – the value of the characteristic of the  $q$ -th project to the  $i$ -th facet, the definition of the project's belonging to a certain classification group – its classification, occurs in accordance with the following rule:

$$\forall p_q (\exists g_k (\forall r_{iq} (r_{iq} \in V \rightarrow H))) \quad (8)$$

Expressions (1-8) allow developing algorithmic and software for classifying projects to ensure the port infrastructure safety level, which, in turn, is the basis of the decision support system for the project portfolio manager.

The peculiarity of the proposed model is that it simultaneously initiates and implements many safety projects. Therefore, a portfolio of projects for ensuring the inland navigation infrastructure safety, that is, a set of projects or programs combined together to effectively manage them, achieve goals and fulfill safety requirements, should be considered. This portfolio should be continuously reviewed and constantly re-planned at various decision-making levels.

From the perspective of the general theory of systems [34], a generalized (holistic) model of portfolio management processes for port infrastructure projects can be considered in two ways. On the one hand, this is a holistic object  $S_i$  implementing a control function (external description). Moreover, the control function is implied as the successful implementation of the initiated measures  $X$  into the set  $Y$  of results (values) aimed at improving safety, which is described by the ratio

$$S_i = X \in Y. \quad (9)$$

The set  $X$  is formed by the inputs of the system (hereinafter, the system is understood as an integrated complex of software, hardware, human and other resources that implements the control function), and the set  $Y$  by the outputs, as the implementation of the goals of its functioning. In particular, decisions on project initiation, data on projects and the state of port infrastructure facilities, information on financial status, etc. form the system inputs, while decisions on completion of projects, port infrastructure facilities characterized by a lower risk of accidents, recommendations for increasing the effectiveness of management processes form its outputs.

Combining the inputs and outputs of the system into one set  $V_p$ , called the system object [31], it is obtained:

$$X = \times\{V_i : i \in I_x\}, Y = \times\{V_i : i \in I_y\}, \quad (10)$$

where the sets  $I_x$  and  $I_y$  form the partition of the set of indices  $I$ , i.e.

$$I_x \cap I_y = \emptyset \wedge I_x \cup I_y = I. \quad (11)$$

Then the expression describing the system will take the form:

$$S_1 \subset V_1 \times V_2 \times \dots \times V_m. \quad (12)$$

On the other hand, the project portfolio management system is a process model consisting of the set of managerial stages, that is, certain sets of actions, as a result of which some managerial decision is made [23-26]. This set  $S_2$ , characterized by the presence of a structure due to the features of the life cycles of project management processes, is an internal description of the system:

$$S_2 \subset C_1 \times C_2 \times \dots \times C_n, \quad (13)$$

where  $n$  – number of management structures.

Examples of management phases are analysis and evaluation of projects, classification of projects, ranking of projects in a portfolio, evaluation of project performance, etc.

Thus, the holistic description of the port infrastructure safety portfolio management system  $S$  takes the form

$$S = \begin{cases} S_1 \subset V_1 \times V_2 \times \dots \times V_m \\ S_2 \subset C_1 \times C_2 \times \dots \times C_n \end{cases} \quad (14)$$

A feature of managing a portfolio of safety projects is that during the planning period, some projects are completed and, accordingly, removed from the portfolio, other projects from the total number of planned projects are added to the portfolio. A prerequisite for effective work to improve safety of port infrastructure is the possibility of preliminary selection of projects by experts. In accordance with the proposed management model, “compulsory” projects are placed in the project portfolio first (without the implementation of which the operation of inland waterways is impossible, and then the proposed projects are classified and ranked. After that, the success of the portfolio as a whole is assessed. If the assessment is positive and selection of many projects is carried out, the current portfolio is formed and its composition is approved.

If the experts are not satisfied with the preliminary ranking results and comprehensive portfolio performance assessment, there is a possibility of returning and re-selecting projects for analysis and inclusion in the portfolio. The implementation of projects in the portfolio is subject to constant monitoring and control. As they are completed, a part of the resources is released and the next block of projects can be included in the portfolio. Decision-making on the expediency of including the next group of projects in the portfolio is carried out at the stage of project re-evaluation and if the corresponding decision is made, then the next selection of projects for ranking is initiated.

