

**Міністерство освіти і науки України**

**Одеський національний морський університет**

Кафедра «Підйомно-транспортні машини та інжиніринг портового технологічного обладнання»

# **«Технологія проектування та обладнання спеціалізованих комплексів для великотоннажних контейнерів»**

методичні вказівки з виконання  
курсowego проекту навчальної дисципліни

**« Проектування спеціалізованих перевантажувальних комплексів »**

*підготовки другого (магістерського) рівня вищої освіти*

*Галузь знань G «Інженерія, виробництво та будівництво»*

*Спеціальність G 11 «Машинобудування»*

*Спеціалізація G 11.05 «Транспортні засоби портової інфраструктури»*

**ОДЕСА 2026**

Методичні вказівки розроблено Яременком Володимиром Анатолійовичем – доцентом кафедри «Підйомно-транспортні машини та інжиніринг портового технологічного обладнання» Одеського національного морського університету.

Методичні вказівки розглянуто та отримано на засіданні кафедри «Підйомно-транспортні машини та інжиніринг портового технологічного обладнання» «\_27\_» \_\_06\_\_2026 року (протокол № \_1\_\_).

Зростання обсягів зовнішньої торгівлі України та її подальша інтеграція у світове економічне співтовариство роблять особливо актуальними питання збільшення рівня обслуговування та пропускної спроможності морських портів України. Значення морських торгових портів України полягає й у тому, що вони можуть обслуговувати не лише вантажі,

що прибувають до нашої країни та вивозяться з неї, а й транзитні вантажопотоки. Стійке зростання морських перевезень через українські порти протягом останніх років доводить, що ринок України стає дедалі привабливішим для найбільших контейнерних фірм-транспортувальників. Для забезпечення таких обсягів морських перевезень вантажів у контейнерах можливе лише під час вирішення завдання збільшення пропускної спроможності та будівництва нових портових спеціалізованих комплексів, з передовою технологією вантажних робіт та сучасним перевантажувальним обладнанням.

## 1. ЗАДАЧІ І ЗМІСТ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

### 1.1. Мета проекту.

Сучасний спеціаліст у галузі механізації, автоматизації та технологічного проектування морського порту повинен мати теоретичні знання та навички для виконання основних розрахунків вантажопідйомних машин і вміти обґрунтовано проектувати або модернізувати високопродуктивні спеціалізовані перевантажувальні комплекси. Для виконання поставленого завдання пропонується виконання курсового проекту у рамках дисципліни «Технологічне проектування та обладнання спеціалізованих комплексів». Курсовий проект виконується відповідно до індивідуального завдання, в якому наводяться вихідні дані. Особливістю даного курсового проекту є отримання оптимального рішення порту як єдиного комплексу, що задовольняє вимогам безпечного прийому, найшвидшого завантаження-розвантаження та комплексного обслуговування сучасних та перспективних транспортних суден та відповідає умовам прогресивних способів перевезень на морському та суміжних видах транспорту. При цьому мають бути забезпечені: задана пропускна спроможність порту або вантажообіг на розрахунковий рік, можливість розвитку порту за межами розрахункового періоду на віддалену перспективу, екологічна безпека та економічна доцільність прийнятих рішень. Основними елементами технологічної структури проектного спеціалізованого перевантажувального комплексу (СПК) є причальний та складський перевантажувачі. Висока ефективність їх роботи може бути забезпечена лише за умови експлуатації з оптимальними параметрами та застосування раціональної технології та організації вантажних робіт. Ці методичні вказівки дозволяють студентам науково обґрунтувати оптимальні кінематичні параметри вантажопідіймальних машин, спеціалізованих для контейнерів, та вирішувати інші питання, пов'язані з обґрунтуванням оптимального проектування, експлуатації та модернізації спеціалізованих контейнерних комплексів.

### 1.2. Вихідні дані:

- Базовий порт
- Річний вантажообіг причалу – тис. контейнерів

- Контейнерівмісність максимального судна-контейнеровозу
- Контейнерівмісність середньозваженого судна-контейнеровозу
- Номінальна вантажопідйомність ППК - тонн
- Номінальна вантажопідйомність СВК – тонн
- Співвідношення контейнерів у вантажообігу 1А: 1С

### 1.3.Розрахунково-пояснювальна записка.

Розрахунково-пояснювальна записка курсового проекту виконується відповідно до чинних стандартів.

1.3.1. У розділі «Вступ» наводяться відомості щодо базового морського торгового порту; типів максимального та середньозваженого судна-контейнеровозу; опис типової технологічної схеми механізації та обладнання, що використовуються на причальному та тиловому фронтах та сортувальній площі.

1.3.2. У розділі технологічного проектування містяться вимоги та нормативи з технологічного проектування морських портів та встановлюється взаємозв'язок та співвідношення між параметрами головних елементів морських портів (перевантажувальні комплекси, причали, територія, перевантажувальні машини та обладнання, склади та інші об'єкти та споруди). Основні розміри та кількість портових споруд та пристроїв, а також кількість технологічних ліній та технологічного обладнання встановлюють на розрахунковий рік та заданий вантажообіг за винятком елементів порту, параметри яких визначають з урахуванням прогнозованих змін розмірів суден на перспективу, перспективного вантажообігу та суднообігу: перспективні глибини портової акваторії; перспективні глибини та довжини причальних споруд; розміри загальної акваторії порту, внутрішніх рейдів, басейнів та входних воріт, відповідно до методики, наведеної в Додатку 1.

1.3.3. У розділі «Розрахунок основного вантажопідйомного обладнання СВК» міститься розрахунок оптимальних кінематичних параметрів причального та складського перевантажувачів відповідно до методики, наведеної в Додатку 2.

1.3.4. У розділі «Укладання» наводяться результати розрахунків за розділами 1 та 2 та проводиться порівняльний аналіз із параметрами перевантажувального обладнання базового порту (варіанту).

### 1.4. Графічна частина проекту.

Курсовий проект виконується обсягом 3 аркушів креслень формату А1. Виконання графічної частини курсового проекту починається з компоувального опрацювання проекту спеціалізованого перевантажувального комплексу, схеми механізації та типу обладнання, що використовується на причальному та тиловому фронтах. Другий лист – загальний вигляд основної перевантажувальної машини (відповідно до індивідуального завдання). Третій лист – вузлове креслення приводу механізму (відповідно до індивідуального завдання).

