

УДК 656.025.6

СТАЛЕ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЯК ІНТЕГРАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ КОНТЕЙНЕРНОГО ТЕРМІНАЛА

Асп. І. М. Ларіна

SUSTAINABLE OPERATION AS AN INTEGRAL CHARACTERISTIC OF THE CONTAINER TERMINAL TECHNOLOGICAL SYSTEM

Postgraduate student I. M. Larina

DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.211.2025.327281>



Анотація. Обґрунтовано, що стале функціонування виробничого підприємства забезпечено сталим функціонуванням його техніко-технологічної системи. Сформульовано основні теоретичні положення щодо визначення сутності, критеріїв та умов сталого функціонування техніко-технологічної системи контейнерного термінала як основи сталого функціонування термінала, умови сталого функціонування техніко-технологічної системи підприємства. Визначено компоненти сталого функціонування морського контейнерного термінала та сформовано схему формування пропускної спроможності контейнерного термінала як інтегральної характеристики відповідної техніко-технологічної системи; формалізовано умови сталого функціонування техніко-технологічної системи морського контейнерного термінала на базі відповідної концепції.

Ключові слова: пропускна спроможність, контейнерний термінал, контейнерні перевезення, імовірність, продуктивність обладнання.

Abstract. It is substantiated that the sustainable functioning of a production enterprise is ensured by the sustainable functioning of its technical and technological system. The conditions for the sustainable functioning of the technical and technological system of the enterprise are formulated. Theoretical provisions are developed to determine the essence, criteria and conditions for the sustainable functioning of the technical and technological system of a container terminal as the basis for the sustainable functioning of the terminal. The technical and technological system of a port container terminal consists of a set of technical means (transshipment equipment of various categories) that form technological lines for carrying out cargo operations. The components of the sustainable functioning of a sea container terminal are determined: the required state of the technical and technological system; the availability of resources of the required quantity and quality (energy resources, human resources); the required depth level near the berths; the required technical condition of the berths. A scheme for forming the throughput capacity of a container terminal as an integral characteristic of the corresponding technical and technological system is developed. A mathematical description of the conditions for the sustainable functioning of the technical and technological system of a sea container terminal is performed based on the corresponding concept. The formalization of the conditions for the sustainable functioning of the technical and technological system of enterprises in general and the container terminal in particular is carried out using probability theory under the assumption that the productivity of technological equipment, the throughput of berths and the terminal as a whole are random variables, the level of which is influenced by many factors, both internal and external. The presented results constitute a theoretical basis for the further development of methods and means of ensuring the sustainable functioning of marine container terminals.

Keywords: *capacity, container terminal, container transportation, probability, equipment performance.*

Вступ. Сучасні контейнерні перевезення мають справу з багатьма викликами: автоматизація [1-3], цифровізація [4, 5], екологізація [6], що у свою чергу формує нові виклики та завдання для портів і портових терміналів. Проте вплив зовнішнього середовища [1] і невизначеність контейнеропотоків [7, 8] обґрунтовують необхідність забезпечення сталого функціонування терміналів і портів.

Стале функціонування галузі національної економіки, господарств – це здатність виробляти продукцію в установлених номенклатурі та обсягах за умов негативного впливу зовнішнього середовища. При цьому дуже важливим для країни є наявність у портах і терміналах виробничих ресурсів певного рівня для переробки необхідного обсягу вантажів, що обґрунтовує потребу розглянути питання забезпечення сталого функціонування портових терміналів, зокрема контейнерних. Стале функціонування контейнерних терміналів забезпечує необхідний рівень контейнерної логістики, що є важливим для транспортної галузі країни та конкурентоспроможності українських портів.

Для підприємств, пов'язаних із певною виробничою системою та відповідним комплексом технічних засобів і технологічного обладнання, стале функціонування визначено можливістю забезпечення певного рівня виробничої потужності. Для контейнерних терміналів такою характеристикою є пропускна спроможність терміналу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Функціонування системи розглядають по-різному: у сучасній науковій літературі розглядають поняття «ефективне функціонування», «оптимальне функціонування», «безперебійне функціонування» і т. п. Це відповідає основним характеристикам функціонування

системи, до яких належить ефективність, надійність, якість керування, перешкодо- захищеність, стійкість і ступінь складності тощо [9]. «Стале функціонування» є також одним із варіантів розгляду функціонування та пов'язано з такою характеристикою системи, як стійкість.

У сучасній літературі, крім терміна «стале функціонування», використовують також термін «функціональна стійкість». Функціональна стійкість – більш комплексне поняття, яке містить у собі поняття надійності, живучості та відмовостійкості [10]. Аналізуючи джерела, можна зробити висновок, що термін «стале функціонування» є більш узагальнюючим для систем будь-якої природи, характеризуючи таку характеристику функціонування, як стійкість. «Функціональна стійкість» [10-14] є більш конкретним проявом сталого функціонування для технічних (інформаційних) систем. Також слід зазначити, що стале функціонування передбачає будь-який часовий інтервал розгляду та різні впливи; на відміну від функціональної стійкості, що передбачає майже постійний вплив негативних факторів, наприклад погодних умов на технічну систему, та більш близько до надійності [13].