## Conclusions

1. The relevance of the concept of managing the state of inland waterway transportation safety is due, first of all, to the contradictions that arise in the process of development of this type of transport. The main contradiction is an increase in the production potential of the infrastructure, which is associated with the development of production forces, and, consequently, an increase in the man-caused load, on the one hand, and the need to preserve the environment and safe operation of facilities, on the other.

2. Possible risks of production processes should be below the level of acceptable risks, which are established in advance, based on the general development strategy, including consideration of the expected final economic effect.

3. The conclusion is drawn on the appropriateness of a program-targeted proactive approach to managing the inland water transportation safety, which is based on the need to reduce, first of all, the influence of hazard factors, and, consequently, the likelihood of an emergency, the concept of acceptable risk and the need to implement a large number of projects and portfolios that ensure the achievement of one strategic goal, that is, maintaining and improving safety in terms of resource constraints. The obvious

advantage of this approach is the ability to simultaneously analyze many ongoing projects, which allows the correct allocation of resources between them.

4. An infrastructure safety management model based on a program-targeted and proactive approach has been developed, the choice of the main category concepts, a joint consideration of which is necessary within the proposed concept, has been substantiated.

#### LITERATURE

1. Тихонов И. В. Методика підвищення ефективності навігаційного забезпечення плавання на внутрішніх водних шляхах. *Вісник НТУУ «КПІ». Серія: радіотехніка, радіоапаробудування*. 2010. № 40.
2. Егоров Г.В., Егоров А.Г. Исследование надежности и риска эксплуатации отечественных речных круизных пассажирских судов. *Вісник ОНМУ*. 2015. № 1(43). С. 5-32.
3. Каретников В. В., Ефимов К. И., Сикарев А. А. К вопросу оценки рисков на внутреннем водном транспорте Российской Федерации. *Вестник АГТУ. Серія: морская техника и технология*. 2017. № 2.
4. Руководство ISO 73: 2009, Менеджмент рисков. Словарь.
5. ІЕС 31010:2009, Менеджмент рисков. Методы оценки рисков.
6. Международный стандарт ISO 31000:2018 «Менеджмент риска – руководство.
7. Мустакаева Е. А. Ключевые проблемы функционирования и развития инфраструктуры внутреннего водного транспорта. *Вестник Государственного университета морского и речного флота им. Адмирала С.О. Макарова*. 2013. № 1(17).
8. Каретников В. В., Сикарев А. А. Развитие и перспективы современных инфокоммуникационных систем для обеспечения судоходства на внутренних водных путях России. *Вестник Государственного университета морского и речного флота им. Адмирала С.О. Макарова*. 2010. № 4(8).
9. Пантина Т. А. Концепция и структурная схема формирования стратегии развития внутреннего водного транспорта Российской Федерации на период до 2030 года. *Вестник государственного университета морского и речного флота им. Адмирала С.О. Макарова*. 2011. № 3(11).
10. Ковалёва Е. Н., Водахова В. А. Комплексная оценка качества транспортных услуг, оказываемых на предприятиях внутреннего водного транспорта. *Вестник Государственного университета морского и речного флота им. Адмирала С.О. Макарова*. 2015. № 1(29).
11. Черных Н. Н. Перспективы развития грузовых транзитных перевозок внутренним водным транспортом. *Вестник Государственного университета морского и речного флота им. Адмирала С.О. Макарова*. 2011. № 4(12).
12. Соляков О. В. Обеспечение безопасного судоходства на внутренних водных путях с использованием навигационной аппаратуры потреби-