### 1.5. Загальні вимоги.

Пояснювальна записка має бути написана на аркушах формату А4 відповідно до вимог ЕСКД. Об'єм пояснювальної записки становить приблизно 20 - 30 сторінок тексту, написаних чітко на одній стороні аркуша. Розрахунки доповнюються ескізами, розрахунковими схемами, епюрами, діаграмами, виконаними на окремих аркушах або тексті і ілюструються літерними позначеннями. У розрахунково-пояснювальній записці будь-які прийняті нормативні дані підтверджуються відповідними посиланнями на джерела із зазначенням таблиць та номерів сторінок. У розрахунках використовувати термінологію, позначення та розмірність, прийняту в систему СІ. Усі розрахунки також виробляються у системі СІ. Оформлення титульного листа розрахунково-пояснювальної записки наведено в додатку. Після завершення курсового проекту та за наявності підпису керівника на всіх кресленнях, на розрахунково-пояснювальній записці, пройшовши співбесіду на кафедрі, студент допускається до захисту проекту перед комісією, призначеною кафедрою «Підйомно-транспортні машини та механізація перевантажувальних робіт». При захисті проекту студент зобов'язаний обґрунтувати: компоновання СПК та схему механізації; вибір параметрів та конструкції машини, її габаритних розмірів та переваги у виготовленні, ремонті та обслуговуванні; прийнятих конструктивних рішень проєктованих основних вузлів.

## 2. ТЕХНОЛОГІЧНЕ ПРОЕКТУВАННЯ КОМПЛЕКСУ, СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО ДЛЯ КОНТЕЙНЕРІВ.

### 2.1. Загальні положення

2.1.1. Найбільш поширені схеми механізації та типи обладнання, що використовуються на причальному та тиловому фронтах та сортувальній площі наведені на рисунках 1 - 4.

2.1.2. Залежно від обсягу контейнерів із небезпечними хімічними вантажами на комплексі слід передбачити спеціальні майданчики із забезпеченням очищення, промивання контейнерів, утилізації розсипу, фумігації вантажів у контейнерах. Майданчики для миття контейнерів повинні бути обладнані засобами водопостачання та каналізації. Влаштування водопостачання та каналізації на території комплексу слід проводити відповідно до вимог безпеки праці та санітарних норм, що діють на території України.

### 2.2. Причальний фронт

2.2.1. Кількість причалів залежно від величини вантажообігу та типу судна-контейнеровозу слід приймати за таблицею 2.1.

Таблиця 2.1

| Параметри | Тип судна - максимальне / середньозважене |
|-----------|-------------------------------------------|
|-----------|-------------------------------------------|

|                                | $\frac{CK - 400}{CK - 250}$ |       | $\frac{CK - 1400}{CK - 650}$ |        |         | $\frac{CK - 2500}{CK - 800}$ |         |         |
|--------------------------------|-----------------------------|-------|------------------------------|--------|---------|------------------------------|---------|---------|
| Річний вантажообіг, тис. конт. | 20-40                       | 40-80 | 30-70                        | 70-160 | 160-230 | 40-100                       | 100-190 | 190-300 |
| Кількість причалів, од.        | 1                           | 2     | 1                            | 2      | 3       | 1                            | 2       | 3-4     |

2.2.2. Час обробки розрахункового судна  $T_{гр.м}$  у годинах визначають за формулою

$$T_{гр.м} = \frac{2D \cdot K_{им}}{M_m}, \quad (2.1)$$

де  $D$  - контейнероємність судна, од.;

$K_{им}$  - коефіцієнт використання місткості судна-контейнеровозу, що приймають рівним 0,85;

$M_m$  - інтенсивність вантажних робіт (чиста) у контейнерах на годину, що визначають за формулою

$$M_m = P_{лм} \cdot N_{лм}, \quad (2.2)$$

де  $P_{лм}$  - експлуатаційна продуктивність технологічної лінії, конт./год;

$N_{лм}$  - середня розрахункова кількість ліній, що приймаються за таблицею 2.2.

Т а б л и ц я 2.2

| Тип судна-контейнеровозу | Середня кількість ліній, $N_{лм}$ |
|--------------------------|-----------------------------------|
| СК-300-400               | 1,4                               |
| СК-700                   | 1,8                               |
| СК-1200-1400             | 1,9                               |
| СК-1800-2500             | 2,5-2,7                           |

При оптимізації параметрів головних елементів морських портів на стадії ескізного проектування необхідно мати аналітичну залежність між числом технологічних ліній, вантажообігом та типом судна-контейнеровозу, яку можна подати в апроксимованому вигляді:

$$N(T) = a_0 + a_1 \cdot T^{a_2}, \quad (2.3)$$

де  $N$  - кількість технологічних ліній на одне судно-контейнеровоз;

$T$  - кількість контейнерів TEU на судні-контейнеровозі;

$a_0, a_1, a_2$  - параметри узагальненої гіперболічної залежності.

Оптимальні значення параметрів цієї залежності знаходимо відповідно до теорії математичної статистики, за допомогою методу найменших квадратів:

$$\sum_{i=1}^n (N_i - (a_0 + a_1 \cdot T_i^{a_2}))^2 \rightarrow \min a_0, a_1, a_2, \quad (2.4)$$

де  $n$  - Число вихідних пар даних.