Для інформаційних систем функціональна стійкість стосується властивості системи залишатися працездатною та виконувати свої функції незалежно від різних внутрішніх або зовнішніх впливів, таких як помилки в роботі, несправності обладнання, збої в програмах або кібератаки. Її можна досягнути навіть за умови відмови якоїсь частини обладнання чи складової, головне – збереження працездатності системи й виконання завдань за призначенням [12].

Отже, у більшості сучасних джерел, присвячених сталому функціонуванню,

зазвичай розглядають як об'єкт інформаційні системи (у тому числі керуючі системи як бортові системи літаків і суден [15]). Незважаючи на те, що стале функціонування може бути застосовано для всіх видів систем, для підприємств, виробничих систем це майже не розглядають, але є виключення, наприклад, робота [9], хоча забезпечення необхідних параметрів функціонування є важливим також.

Якщо аналізувати англomовну сучасну літературу з ключовими словами «сталій розвиток» і «стале функціонування» (Sustainable operating, functioning), то сутністю відповідних досліджень є насамперед екологічні питання та питання економії палива, у тому числі в транспортній сфері взагалі та портовій діяльності зокрема, наприклад [16, 17] зменшення шуму та екологічного навантаження на місце та прилеглі території порту визначено як забезпечення сталого функціонування порту [17]. Отже, розглядаючи проблему сталого функціонування, слід взяти до уваги відмінності вітчизняної та зарубіжної термінології. Це пов'язано з рівнем розвитку розглянутих систем. Для розвинутих портів і портових терміналів (які є у Західній Європі) питання надійності технологічного обладнання є цілком технічними питаннями, тому що система організації технічного обслуговування та заміни кранів та іншої техніки є вже сталими та визначеними відповідно до рекомендацій виробника. Тобто йдеться тільки про надійність перевантажувального обладнання певних виробників або обладнання з певними новими технологіями. Крім того, неможливо порівняти виклики та негативний вплив зовнішнього середовища для українських портів та інших європейських портів. Для українських портів і терміналів, навіть довоєнних часів, за умов обмеженості ресурсів впровадження подібних систем не було можливим. Особливо слід зазначити

зовнішні умови та негативний вплив зовнішнього середовища в Україні в довоєнні часи, не говорячи вже про сучасний стан. Отже, можна стверджувати, що питання сталого функціонування контейнерних терміналів потребують наукової уваги з урахуванням запиту практики та практичної відсутності необхідного теоретичного базису.

Визначення мети та завдання дослідження. Метою дослідження є розроблення теоретичних положень щодо визначення сутності та умов сталого функціонування техніко-технологічної системи контейнерного терміналу для забезпечення його стійкої роботи в умовах впливу негативних факторів зовнішнього середовища. Досягнення мети передбачає вирішення таких завдань:

- визначення сутності сталого функціонування техніко-технологічної системи контейнерного терміналу та основних факторів впливу;
- розроблення формалізованого опису умов сталого функціонування техніко-технологічної системи контейнерного терміналу.

Основна частина дослідження. Виробнича спроможність будь-яких підприємств пов'язана з відповідною техніко-технологічною системою (іноді використовують термін «техніко-технологічна база» відносно економіки виробництва). За більшістю джерел, потенційна виробнича спроможність підприємства, мірилом якої є його виробнича потужність, переважно залежить від наявної в нього техніко-технологічної бази. В основі забезпечення сталого функціонування контейнерних терміналів, як і інших виробничих підприємств, є стале функціонування його техніко-технологічної системи. Функціонування техніко-технологічної системи забезпечує безпосередньо створення товару/послуги, для контейнерного терміналу – це послуги перевантаження, завантаження та зберігання контейнерів (TEU).

Отже, стає функціонування системи – це можливість забезпечувати задані параметри за умов різного негативного впливу внутрішніх і зовнішніх факторів. Під сталим функціонуванням контейнерного термінала розуміють можливість забезпечувати певний рівень пропускної спроможності (TEU) за умов негативного впливу факторів зовнішнього та внутрішнього середовища.

Введемо такі позначення: $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ – вектор параметрів функціонування техніко-технологічної системи, $x_1, x_2, \dots, x_n$ – продуктивність окремих технологічних ліній. Набір параметрів $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ визначає основний цільовий показник функціонування техніко-технологічної системи $R(x, t)$. Для контейнерного термінала $R(x, t)$ – це пропускна спроможність (TEU), t – час, який теоретично можна розглядати і як дискретну, і як безперервну величину, але в контексті функціонування термінала більш адекватним, на нашу думку, є дискретний підхід до часу, що більшою мірою відповідає практичному змісту стійкості. Тому $t = 0, 1, 2, \dots, T$, де T – «горизонт» планування діяльності термінала.