- теля. *Вестник государственного университета морского и речного флота им. Адмирала С.О. Макарова*. 2015. № 1(29).
13. Борисова Н.Ф., Скороходов Д.А., Стариченков А.Л. *Интеллектуальные технологии для обеспечения безопасности судоходства*. Транспорт Российской Федерации. 2010. № 1(26).
  14. Кацман Ф.М., Ершов А.А. Аварийность морского флота и проблемы безопасности судоходства. *Транспорт Российской Федерации*. 2006. № 5(5).
  15. Бабурин В. А. Современные проблемы организации российского судоходства, экологическая безопасность и качество жизни. *Вестник Государственного университета морского и речного флота им. Адмирала С.О. Макарова*. 2010. № 4(8).
  16. Клитина А. Против течения: почему пришел в упадок речной транспорт в Украине. URL: <http://www.mind.ua> (дата звернення 05.09.2019).
  17. Парусная Федерация Харьковской области URL: <https://parus.kharkov.ua> (дата звернення 05.09.2019).
  18. Нычик Т. Ю., Колосов М. А. Управление риском аварий и транспортных происшествий в судоходных шлюзах. *Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова*. 2015. № 5(33).
  19. Нычик Т. Ю. Анализ аварийных ситуаций при шлюзовании судов. *Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова*. 2011. № 4(12).
  20. ДК 019:2010 "Класифікатор надзвичайних ситуацій".
  21. Брушлинский Н.Н., Клепко Е.А. К вопросу о вычислении рисков. *Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций*. 2004. Вып. 1. С. 71-73.
  22. Методы принятия технических решений / Э. Мушик, Ф. Мюллер М.: Мир. 1990.
  23. Dunbar J.H. Risk Management and Risk Assessment. *Russian – British Fire Safety and Protection Seminar*. Moscow, 3-5 October 1995.
  24. Руденко Е. С. Приемлемый риск как уровень безопасности объектов портовой инфраструктуры. *Проблемы техники*. 2014. № 3. С.88-93
  25. МЭК 62278:2002 (IEC 62278:2002) Железные дороги. Технические условия и демонстрация надежности, эксплуатационной готовности, ремонтнопригодности и удобства обслуживания (Railway applications-Specification and demonstration of reliability, availability, maintainability and safety (RAMS)).
  26. Шебеко Ю.Н., Болодьян И.А., Молчанов В.П. и др. Оценка пожарного риска для берегового перевалочного комплекса аммиака. *Пожарная безопасность*. 2004, № 3. С. 45-51.
  27. ГОСТ Р МЭК 61511-3-2011 Безопасность функциональная. Системы безопасности приборные для промышленных процессов. Часть 3. Руководство по определению требуемых уровней полноты безопасности. URL: <http://www.docs.cntd.ru/document/1200094220> (дата звернення 10.10.2019).

28. Руденко Е.С. Идентификация и классификация факторов опасности для объектов портовой инфраструктуры. *Вісник ОНМУ*. 2013. № 3(39). С. 233-240.
29. Rudenko E.S., Gogunsky V.D., Chernega Yu.S. Markov model of risk in the life safety projects. *Праці Одеського політехнічного університету*. 2013. Вип. 2(41). С. 271-276.
30. Руденко Е.С. Ранжирование проектов в программной среде MICROSOFT EXCEL. *Тези доповідей XI міжнародної конференції «Управління проектами у розвитку суспільства»* К.: КНУБА 2014. С. 180-183.
31. Энергетические модели управления проектными организациями / М.О. Бокарева, А.В. Шапов, А.В. Шахов. LAMBERT Academic Publishing, 2015. 192 с.
32. Брушлинский Н.Н., Клепко Е.А. К вопросу о вычислении рисков. *Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций*. 2004. Вып. 1. С. 71-73.
33. Руденко Е.С., Шахов А.В. Програмно-цільове управління безпекою функціонування морських портів. *Матеріали ІХ міжнародної науково-практичної конференції «Управління проектами стан та перспективи»*. М.: НУК, 2013. С. 278-280.
34. ГОСТ 6.01.1-87 Единая система классификации и кодирования технико-экономической информации. Основные положения. URL: <http://vsegost.com/Catalog/46/46344.shtml> (дата звернення 01.11.2019).
35. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения / Р. Л. Кини, Х. Райфа. М.: Радио и связь, 1981. 560 с.