Реалізуючи цей метод за допомогою операції «Пошук рішення» пакета MS Excel, отримуємо конкретний вид залежності (1), представлений на рис.1 :

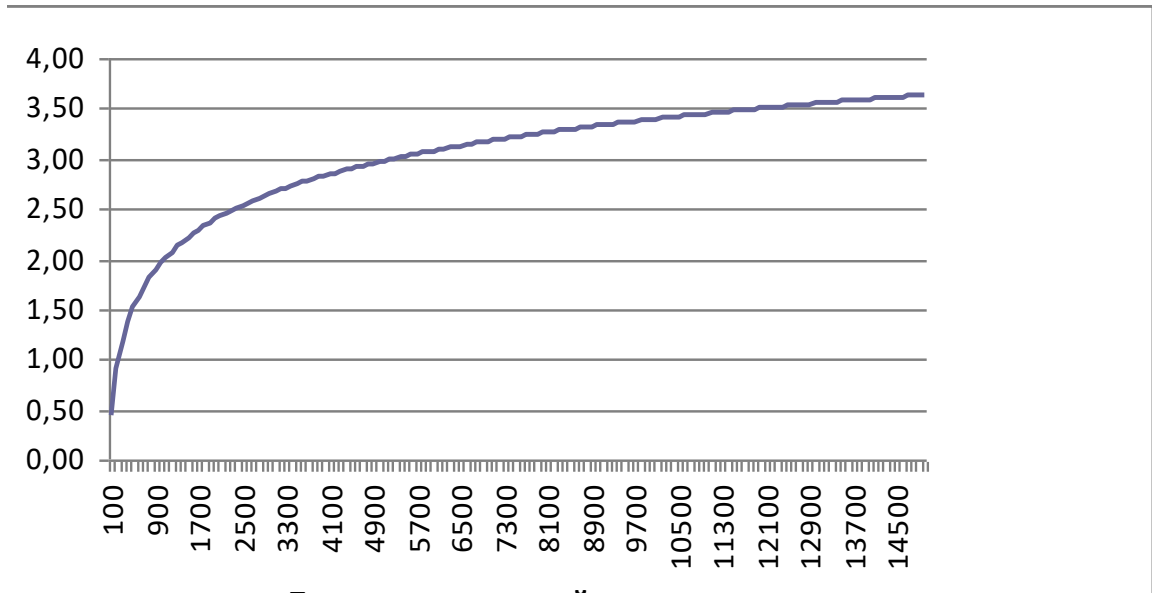


Рис.1. Залежність кількості технологічних ліній від типу судна-контейнеровозу.

2.2.3. Середній розрахунковий час зайнятості вантажного причалу під виробничими стоянками розрахункового судна приймають за таблицею

2.3.Таблиця 2.3

| Вид плавання                           | Дедвейт судна,<br>т | Весняно-літній період |                | Осінньо-зимовий період |               |
|----------------------------------------|---------------------|-----------------------|----------------|------------------------|---------------|
|                                        |                     | навантаження,         | розвантаження, | навантаження,          | вивантаження, |
|                                        |                     | год                   | год            | год                    | год           |
| Закордонне плавання та великий каботаж | До 1500             | 4,0                   | 1,5            | 4,5                    | 2,5           |
|                                        | 1501-3000           | 4,0                   | 1,5            | 4,5                    | 2,5           |
|                                        | 3001-5000           | 4,5                   | 1,5            | 4,5                    | 2,5           |
|                                        | 5001-8000           | 5,0                   | 2,0            | 5,0                    | 3,0           |
|                                        | 8001-12000          | 5,0                   | 2,0            | 5,5                    | 3,5           |
|                                        | 12001-16000         | 6,0                   | 2,5            | 6,0                    | 2,5           |
|                                        | Більше 16000        | 6,0                   | 3,0            | 6,5                    | 4,5           |
| Малий каботаж                          | До 1500             | 3,0                   | 1,0            | 3,5                    | 1,5           |
|                                        | 1501-3000           | 3,0                   | 1,0            | 3,5                    | 1,5           |
|                                        | 3001-5000           | 3,0                   | 1,0            | 3,5                    | 1,5           |
|                                        | 5001-8000           | 3,5                   | 1,5            | 4,0                    | 1,5           |
|                                        | 8001-12000          | 3,5                   | 1,5            | 4,0                    | 1,5           |
|                                        | Більше 12000        | 3,5                   | 1,5            | 4,0                    | 2,0           |

2.2.4. Технічну продуктивність технологічної лінії «причальний фронт - сортувальна площа» приймають за паспортними даними конкретних перевантажувальних машин або за значеннями, що рекомендуються:

- Причальний контейнерний перевантажувач для суден

місткістю до 400 контейнерів – 25 – 30 конт./год;

- Причальний контейнерний перевантажувач для суден

місткістю до 1400 контейнерів – 28 – 32 конт./год;

- Причальний контейнерний перевантажувач для суден

місткістю до 2500 контейнерів – 30 – 50 конт./год.

При використанні складного циклу (перенесення вантажу у двох напрямках за один цикл роботи причального контейнерного перевантажувача) для навантаження-розвантаження трюмів технічна продуктивність лінії зростає на 10%.

2.2.5. Технічна продуктивність портальних контейнерних навантажувачів та портових тягачів з напівпричепами залежно від потужності комплексу для суден-контейнеровозу місткістю від 300 до 2500 контейнерів для одного причалу наведена у таблиці 2.4.

Т а б л и ц я 2.4

| Тип машин                            | Технічна продуктивність машин, конт. |     |             |             |
|--------------------------------------|--------------------------------------|-----|-------------|-------------|
|                                      | місткість судів, конт. TEU           |     |             |             |
|                                      | 300-400                              | 700 | 1200 - 1400 | 1800 - 2500 |
| Портальний контейнерний навантажувач | 15                                   | 14  | 12          | 11          |
| Портовий тягач із напівпричепом      | 13                                   | 12  | 11          | 10          |

2.2.6. При трьох і більше причалах число машин, визначене проекті, множать на коефіцієнт суміжності, 0,7 - 0,8.

### 2.3. Тиловий автомобільний фронт

2.3.1. Кількість машин технологічної лінії «тиловий фронт - сортувальна площа» для навантаження-розвантаження автомобілів-контейнеровозів, складських та транспортних робіт від сортувальної площі та назад визначають при проектуванні виходячи з необхідності забезпечення безперебійної обробки автомобілів-контейнеровозів та складських робіт на сортувальній площі.

2.3.2. Навантаження-розвантаження автомобілів-контейнеровозів виробляють підйомно-транспортними машинами з числа використовуваних для складських робіт на сортувальній площі.

При використанні на сортувальній площі козлових контейнерних (пневмоколісних) кранів та козлових контейнерних перевантажувачів обробку автомобілів-контейнеровозів виробляють на будь-яких оперативних майданчиках сортувальної площі.

У разі застосування порталних контейнерних навантажувачів при навантаженні-розвантаженні автомобілів-контейнеровозів має бути передбачений майданчик при в'їзді на комплекс.