Загалом елементи техніко-технологічної системи можуть бути взаємопов'язаними, утворюючи технологічний ланцюжок, і незалежними, виконуючи конкретні операції. Для функціонування техніко-технологічної системи необхідні ресурси (наприклад електроенергія, паливо тощо), від якості яких, зокрема, залежать параметри техніко-технологічної системи $x_1, x_2, \dots, x_n$ і результат її функціонування – $R(x, t)$. Наприклад, неякісне паливо для технічних засобів може призвести до зниження продуктивності, поломок, простоїв. Перебої з електроенергією, людський фактор також

призводять до зниження певних параметрів функціонування техніко-технологічної системи. Крім того, природне зношування, старіння та якість обладнання теж впливають на взаємозв'язок параметрів $x_1, x_2, \dots, x_n$ і показника $R(x, t)$. Як фактори впливу зовнішнього середовища на техніко-технологічну систему термінала слід відзначити природно-кліматичні та техногенні фактори. Погодні умови (наприклад сильні морські вітри, вологість тощо) також впливають на технічний стан обладнання, його надійність. Отже, усі фактори, що впливають, можуть бути традиційно поділені на дві категорії – зовнішні і внутрішні (рис. 1).

Фактори зовнішнього середовища, зазначені вище, знаходяться поза компетенцією підприємства, але для подолання їхнього негативного впливу потрібна розроблена система заходів – система управління ризиками в технічному аспекті та необхідні резерви ресурсів для їх реалізації. Слід зазначити, що техногенні та природно-кліматичні фактори впливають безпосередньо на техніко-технологічну систему, у той час як інші фактори макросередовища – політичні, економічні, а також ринкові – впливають насамперед на економічну систему підприємства. Проте, як продемонстрували події під час війни з дефіцитом палива та електроенергії, такі ситуації є проявом впливу економіко-політичних факторів, але ж вони також є причиною неможливості здійснення виробничих процесів і зменшення виробничої потужності підприємств. Тому не тільки якість ресурсів, а і наявність їх є фактором впливу на стає функціонування техніко-технологічної системи підприємства.

Техніко-технологічна система контейнерного термінала складається з сукупності технічних засобів (перевантажувального обладнання різних категорій), які формують технологічні лінії для проведення вантажних робіт.

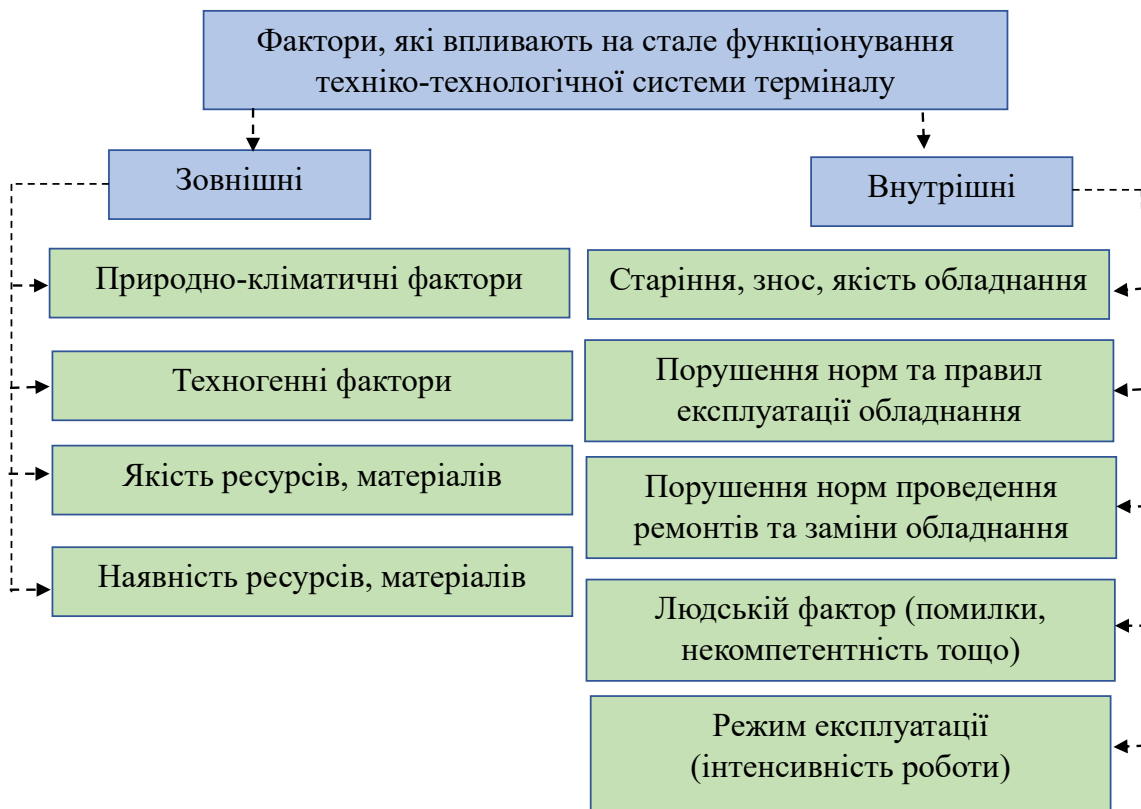


Рис. 1. Фактори, що впливають на стійкість функціонування техніко-технологічної системи терміналу

Забезпечення необхідного рівня пропускної спроможності (TEU) є сутністю сталого функціонування для контейнерного терміналу. Враховуючи специфіку контейнерних терміналів, можна вважати, що основними складовими їхнього сталого функціонування є необхідний стан техніко-технологічної системи; наявність ресурсів

необхідної кількості та якості (енергоресурси, людські ресурси); необхідний рівень глибин біля причалів (якщо йдеться про морський термінал); необхідний технічний стан причалів.