#### REFERENCES

1. Tikhonov, I.V. (2010). The methodology of effective performance of navigational safety swimming in internal water hats [Metodika pidvishchennya yefektivnosti navigatsynogo zabezpechennya plavannya na vnutrishnikh vodnikh shlyakhakh]. *Visnik NTUU "KPI". Seriya radiotekhnika, radioaparotobuduvannya*. 40 [in Ukrainian].
2. Yegorov, G.V., & Yegorov, A.G. (2015). The study of the reliability and risk of operation of domestic river cruise passenger ships [Issledovaniye nadezhnosti i riska ekspluatatsii otechestvennykh rechnykh kruiznykh passazhirskikh sudov]. *Vesnik ONMU*. 1 (43), 5-32 [in Ukrainian].
3. Karetnikov, V.V., Yefimov, K.I., & Sikarev, A.A. (2017). On the issue of risk assessment in the inland water transport of the Russian Federation [K voprosu otsenki riskov na vnutrennem vodnom transporte Rossiyskoy Federatsii]. *Vestnik AGTU. Seriya: morskaya tekhnika i tekhnologiya*. 2 [in Russian].
4. Guide ISO 73: 2009, Risk management. Vocabulary [Rukovodstvo ISO 73: 2009, Menedzhment riskov. Slovar'] [in Russian].
5. IEC 31010: 2009, Risk Management. Risk Assessment Methods

- [IEC 31010:2009, Menedzhment riskov. Metody otsenki riskov] [in Russian].
6. International standard ISO 31000: 2018 “Risk management – guidance. [Mezhdunarodnyy standart ISO 31000:2018 «Menedzhment riska – rukovodstvo.»] [in Russian]
  7. Mustakayeva, Y.A. (2013). Key problems of the functioning and development of the infrastructure of inland water transport [Klyucheverye problemy funktsionirovaniya i razvitiya infrastruktury vnutrennego vodnogo transporta]. *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota im. Admirala S.O. Makarova. 1(17)* [in Russian].
  8. Karetnikov, V.V., & Sikarev, A.A. (2010). Development and prospects of modern infocommunication systems for navigation on the inland waterways of Russia [Razvitiye i perspektivy sovremennykh infokommunikatsionnykh sistem dlya obespecheniya sudokhodstva na vnutrennikh vodnykh putyakh Rossii]. *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota im. Admirala S.O. Makarova. 4(8)* [in Russian].
  9. Pantina, T.A. (2011). Concept and block diagram of the formation of a strategy for the development of inland water transport of the Russian Federation for the period until 2030 [Kontseptsiya i strukturnaya skhema formirovaniya strategii razvitiya vnutrennego vodnogo transporta Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 goda]. *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota im. Admirala S.O. Makarova. 3(11)* [in Russian].
  10. Kovalova, Y.N., & Vodakhova, V.A. (2015). A comprehensive assessment of the quality of transport services provided by inland water transport enterprises [Kompleksnaya otsenka kachestva transportnykh uslug, okazyvayemykh na predpriyatiyakh vnutrennego vodnogo transporta]. *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota im. Admirala S.O. Makarova. 1(29)* [in Russian].
  11. Chernykh, N.N. (2011). Prospects for the development of freight transit traffic by inland water transport [Perspektivy razvitiya gruzovykh tranzitnykh perezovok vnutrennim vodnym transportom]. *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota im. Admirala S.O. Makarova. 4(12)* [in Russian].
  12. Solyakov, O.V. (2015). Ensuring safe navigation on inland waterways using consumer navigation equipment [Obespecheniye bezopasnogo sudokhodstva na vnutrennikh vodnykh putyakh s ispol'zovaniyem navigatsionnoy apparatury potrebitelya]. *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota im. Admirala S.O. Makarova. 1(29)* [in Russian].
  13. Borisova, N.F., Skorokhodov, D.A., & Starichenkov, A.L. (2010). Intelligent technologies for ensuring the safety of navigation [Intellektual'nyye tekhnologii dlya obespecheniya bezopasnosti sudokhodstva]. *Transport Rossiyskoy Federatsii. 1(26)* [in Russian].
  14. Katsman, F.M., & Yershov, A.A. (2006). The accident rate of the navy and the problems of shipping safety [Avariynost' morskogo flota i problemy