2.3.3. Прийом, огляд та зважування контейнерів, що прибувають автомобільним транспортом, здійснюють на контрольно-пропускному пункті, обладнаному вагами, при в'їзді на комплекс.

2.3.4. У розрахунках пропускну здатність вагів слід приймати рівною 25 конт./год.

Час оформлення приймання-передачі контейнера слід приймати рівним 3 хв.

2.3.5. При розрахунку експлуатаційної продуктивності лінії необхідно враховувати коефіцієнт зниження продуктивності через зважування на терезах, що дорівнює 0,9.

2.3.6. Довжину вантажного майданчика для обробки одного автомобіля-контейнеровозу приймають 16 м, ширину - 4м.

2.3.7. Кількість вантажних майданчиків визначають залежно від вантажообігу тилового автомобільного фронту, виходячи з добової інтенсивності одного майданчика, що дорівнює 70 конт./сут. Число технологічних ліній приймають рівним кількості вантажних майданчиків.

## 2.4. Компонування комплексу

2.4.1. Компонування СПК виконують з прив'язкою до конкретних умов комплексу та з використанням схем механізації, що рекомендуються:

- схема механізації № 1 – з порталними навантажувачами (малюнки 1 – 4);
- схема механізації № 2 – з пневмоколісними кранами (малюнки 5 – 6);
- схема механізації № 3 – з козовими перевантажувачами на рейковому ході (малюнки 7 – 8).

2.4.2. На комплексі має бути виконано розмітку території:

- смуги та напрямки руху автотранспорту та підйомно-транспортних машин, що беруть участь у технологічному процесі, а також місця їх стоянки;
- місця встановлення контейнерів;

- Пішохідні доріжки.

2.4.3. Для вирішення завдань автоматизації вантажно-розвантажувальних робіт на суднах-контейнеровозах комірчастої конструкції на комплексі має бути передбачено інформаційно-обчислювальний центр (ІОЦ).

ІОЦ може бути розміщений у блоці службових приміщень або інших, розташованих поблизу ПК, будинках.

2.4.4. На сортувальній площі під однією з консолей контейнерного козлового перевантажувача передбачають дворядний проїзд для тягачів з напівпричепами. Один із рядів використовують лише для проїзду, а другий – для вантажних робіт.

Допускається розміщувати вантажну смугу та робочий проїзд тягачів з напівпричепами під консолями козлового контейнерного перевантажувача або під порталом.

2.4.5. При проектуванні спеціалізованих комплексів для контейнерів мають бути дотримані протипожежні вимоги, що діють на території України.

Протипожежні розриви між будинками, що розміщуються на території комплексу, слід приймати за діючими СНіП. На територію комплексу має бути не менше двох в'їздів.

Відкриті контейнерні майданчики повинні бути обладнані установками пожежної сигналізації з ручними пожежними сповіщувачами, що мають виведення тривожного сигналу до диспетчерського комплексу. Розміщення ручних пожежних сповіщувачів - за діючими СНіП.

Витрати води на зовнішнє пожежогасіння відкритих майданчиків зберігання контейнерів з вантажами при кількості контейнерів понад 1000 одиниць приймають не менше 50 л/с.

Водопровідні мережі на цих майданчиках мають бути кільцевими. Пожежні гідранти мають у своєму розпорядженні уздовж автомобільних проїздів, трас руху порталних навантажувачів, тягачів з напівпричепами на відстані не більше 2,5 м від проїжджої частини, але не ближче 5 м від стін будівель.

### 3. ПОРЯДОК ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНИХ КИНЕМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВАНТАЖПІДЙОМНИХ МАШИН. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ.

3.1. При визначенні оптимальних кінематичних параметрів вантажопідйомних машин, спеціалізованих для контейнерів, слід враховувати річний вантажообіг причалу, максимальну та середньозважену контейнероємність суден, схему механізації та технологію вантажних робіт.

3.2. Для прийнятих схем механізації та технології вантажних робіт визначаються середньозважені шляхи переміщень механізмів за один робочий цикл машин.

За відсутності достатніх вихідних даних та з метою спрощення розрахунків рекомендується методика визначення середньозважених шляхів

переміщення причальних перевантажувачів (Додаток 1) та вантажопідіймальних машин, які обслуговують склади (Додаток 2).

3.3. Для прийнятих як вихідні дані вантажообігу, типу оброблюваних суден, технології вантажних робіт і знайдених шляхів переміщень механізмів обчислюється оптимальна тривалість машинного часу  $t_m$  середньозваженого циклу вантажопідіймальної машини (для відповідних машин див. п.п. 2.1, 3.1, 4.1, 5.1).

3.4. За значенням середньозважених шляхів та оптимальної тривалості машинного часу  $t_m$  визначаються значення оптимальних швидкостей робочих рухів механізмів підйому вантажу  $V_p$ , пересування візка і крана  $V_t$  і  $V_k$ , повороту  $\phi$  (для відповідних машин див. п.п. 2.2, 3.2, 4.2, 5).

Для гузопідйомних машин з трьома та чотирма робочими рухами (складських перевантажувачів, мостових та козлових кранів) у п.п. 3, 4, 5 наведено формули для середнього значення коефіцієнта суміщення вантажних операцій  $k_c = 0,75$ .

Якщо коефіцієнт поєднання вантажних операцій планується відмінним від  $k_c = 0,75$  (за умовами технології вантажних робіт), то для  $k^* \neq k_c$  проводиться коригування значень оптимальних швидкостей робочих рухів за формулами:

$$V_p^* = V_p + 0.42(k^* - 0,75);$$

$$V_t^* = V_t + 0.92(k^* - 0,75);$$

$$V_k^* = V_k + 0.86(k^* - 0,75);$$

---

\*тут і далі під терміном «середньозважений» мається на увазі параметр, середньозважений по всьому обсягу вантажних операцій, що виконуються вантажопідйомною машиною при обслуговуванні судна, складу і т.п.

где  $V_p^*$ ,  $V_t^*$ ,  $V_k^*$  - відповідно значення оптимальних швидкостей робочих рухів механізмів підйому вантажу, пересування візка та крана при коефіцієнті суміщення вантажних операцій  $k^*$ . обчислені значення оптимальних швидкостей по можливості (якщо відхилення не перевищують 5%) округляються до ряду кращих чисел за стандартом не є обов'язковим для вантажопідйомних машин, що перевантажують контейнери).