Отже, пропонуємо такий вираз умови сталого функціонування терміналу:

$$P(|R'(t) - R^f(x^f, t)| \leq \Delta R'(t)) \geq p_\alpha, t = 1, 2, 3, \dots, T, \quad (1)$$

де R^f – фактичний показник функціонування за фактичних параметрів техніко-технологічної системи $x^f(t) = (x^f_1(t), x^f_2(t), \dots, x^f_n(t))$;

R' – заданий рівень показника функціонування, який розраховано для $x'(t) = (x'_1(t), x'_2(t), \dots, x'_n(t))$ – планового рівня параметрів техніко-технологічної системи;

$\Delta R'$ – допустиме відхилення від заданого рівня функціонування;

P_α – мінімальна ймовірність, за якої має виконуватися $|R'(t) - R^f(x^f, t)| \leq \Delta R'(t)$.

Слід зазначити, що допустиме відхилення $\Delta R'$ встановлено на базі аналізу середнього рівня «завантаження» терміналу та планової пропускної спроможності. Зазвичай обсяги контейнеропотоків, які проходять через термінал (TEU), нижче, ніж R' , і можуть значно коливатися з урахуванням, наприклад, сезонності в перевезеннях деяких вантажів. Тому забезпечення умови (1), тобто певне відхилення фактичної пропускної спроможності R^f (TEU) від R' не призведе до проблем із переробкою контейнерів на терміналі, якщо рівень $\Delta R'$ обґрунтовано з урахуванням також і прогнозів контейнеропотоків. Наприклад, якщо пропускна спроможність терміналу $R'_i = 500$ тис. TEU, то з урахуванням фактичного контейнеропотоку на рівні 380-430 тис. TEU рівень $R^f_i = 450$ тис. TEU задовольняє вимоги сталого функціонування.

Декомпозиція пропускної спроможності контейнерного терміналу дає змогу подати її формування у вигляді схеми на рис. 2.

Пропускна спроможність, наприклад, морського терміналу $R(X, t)$ сформована як поєднання продуктивності (пропускної спроможності) технологічного обладнання причалів (TEU):

$$R(X, t) = \sum_{i=1}^n R_i(x_i, t), \quad (2)$$

де $R_i(x_i, t), i = \overline{1, n}$ – пропускна спроможність (продуктивність технологічного обладнання) i -го причалу (TEU);

$x_i, i = \overline{1, n}$ – параметри, які характеризують продуктивність технологічного обладнання причалу;

$X = \langle x_1, x_2, \dots, x_n \rangle$ – параметри, які характеризують елементи техніко-технологічної системи терміналу – складові технологічного обладнання.

У свою чергу продуктивність технологічного обладнання причалів залежить від продуктивності відповідного технологічного устаткування:

$$R_i(x_i, t) = C_i(x_i^1(t), x_i^2(t), \dots, x_i^{M_i}(t)), \quad (3)$$

де C_i – функція, яка описує залежність пропускної спроможності i -го причалу контейнерного терміналу від продуктивності складу технологічного обладнання та устаткування;

M_i – кількість обладнання на i -му причалі;

$x_i^1(t), x_i^2(t), \dots, x_i^{M_i}(t)$ – продуктивність технологічного устаткування причалу.

Існують різні варіанти формалізації залежності пропускної спроможності причалу від параметрів устаткування. Формула (2) описує узагальнення без конкретизації.