- bezopasnosti sudokhodstva]. *Transport Rossiyskoy Federatsii*. 5(5) [in Russian].
15. Baburin, V.A. (2010). Modern problems of the organization of Russian shipping, environmental safety and quality of life [Sovremennyye problemy organizatsii rossiyskogo sudokhodstva, ekologicheskaya bezopasnost' i kachestvo zhizni]. *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota im. Admirala S.O. Makarova*. 4(8) [in Russian].
  16. Klitina A. Against the current: why river transport in Ukraine fell into decay [Protiv techeniya: pochemu prishel v upadok rechnoy transport v Ukraine.] [in Russian]. Retrieved from <http://www.mind.ua>.
  17. Sailing Federation of Kharkov region. URL: <https://parus.kharkov.ua>.
  18. Nychik, T.Y., & Kolosov, M.A. (2015). Risk management of accidents and transport accidents in shipping locks [Upravleniye riskom avariyy i transportnykh proisshestviy v sudokhodnykh shlyuzakh]. *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota im. admirala S.O. Makarova*. 5(33) [in Russian].
  19. Nychik, T.Y. (2011). Analysis of emergency situations when ship locks [Analiz avariynykh situatsiy pri shlyuzovanii sudov]. *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota im. admirala S.O. Makarova*. 4(12) [in Russian].
  20. DK 019: 2010 "Classification of suprasubic situations" [DK 019:2010 "Klasifikator nadzvichaynykh situatsiy"] [in Russian].
  21. Brushlinskij, N.N., & Klepko, E.A. (2004). On the issue of calculating risks [K voprosu o vychislenii riskov]. *Problemy bezopasnosti i chrezvychajnykh situatsij*. 1, 71-73 [in Russian].
  22. Mushik, E., & Myuller, F. Technological decision making methods [Metody priniatiya tekhnicheskikh reshenii]. M.: Mir, 1990 p. [in Russian].
  23. Dunbar, J.H. (1995). Risk Management and Risk Assessment. *Russian – British Fire Safety and Protection Seminar*. Moscow.
  24. Rudenko, E.S. (2014). Acceptable risk as a security level for port infrastructure facilities [Priemlyemyj risk kak uroven' bezopasnosti ob'ektov portovoj infrastruktury]. *Problemy tekhniki*. 3 [in Russian].
  25. IEC 62278:2002 Railway applications-Specification and demonstration of reliability, availability, maintainability and safety (RAMS). [Zhelezny'e dorogi. Tekhnicheskie usloviya i demonstratsiya nadezhnosti, e'kspluatatsionnoj gotovnosti, remontoprigradnosti i udobstva obsluzhivaniya] [in Russian].
  26. Shebeko, Yu.N., Bolod'yan, I.A., & Molchanov, V.P. (2004). Fire risk assessment for the coastal transshipment complex of ammonia [Otsenka pozhnogo riska dlya beregovogo perevalochnogo kompleksa ammiaka]. *Pozhnaya bezopasnost'*. 3, 45-51 [in Russian].
  27. GOST R IEC 61511-3-2011 Functional safety. Safety instrumented systems for industrial processes. Part 3. Guidance on determining the required levels of safety integrity [Bezopasnost' funktsional'naya. Sistemy bezopasnosti priborny'e dlya promy'shlennykh processov. Chast' 3. Rukovodstvo po