3.5. Для значень оптимальних швидкостей обчислюються значення оптимальних прискорень механізмів пересування візка, крана та повороту (див. п.п. 2.3, 3.3, 4.3, 5.3).

Обґрунтування оптимальних значень прискорень механізмів підйому вантажу проводиться не за техніко-економічними критеріями, а на стадії проектування та конструкторської розробки вантажопідйомної машини.

3.6. Визначається раціональна тривалість допоміжних операцій  $t_v$  за методикою, викладеною в Додатку 3, та вимоги до систем підвісу та гасіння коливань вантажозахоплювального пристрою, що забезпечує виконання допоміжних операцій за час  $t_v$ .

Обчислюється кількість годин роботи вантажопідйомної машини протягом року  $T$  (година).

$$T = \frac{(t_M + t_B) N_O}{3,6 k_T},$$

де 
$$N_O = \frac{N_{\Gamma} k_H}{m}, \quad (1)$$

$N_{\Gamma}$  – річний вантажообіг причалу, тис. контейнерів на рік;

$k_H$  – коефіцієнт, що враховує нерівномірність зайнятості технологічних ліній вантажного фронту. Значення  $k_H$  можуть змінюватися від 1,0 до 2,0 залежно від умов експлуатації обладнання та застосовуються за усередненими даними порту. Якщо такі відомості відсутні, то  $k_H$  слід набувати від 1,2 до 1,4 (більше значення набувається, якщо кількість однотипних машин, що обслуговують спеціалізований комплекс, не більше двох);

$m$  – число однотипних машин, які обслуговують причал (для причальних перевантажувачів  $m$  – число перевантажувачів на причалі; для складських перевантажувачів  $m$  – число складських перевантажувачів на складі тощо);

$k_T$  – коефіцієнт переходу від технічної до технологічної продуктивності технологічної лінії; для механізованого способу виробництва  $k_T = 0.75$ , для автоматизованого  $k_T = 0.9$ .

Отримане значення не повинно бути більшим за розрахункову максимальну кількість робочих годин протягом року ( $T_P$ ):

$$T_P = T_H k_{\Gamma} n_C n_{\text{ч}},$$

де  $T_H$  – тривалість навігації на добу.;

$k_{\Gamma}$  – коефіцієнт готовності, що визначає надійність вантажопідіймальної машини. Для попередніх розрахунків  $k_{\Gamma}$  можна приймати від 0,8 до 0,9 (менше значення групи режиму роботи 6К

$n_C$  – кількість робочих змін на добу;

$n_{\text{ч}}$  – кількість робочих годин в одній зміні, год.

Якщо під час перевірки виявилось, що  $T > T_P$ , слід повторити розрахунок, збільшивши число машин  $m$  чи зменшивши значення річного вантажообігу  $N_{\Gamma}$ , значення яких були неправильно попередньо задані.

#### 4. ОПТИМАЛЬНІ КІНЕМАТИЧНІ ПАРАМЕТРИ ПРИЧАЛЬНИХ ПЕРЕВАНТАЖУВАЧІВ

4.1. Визначається максимальний виліт морської консолі  $L_{MK}$  за параметрами максимального судна (орієнтовні значення  $L_{MK}$  для суден різної контейнеровмісності наведено у Додатку 1).

Обчислюється значення оптимальної тривалості машинного часу середньозваженого циклу перевантажувача  $t_M$ , з:

$$t_M = 20,0 l_{III}^{0.23} l_{TP}^{0.17} \left( \frac{L_{MK}}{N_O} \right)^{0.51} \left( \frac{D_C}{m_L} \right)^{-0.20} Q^{0.21},$$

де  $III$ ,  $TP$  – середньозважені шляхи вертикального переміщення вантажозахоплювального пристрою та пересування візка за один робочий цикл перевантажувача, м;

$L_{MK}$  – максимальний виліт морської консолі перевантажувача, м;

$$N_O = \frac{N_{\Gamma} k_H}{m};$$

$N_{\Gamma}$  - річний вантажообіг причалу, тис. Конт.;

$m_L$  – число технологічних ліній (перевантажувачів) на одне судно;

$D_C$  - контейнеровмісність середньозваженого судна, контейнерів TEU

$Q_3$ ,  $Q_K$  - максимальна маса захвату та контейнера, відповідно, т

4.2. Оптимальні значення номінальних швидкостей механізмів обчислюються за формулами:

$$V_{III} = 3,17 \cdot l_{III}^{0.94} \cdot l_T^{0.28} \cdot t_M^{-1.41}$$

$$V_{TP} = 3,84 \cdot l_{TP}^{0.36} \cdot l_T^{0.65} \cdot t_M^{-0.98}$$

$$V_{KP} = 4,43 \cdot l_K^{0.86} \cdot t_M^{-0.88}$$

Де:

$V_{\text{тп}}$  - номінальна швидкість підйому максимального вантажу, м\*с-1

$V_{\text{кп}}$  - швидкості пересування візка та крана, відповідно, м\*с-1

4.3. Значення оптимальних прискорень механізмів пересування візка та крана, відповідно, (атп, акп), м/с<sup>2</sup>:

$$a_{\text{тп}} = 3,3 \cdot \left( \frac{V_{\text{тп}}^2}{l_{\text{тп}}} \right)^{0,865}; \quad (6)$$

$$a_{\text{кп}} = 3,3 \cdot \left( \frac{V_{\text{кп}}^2}{l_{\text{кп}}} \right)^{0,823}; \quad (7)$$

где  $V_{\text{тп}}$  и  $V_{\text{кп}}$  – значення оптимальних швидкостей, обчислені за формулами (4) и (5), м · с<sup>-1</sup>.