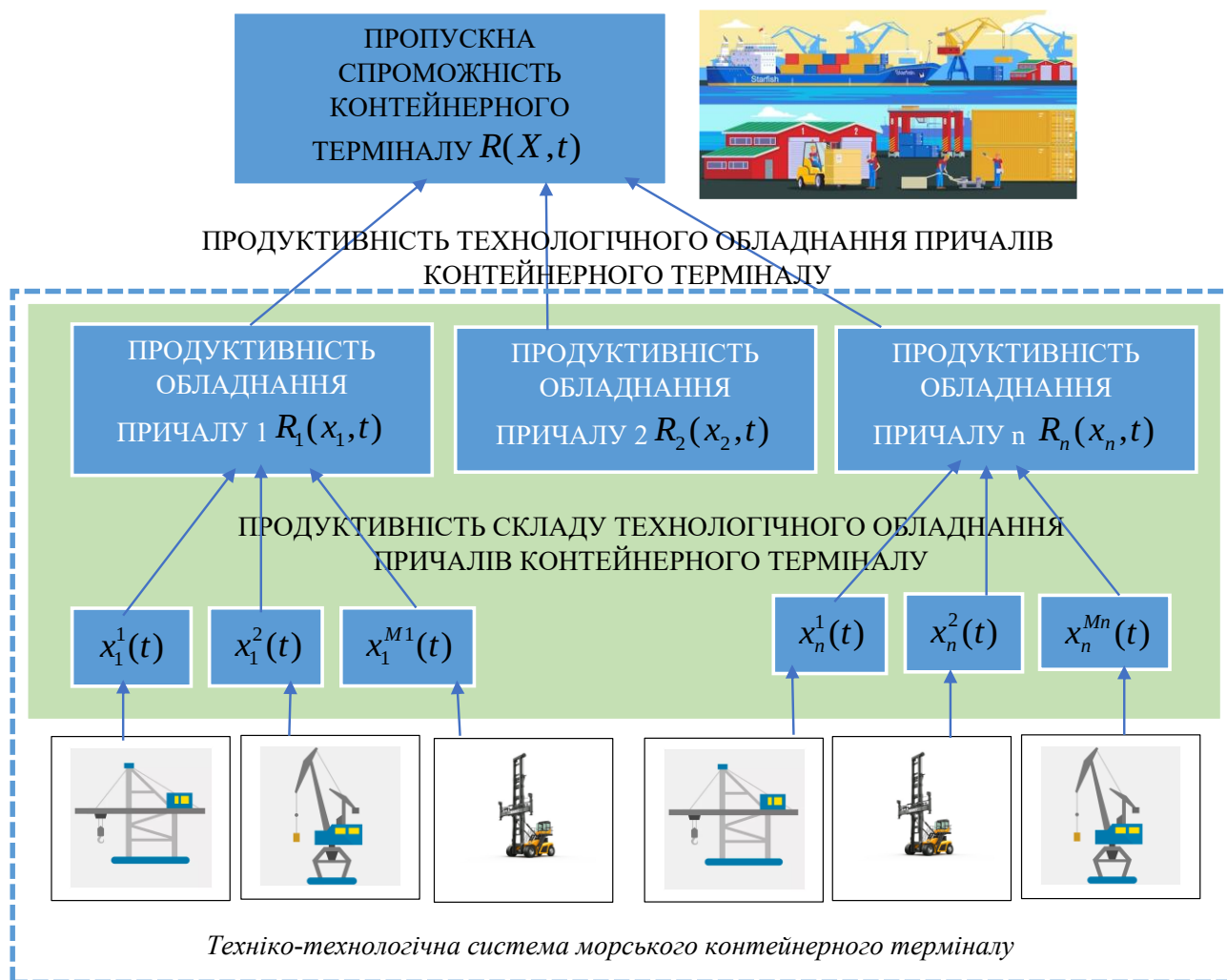


Рис. 2. Пропускна спроможність контейнерного терміналу як інтегральна характеристика відповідної техніко-технологічної системи

Проте, наприклад, у практиці портової діяльності використовують таку формулу для визначення пропускної спроможності i -го причалу:

$$R_i(x_i, t) = \frac{Q_i}{\frac{Q_i}{\bar{P}_i \cdot N_i} + t_{don}} \cdot T_p, \quad (4)$$

де Q_i – середнє завантаження судна, т;

$\bar{P}_i$ – середньозважена продуктивність технологічних ліній за прямим і складським варіантом, т/доба;

N_i – кількість технологічних ліній;

t_{don} – тривалість допоміжних операцій по судну, діб, які неможливо поєднати з вантажними роботами;

T_p – період, що розглядають, р. (діб).

У формулі (4) $\bar{P}_i$ визначено через $x_i^1(t), x_i^2(t), \dots, x_i^{M_i}(t)$ залежно від складу технологічних ліній, типу обладнання тощо.

Певний вигляд формули (3) не є предметом дослідження, тому в подальшому приймаємо узагальнений вигляд. Отже, сукупність параметрів

$\bigcup_{i=1}^n \{x_i^1(t), x_i^2(t), \dots, x_i^{M_i}(t)\}$ визначає пропускну спроможність контейнерного термінала.

З урахуванням викладеного вище шляхом декомпозиції отримаємо такі умови сталого функціонування портового контейнерного термінала як техніко-технологічної системи:

$$P(|R'_i(x'_i, t) - R^f_i(x^f_i, t)| \leq \Delta R'_i(t)) \geq p_{\gamma i}, i = \overline{1, n}, t = 1, 2, 3, \dots, T, \quad (5)$$

де $R'_i, \Delta R'_i$ – відповідно планова продуктивність (пропускна спроможність) і її припустиме зменшення для i -го причалу;
 R^f_i – фактична пропускна спроможність.