- opredeleniyu trebuemy`kh urovnej polnoty` bezopasnosti]. Retrived from: [www. http://docs.cntd.ru/document/1200094220](http://docs.cntd.ru/document/1200094220) [in Russian].
28. Rudenko, E.S. (2013). Identification and classification of hazard factors for port infrastructure facilities [Identifikacziya i klassifikacziya faktorov opasnosti dlya ob`ektov portovoj infrastruktury`]. *Vestnik ONMU*. 3(39), 233-240 [in Russian].
  29. Rudenko, E.S., Gogunsky, V.D., & Chernega, Yu.S. (2013). Markov model of risk in the life safety projects []. *Pratci Odeskogo politekhnichnogo universitetu*. 2(41), 271-276.
  30. Rudenko, E.S. (2014). Ranking of projects in the MICROSOFT EXCEL software environment [Ranzhirovanie proektov v programmnoj srede MICROSOFT EXCEL]. *Tezi dopovi`dej Kh I mi`zhnarnodnoyi konferenczi`yi «Upravli`nnya proektami u rozvitku suspi`l`stva» K.: KNUBA*. 180-183 [in Russian].
  31. Bokareva, M.O., Shamov, A.V., & Shakhov, A.V. *Energy models of project organization management* [E`nergeticheskie modeli upravleniya proektnimi organizacziyami]. LAMBERT Academic Publishing, 2015. 192 p. [in Russian].
  32. Brushlinskii, N.N., & Klepko, E.A. (2004). On the issue of calculating risks [K voprosu o vychislenii riskov]. *Problemy bezopasnosti i chrezvychainykh situacii*. 1, 71-73 [in Russian].
  33. Rudenko, E.S., & Shakhov, A.V. (2013). Program and management of secure functions of marine ports [Programno-czi`l`ove upravli`nnya bezpekoyu funkczii onuvannya mors`kikh porti`v]. *Materi`ali IX mi`zhnarnodnoyi naukovopraktichnoyi konferenczi`yi «Upravli`nnya proektami stan ta perspektivi» M.: NUK*, 278-280 [in Russian].
  34. GOST 6.01.1-87 Unified system for the classification and coding of technical and economic information. The main provisions. [Edinaya sistema klassifikaczi i kodirovaniya tekhniko-e`konomicheskoy informaczi. Osnovny`e polozeniya]. Retrived from: <http://vsegost.com/Catalog/46/46344.shtml> [in Russian].
  35. Kini, R.L., & Rajfa, Kh. *Decision making under many criteria: preferences and substitutions* [Prinyatie reshenij pri mnogikh kriteriyakh: predpochteniya i zameshheniya]. M.: Radio i svyaz`, 1981. 560 p. [in Russian].

## НОТАТКИ

Наукове видання

## РОЗВИТОК ТРАНСПОРТУ

Науковий журнал

Випуск 2(5)

Засновник – Одеський національний морський університет

*Українською, російською  
та англійськими мовами*

Видається з жовтня 2017 р.

Формат 70x108/16. Гарнітура Times New Roman.  
Папір офсет. Цифровий друк. Ум.-друк. арк. 7,7.  
Замов. № 0520/131. Наклад 200 прим.

---

Видавництво і друкарня – Видавничий дім «Гельветика»  
73021, м. Херсон, вул. Паровозна, 46-а  
Телефон +38 (0552) 39 95 80  
+38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08  
E-mail: [mailbox@helvetica.com.ua](mailto:mailbox@helvetica.com.ua)  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
ДК № 6424 від 04.10.2018 р.

Scientific publication

# TRANSPORT DEVELOPMENT

**Scientific journal**

**Issue 2(5)**

Founded by Odessa National Maritime University

*In Ukrainian, Russian and English*

Since October 2017

Format 70×108/16. Times New Roman Font.  
Offset. Digital printing. Conventional printed sheet 7,7.  
Order No 0520/131. Edition of 200 copies.

---

Publishing House “Helvetica”  
73021, Kherson, 46-a, Parovozna St.  
Phone +38 (0552) 39-95-80  
+38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08  
E-mail: [mailbox@helvetica.com.ua](mailto:mailbox@helvetica.com.ua)  
Certificate of publishing entity  
ДК № 6424 as of 04.10.2018