## 5. ОПТИМАЛЬНІ КІНЕМАТИЧНІ ПАРАМЕТРИ СКЛАДСЬКИХ ПЕРЕВАНТАЖУВАЧІВ

5.1 Оптимальна тривалість машинного часу циклу складського перевантажувача, який обслуговує тільки склад, в секундах дорівнює:

$$t_{\text{м}} = 103 \cdot l_{\text{пс}}^{0,24} \cdot l_{\text{тс}}^{0,10} l_{\text{кп}}^{0,10} N_0^{-0,40} Q^{0,24} (q + 1)^{0,08}, \quad (8)$$

де  $l_{\text{пс}}$ ,  $l_{\text{тс}}$ ,  $l_{\text{кп}}$  – середньозважені шляхи вертикального переміщення вантажозахоплювального пристрою, пересування візка та крана при перевантаженні (або сортуванні) одного контейнера з урахуванням додаткових перестановок контейнерів, м;

$N_0 = \frac{N'_r}{m_r}$ ;  $N'_r$  – річний вантажообіг складу (кількість прийнятих, що видаються і сортуються контейнерів), тис. контейнерів;

$$N'_r = N_r [2(1 - K_{\text{п}}) + K_3],$$

$N_r$  – річний вантажообіг причалу, тис. контейнерів;

$K_{\Pi}$  - Коефіцієнт прямого варіанту, який дорівнює відношенню кількості перевантажуваних контейнерів за прямим варіантом до всього вантажообігу (для великотоннажних контейнерів зазвичай  $K_{\Pi}=0$ );

$K_d$  – коефіцієнт, що визначає частину вантажообігу контейнерів, що підлягають сортуванню на складі:  $K_d$  залежить від вантажопотоків і змінюється в межах від 0 до 1 (  $K_d=0$  – нет сортировки,  $K_d=1$  – всі контейнери підлягають сортуванню за ознаками);

$m_c$  – число складських перевантажувачів, що обслуговують склад;

$$Q = Q_z + Q_k;$$

$Q_z, Q_k$  – максимальна маса захвату та контейнера, відповідно, т;

$q$  – кількість додаткових перестановок контейнерів на кожен сортований контейнер (див. Додаток 2).

Якщо складський перевантажувач працює за варіантом «судно-причальний перевантажувач-тягач з причепом-складський перевантажувач-склад», то тривалість машинного часу його повинна визначатися за інтенсивністю роботи причального перевантажувача:

$$t_m = t_{цп} \cdot m_c - t_b, \quad (9)$$

где  $t_{цп}$  – тривалість циклу причального перевантажувача, с;

$m_c$  – число складських перевантажувачів, що обслуговують один причальний перевантажувач;

$t_b$  – тривалість допоміжних операцій за один робочий цикл складського перевантажувача, с.

5.2. Значення оптимальних швидкостей робочих рухів складського перевантажувача, який обслуговує тільки склад і не пов'язаного з навантаженням-вивантаженням судна, обчислюються за формулами:

$$V_{\Pi c} = 0,025 \cdot l_{\Pi c}^{0,60} \cdot l_{\Pi c}^{0,05} \cdot N_0^{0,46} \cdot t_m^{-0,22} \cdot Q^{-0,32}; \quad (10)$$

$$V_{\Pi c} = 0,16 \cdot l_{\Pi c}^{0,13} \cdot l_{\Pi c}^{0,56} \cdot N_0^{0,24} \cdot t_m^{-0,21} \cdot Q^{-0,17} \cdot (q + 1)^{-0,16} \quad (11)$$

$$V_{\Pi c} = 1,63 \cdot l_{\Pi c}^{0,47} \cdot t_m^{-0,47} \cdot Q^{-0,104}, \quad (12)$$

де  $V_{\text{ПС}}$  – значення номінальної швидкості підйому максимального вантажу,  $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$ ;

$V_{\text{ТС}}, V_{\text{КС}}$  – значення оптимальних швидкостей пересування візка та перевантажувача, відповідно,  $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$ ;

$t_{\text{м}}$  – тривалість машинного часу, обчислена за такою формулою (8), с.

При роботі складського перевантажувача за варіантом «судно-причальний перевантажувач-тягач з причепом-складський перевантажувач-склад» значення оптимальних швидкостей робочих рухів слід набувати за формулами:

$$V_{\text{ПС}} = 2,55 \cdot l_{\text{ПС}}^{0,31} \cdot l_{\text{ТС}}^{-0,05} \cdot t_{\text{м}}^{-1,5} \cdot Q^{-0,05}; \quad (13)$$

$$V_{\text{ТС}} = 8,88 \cdot l_{\text{ТС}}^{0,51} \cdot t_{\text{м}}^{-0,75} \cdot Q^{-0,036}; \quad (14)$$

$$V_{\text{КС}} = 2,53 \cdot l_{\text{КС}}^{0,51} \cdot t_{\text{м}}^{-0,59} \cdot Q^{-0,021}, \quad (15)$$

где  $t_{\text{м}}$  – тривалість машинного часу складського перевантажувача, с (див. (9);

інші позначення згідно з формулами (10), (12).

5.3 Значення оптимальних прискорень механізмів пересування складських перевантажувачів, які обслуговують лише склад, обчислюються за формулами:

$$a_{\text{ТС}} = 2,96 \cdot l_{\text{ТС}}^{-0,84} \cdot V_{\text{ТС}}^{1,62} \cdot (q + 1)^{0,82}; \quad (16)$$

$$a_{\text{КС}} = 0,66 \cdot l_{\text{КС}}^{-0,5} \cdot V_{\text{КС}}^{1,08} \cdot (q + 1)^{0,72}; \quad (17)$$

где  $V_{\text{ТС}}$  и  $V_{\text{КС}}$  – значення оптимальних швидкостей механізмів, обчислені за формулами (11) (12);

При роботі складського перевантажувача за варіантом «судно-причальний перевантажувач-тягач з причепом-складський перевантажувач-склад» значення оптимальних прискорень механізмів пересування візка та перевантажувача визначаються співвідношеннями

$$a_{\text{ТС}} = 2,86 \cdot l_{\text{ТС}}^{-0,8} \cdot V_{\text{ТС}}^{1,66} \cdot (q + 1)^{0,77};$$

$$a_{\text{КС}} = 0,67 \cdot l_{\text{КС}}^{-0,45} \cdot V_{\text{КС}}^{1,02} \cdot (q + 1)^{0,74};$$

где  $V_{TC}$  и  $V_{KC}$  – значення оптимальних швидкостей механізмів пересування візка та перевантажувача, відповідно, обчислені за формулами (14) та (15).