Умови (5) інтерпретують так: у кожний момент часу ймовірність того, що пропускна спроможність причалу термінала вище, ніж певний рівень $p_{\gamma i}$, який можна вважати достатнім для забезпечення сталого функціонування.

Отже,

$$\begin{aligned} P(|R'(X', t) - R^f(X^f, t)| \leq \Delta R'(t)) &= \\ &= \prod_{i=1}^n P(|R'_i(x'_i, t) - R^f_i(x^f_i, t)| \leq \Delta R'_i(t)) \geq \prod_{i=1}^n p_{\gamma i} \geq p_{\alpha}, \quad (6) \\ i &= \overline{1, n}, t = 1, 2, 3, \dots, T. \end{aligned}$$

Слід зазначити, що $\sum_{i=1}^n \Delta R'_i(t) = \Delta R'(t)$ з урахуванням того, що пропускна спроможність термінала визначена як сума пропускних спроможностей причалів.

У свою чергу забезпечення виконання умов (5) і (6) потребує виконання аналогічних умов для параметрів, які характеризують продуктивність кожного елемента зі складу техніко-технологічного обладнання кожного причалу.

Головну роль для забезпечення певного рівня продуктивності технологічних комплексів причалів відіграють портальні контейнерні перевантажувачі, тому що саме вони

здійснюють безпосередньо процес розвантаження/навантаження суден. Інше обладнання та устаткування підлягає перерозподілу між причалами, тому, якщо для окремих їхніх елементів порушено стале функціонування, це зазвичай не призводить до порушення сталого функціонування технологічного комплексу причалу і термінала в цілому. Тому для забезпечення виконання умови (6) насамперед необхідним є забезпечення сталого функціонування портальних контейнерних перевантажувачів.

З урахуванням цього факту умови сталого функціонування техніко-технологічної системи контейнерного термінала слід звизити, не розглядаючи всі елементи, а тільки основні, у нашому

випадку – причальних контейнерних перевантажувачів. Нехай серед елементів

множини $\bigcup_{i=1}^n \{x_i^1(t), x_i^2(t), \dots, x_i^{M_i}(t)\}$

виділено підмножину параметрів, які характеризують продуктивність портальних контейнерних перевантажувачів. Не обмежуючи загальності, приймаємо

$$\bigcup_{i=1}^n \{x_i^1(t), x_i^2(t), \dots, x_i^{L_i}(t)\} \subset \bigcup_{i=1}^n \{x_i^1(t), x_i^2(t), \dots, x_i^{M_i}(t)\}, \quad (7)$$

де $L_i, i = \overline{1, n}$ – кількість причальних контейнерних перевантажувачів i -го причалу.

До цієї множини також можна додати ще тилові контейнерні перевантажувачі, якщо вони для такого термінала відіграють також важливу роль і досить сильно впливають на пропускну спроможність термінала. У будь-якому випадку стале функціонування термінала на практиці залежить не від усіх складових техніко-

технологічної системи, а тільки її підмножини, яку необхідно визначити з урахування особливості термінала. У такому разі можна сформувати схему, як на рис. 3, на базі рис. 2, яка відображує концепцію формування множини умов сталого функціонування техніко-технологічної системи морського контейнерного термінала.

Отже, для кожного з основного устаткування наступні умови є умовами сталого функціонування:

$$P(|x_i^{ik}(t) - x_i^{fk}(t)| \leq \Delta x_i^{k'}(t)) \geq p_{ik}, k = \overline{1, L_i}, i = \overline{1, n}, t = 1, 2, \dots, T, \quad (8)$$

де $x_i^{ik}(t)$ – планова продуктивність k -го устаткування з множини основних;

$x_i^{fk}(t)$ – фактична продуктивність k -го устаткування з множини основних;

$\Delta x_i^{k'}(t)$ – припустиме відхилення фактичної продуктивності k -го устаткування з множини основних від запланованого рівня;

p_{ik} – імовірність забезпечення необхідного рівня продуктивності.

Слід зазначити, що визначення $\Delta x_i^{k'}(t)$ потребує окремого дослідження з урахуванням типу обладнання.

Отже, виконання умови (8) обумовлює виконання умови (6), що у свою чергу обумовлює виконання умови (1).

Слід зазначити, що коли визначають продуктивність устаткування $x_i^{ik}(t)$ (наприклад портальних перевантажувачів), то зазвичай не розглядають їх використання протягом 24 годин за добу, отже приймають коефіцієнт використання на рівні 0,7-0,8, що формує певний запас продуктивності та, як наслідок, запас пропускну спроможності технологічних комплексів причалів і термінала в цілому.