## 6. ОПТИМАЛЬНІ КИНЕМАТИЧНІ ПАРАМЕТРИ КОЗЛОВИХ КРАНІВ

Оптимальна тривалість машинного часу козлового крана визначається за формулою

$$t_H = 90 \cdot l_{ПК}^{0,22} \cdot l_{ТК}^{0,095} \cdot l_{КК}^{0,16} \varphi^{0,07} N_0^{-0,28} \quad (21)$$

где  $l_{ПК}$ ,  $l_{ТК}$ ,  $l_{КК}$  – середньозважені шляхи вертикального переміщення вантажозахоплювального пристрою, переміщення візка та крана за один робочий цикл, відповідно, м;

$\varphi$  – середньозважений кут повороту поворотної частини візка, град;

$$N_0 = \frac{N_r''}{m_K};$$

$N_r''$  – річний вантажообіг тилового вантажного фронту, тис. контейнерів;

$$N_r'' = N_r(1 - K_{П});$$

$N_r$  – річний вантажообіг причалу, тис. контейнерів;

$K_{П}$  – коефіцієнт прямого варіанту (див. П. 3.1);

$m_K$  – число козлових кранів, що обслуговують тилловий вантажний фронт.

6.2. Значення оптимальних швидкостей робочих рухів крана обчислюються за формулами:

$$V_{ПК} = 2,17 \cdot l_{ПК}^{0,76} \cdot l_{КК}^{0,16} \cdot t_M^{-0,99};$$

$$V_{ТК} = 0,74 \cdot l_{ПК}^{0,14} \cdot l_{КК}^{0,06} \cdot t_M^{-0,37}; \quad (22)$$

$$V_{КК} = 0,21 \cdot l_{КК}^{0,39} \cdot t_M^{-0,04}; \quad (23)$$

$$\varpi = 0,086 \cdot l_{ПК}^{0,11} \cdot l_{КК}^{0,09} \cdot \varphi^{0,47} \cdot t_M^{-0,44}$$

де  $V_{ПК}$  – номінальна швидкість підйому максимального вантажу,  
 $м \cdot с^{-1}$ ;

$V_{ТК}, V_{КК}$  – швидкість пересування візка та крана, відповідно,  $м \cdot с^{-1}$ ;

$\varpi$  – кутова частота обертання поворотної частини крана,  $рад \cdot с^{-1}$ ,  
 $\varphi$  – ( см. (21)).

6.3. Значення оптимальних прискорень механізмів горизонтального переміщення та обертання визначаються за формулами:

$$a_{ТК} = 0,56 \cdot V_{ТК}^{0,72} \cdot l_{ТК}^{-0,34};$$

$$a_{КК} = 0,20 \cdot V_{КК}^{0,14} \cdot l_{КК}^{0,18};$$

$$\varepsilon = 1,18 \cdot \varpi^{0,76} \cdot \varphi^{-0,36};$$

де  $a_{ТК}$  и  $a_{КК}$  – прискорення механізмів пересування візка та крана, відповідно,  
 $м \cdot с^{-2}$ ;

$\varepsilon$  – кутове прискорення механізму повороту,  $рад \cdot с^{-2}$ .

Інші позначення згідно (21) – (23).

## **6. МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ КІНЕМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПЕРЕВАНТАЖУВАЛЬНИХ МАШИН, СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ ДЛЯ КОНТЕЙНЕРІВ ISO.**

### **6. 1 Оптимальні кінематичні параметри причальних перевантажувачів**

Розрахунок оптимальних кінематичних параметрів причальних перевантажувачів проводять у наступній послідовності.

1. Розраховуємо максимальний виліт морської консолі  $L_{МК}$  враховуючі параметрами максимального судна (орієнтовні значення  $L_{МК}$  для суден різної контейнероємності, див.рис.6.1) за наступною методикою:

а) Існуючі технологічні схеми механізації з використанням причальних перевантажувачів відрізняються числом технологічних ліній під порталом перевантажувача, видом транспортного засобу для контейнерів (автоконтанеровози, тягачі з причепом, електровізка), розташування майданчика для зняття люкових закриттів (див. табл. 6.1).

Таблиця 6.1 - Відомості про схеми механізації вантажних робіт на причалі

| Номер схеми механізації | Кількість механізованих ліній під порталом $m$ | Кількість механізованих ліній під тиловою консолю $n$ | Розташування люкових закрить | Наявність буферного складу |
|-------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------|----------------------------|
| 1                       | 2                                              | -                                                     | під тиловою консолю          | -                          |
| 2                       | 3                                              | -                                                     | під тиловою консолю          | -                          |
| 3                       | 3                                              | 1                                                     | на судні                     | -                          |
| 4                       | 2                                              | 1                                                     | на судні                     | -                          |
| 5                       | 2                                              | от 1 до 4                                             | на судні                     | -                          |
| 6                       | 3                                              | от 1 до 4                                             | на судні                     | -                          |
| 7                       | -                                              | 2                                                     | під порталом                 | -                          |

**Примітка:** Схеми механізації з 1 до 7 передбачають використання транспортного засобу автоконтейнеровозів, тягачів з причепами або електровізків.

Усі технологічні схеми, перелічені у табл.61. є окремими випадками узагальненої розрахункової схеми, представленої на рис.6.1.

Ця методика розроблена для узагальненої розрахункової схеми, для всіх схем, перерахованих у табл. 6.1 наведено значення середньозважених шляхів переміщень механізмів.