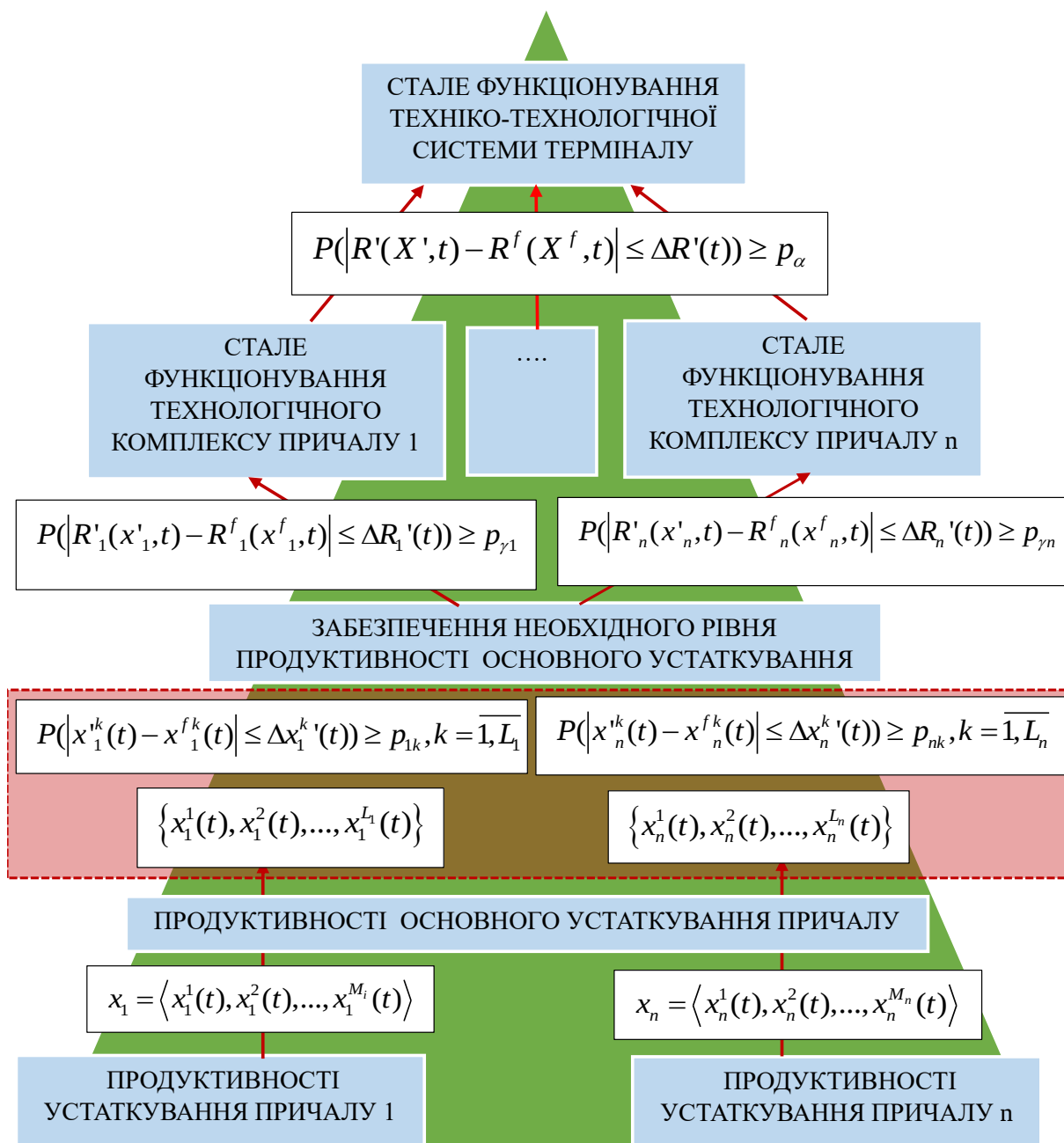


Рис. 3. Концепція формування множини умов сталого функціонування техніко-технологічної системи морського контейнерного термінала

Висновки. У дослідженні сформульовано основні теоретичні положення щодо визначення сутності та умов сталого функціонування техніко-технологічної системи контейнерного

термінала як основи сталого функціонування термінала в цілому.

Встановлено, що стале функціонування контейнерного термінала – це можливість забезпечувати певний рівень

пропускної спроможності (TEU) за умов негативного впливу факторів зовнішнього та внутрішнього середовища.

Встановлено фактори впливу на стале функціонування терміналу: природно-кліматичні, техногенні, наявність і якість ресурсів, старіння та знос техніки, порушення норм і правил експлуатації та обслуговування, людські помилки.

Визначено схему формування пропускної спроможності контейнерного терміналу як інтегральної характеристики відповідної техніко-технологічної системи. На її базі сформульовано умови сталого функціонування відповідно до послідовності «продуктивність устаткування причалів – пропускна спроможність причалів – пропускна спроможність терміналу».

Формалізацію умов сталого функціонування техніко-технологічної

системи контейнерного терміналу здійснено з використанням теорії ймовірностей з припущенням, що продуктивність технологічного обладнання, пропускна спроможність причалів і терміналу в цілому є випадковими величинами, на рівень яких впливає безліч внутрішніх і зовнішніх факторів.

Слід зазначити, що хоча в дослідженні спиралися на врахування структури морських контейнерних терміналів, проте отримані результати можуть бути адаптовані до структури та специфіки інших терміналів, що обґрунтовує їхню універсальність.

Викладені результати складають теоретичну базу для подальшого розроблення методів і засобів забезпечення сталого функціонування контейнерних терміналів.

Список використаних джерел

1. Kyryllova O., Kyryllova V. Theoretical foundations of spatial and functional evolution of ports. *Транспортні системи і технології*. 2022. 1. 170-189. DOI: 10.32703/2617-9040-2022-40-15.
2. Решетков Д. М., Онищенко С. П., Павлова Н. Л., Кириллова В. Ю. Сутність, переваги та проблеми автоматизації контейнерних терміналів морських портів. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. 2023. Т. 34 (73), № 2. С. 194–202. DOI: 10.32782/2663-5941/2023.2.2/33.
3. Kon W. K., Rahman N. S., Hanafiah R. M., Hamid S. A. The global trends of automated container terminal: A systematic literature review. *Maritime Business Review*. 2020. 6. P. 206–233
4. Melnyk O., Onyshchenko S., Pavlova N., Kravchenko O., Borovyk S. Integrated Ship Cybersecurity Management as a Part of Maritime Safety and Security System. *IJCSNS*. 2022. 22(3). 135. DOI: 10.22937/IJCSNS.2022.22.3.18.
5. Решетков Д. М., Бондарюк М. А., Онищенко С. П. Сутність, переваги та існуючий досвід розвитку розумних портів. *Розвиток транспорту*. 2022. № 4 (15). 108–122. DOI: 10.33082/td.2022.4-15.09.
6. Onishchenko O., Golikov V., Melnyk O., Onyshchenko S., Obertiur K. Technical and operational measures to reduce greenhouse gas emissions and improve the environmental and energy efficiency of ships. *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*. 2022. 116. DOI: 10.20858/sjsutst.2022.116.14.
7. Бондаренко Ю. А., Онищенко С. П. Структура та невизначеність контейнеропотоків у системі морських перевезень. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. 2024. Т. 35 (74), № 1. С. 139-146.

8. Берестенко В., Онищенко С. Ймовірнісні характеристики мультимодальної доставки. *Розвиток транспорту*. 2021. Vol. 1(12). Р. 118-128 DOI: 10.33082/td.2022.1-12.10.
9. Гнатієнко О., Дружинін В. Сучасні тенденції забезпечення функціональної стійкості складних організаційних систем. *Управління розвитком складних систем*. 2025. (60). 13–17. DOI: 10.32347/2412-9933.2024.60.13-17.
10. Висоцька І. Б. Теоретичні підходи до поняття «стійкість системи». *Науковий вісник Львівського державного університету внутрішніх справ. Серія економічна*. 2017. Вип. 2. С. 13-23.
11. Mogylevych D., Sboiev R. Analysis of functional safety of electronic communication system equipment. *Collection Information technology and security*. 2023. N 11. 96-105. DOI: 10.20535/2411-1031.2023.11.1.283816.
12. Функціональна стійкість технологічних процесів на основі нелінійної динаміки із застосуванням нейромереж / В. В. Собчук [та ін.]. *Сучасні інформаційні системи*. 2021. Т. 5, № 2. С. 49-57.
13. Барабаш О., Макачук А., Саланда І. Дослідження ймовірнісного показника функціональної стійкості розподілених інформаційних систем. *Measuring and computing devices in technological processes*. 2024. N 1. С. 45–50. DOI: 10.31891/2219-9365-2024-77-6.
14. Собчук В. В., Барабаш О. В., Мусієнко А. П. Основи забезпечення функціональної стійкості інформаційних систем підприємств в умовах впливу дестабілізуючих факторів: монографія. Київ: Міленіум, 2022. 272 с.
15. Калашник Г., Калашник-Рибалко М. Ознаки та критерії функціональної стійкості інтегрованого комплексу бортового обладнання сучасного повітряного судна та перспективні напрямки його розвитку. *Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил*. 2021. С. 7-15. DOI: 10.30748/zhups.2021.68.01.
16. Haraldson Sandra & Lind Mikael & Raza Zeeshan & Woxenius Johan & Olindersson Fredrik. The concept of the sustainable port - ports becoming enablers of sustainability in transports and logistics. 2023. DOI: 10.13140/RG.2.2.35250.99526.
17. Hossain Tahazzud & Adams Michelle & Walker Tony. Role of sustainability in global seaports. *Ocean & Coastal Management*. 2021. 202. DOI: 105435. 10.1016/j.occoaman.2020.105435.

Ларіна Ірина Миколаївна, PhD здобувач кафедри експлуатації портів і технологій вантажних робіт Одеського національного морського університету. ORCID iD: 0009-0005-1169-7223. Тел.: +38 (063) 317-69-05. E-mail: ivanovain92@gmail.com

Larina Iryna, Phd applicant, department of Port Operations and Handling Technology, Odesa National Maritime University. ORCID iD: 0009-0005-1169-7223. Tel. +38 (063) 317-69-05. E-mail: ivanovain92@gmail.com

Статтю прийнято 25.03.2025 р.