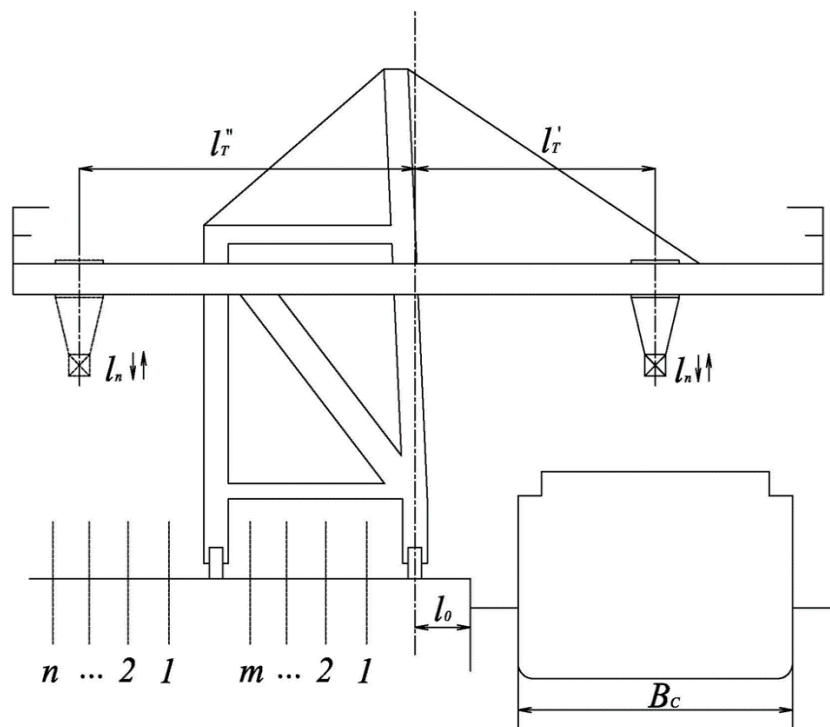


Рисунок 6.1 – Узагальнена розрахункова схема

б) середньозважені шляхи вертикальних переміщень вантажозахоплювального пристрою (ВЗП) за цикл (при простому циклі) наведено в табл.6.2 для різних схем механізації та типів суден.

Таблиця 6.2 - Значення середньозважених шляхів  $l_n$ , м.

| Тип судна                     | СК-150 | СК-400 | СК-750 | СКА-950 | СК-1200 | СК-1800 | СК-2200 |
|-------------------------------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| Вс, м                         | 15,8   | 19,5   | 25,0   | 26,0    | 29,0    | 32,2    | 32,2    |
| Схеми з авто контейнеровозами |        |        |        |         |         |         |         |
| Схема 1,7                     | 25,7   | 26,7   |        |         |         |         |         |
| Схема 2                       | 31,8   | 32,0   |        |         |         |         |         |
| Схема 3                       | 28,5   | 29,45  | 32,7   | 33,1    | 43,5    | 53,2    | 51,8    |
| Схема 4                       | 23,25  | 23,91  |        |         |         |         |         |
| Схема 5                       | 24,1   | 25,1   |        |         |         |         |         |
| Схема 6                       | 27,15  | 27,75  |        |         |         |         |         |
| Схеми с тягачами              |        |        |        |         |         |         |         |
| Схеми 1,2,3,4,7               | 15,5   | 18,8   | 29,9   | 30,2    | 40,5    | 50,2    | 49,0    |
| Схеми 5,6                     | 19,0   | 21,15  | 31,3   | 31,65   | 42,0    | 52,0    | 50,4    |

Оскільки середньозважені шляхи переміщень візка над судном залежать від параметрів судна, а над причалом від технології вантажних робіт, то приймають [21]:

$$l_T = l'_T + l''_T;$$

де  $l'_T$  та  $l''_T$  – середньозважені шляхи переміщень візка за один цикл перевантажувача над судном і причалом відповідно м.

Значення  $l'_T$  обчислюється за параметрами судна середньозваженої контейнеровмістності:

$$l'_T = B_c + 2(l_0 + 1),$$

де  $B_c$  – ширина судна, м;

$l_0$  – див. рис. 6.1.

Значення середньозваженого шляху візка за цикл перевантажувача  $l''_T$  для різних схем механізації наведено у табл. 6.3.

Таблиця 6.3 - Значення середньозважених шляхів  $l''_T$ , м [21]

| Варіант технології<br>(див. табл. 6.1) | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    |
|----------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Схеми з авто<br>контейнеровозами       | 15,7 | 15,0 | 20,6 | 22,9 | 24,8 | 22,0 | 42,1 |
| Схеми с тягачами                       | 15,3 | 15,3 | 20,8 | 22,7 | 24,6 | 22,3 | 40,8 |

в) значення середньозваженого шляху перевантажувача за робочий цикл залежать від технології вантажних робіт. Для схем механізації 5 та 6  $l_k$  не перевищує переміщення на довжину одного осередку судна  $l_a$ , а при схемах 1,2,3,4,7 - рух пересування перевантажувача, як правило, настановним рухом.

г) максимальний виліт морської консолі перевантажувача для суден різної контейнеровмісності вибирають з табл. 6.4.

Таблиця 6.4 - Максимальний виліт морської консолі

| Тип судна                          | СК-150 | СК-400 | СК-750 | СКА-950 | СК-1200 | СК-1800 | СК-2200 |
|------------------------------------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| Значення $L_{MK}$ при $L_0=2,75$ м | 19,2   | 23,88  | 29,6   | 30,1    | 33,44   | 38,2    | 38,3    |
| Значення $L_{MK}$ при $L_0=4,0$ м  | 20,45  | 25,13  | 30,85  | 31,35   | 34,69   | 39,45   | 39,55   |

2. Оптимальна тривалість машинного часу середньозваженого циклу перевантажувача  $t_M$ , с розраховують за формулою:

$$t_M = 20,0 l_{III}^{0,23} l_{TP}^{0,17} \left( \frac{L_{MK}}{N_o} \right)^{0,51} \left( \frac{D_C}{m_L} \right)^{-0,20} Q^{0,21}, \quad (6.1)$$

де  $l_{III}$ ,  $l_{TP}$  – середньозважені шляхи вертикального переміщення ВЗП та пересування візка за один робочий цикл перевантажувача, м;

$L_{MK}$  – максимальний виліт морської консолі перевантажувача, м;

$N_o = \frac{N_p k_H}{m}$ ;  $N_p$  - річний вантажообіг причалу, тис. конт.;

$m_L$  – число технологічних ліній (перевантажувачів) на одне судно;

$D_C$  - контейнеровмісність середньозваженого судна, контейнерів TEU

$Q_3$ ,  $Q_K$  - максимальна маса захвату та контейнера, відповідно, т

3. Оптимальні значення номінальних швидкостей механізмів обчислюються за формулами [21]:

$$V_{III} = 3,17 \cdot l_{III}^{0,94} \cdot l_T^{0,28} \cdot t_M^{-1,41} \quad (6.2)$$

$$V_{ТП} = 3,84 \cdot l_{II}^{0,36} \cdot l_T^{0,65} \cdot t_M^{-0,98} \quad (6.3)$$

$$V_{КП} = 4,43 \cdot l_K^{0,86} \cdot t_M^{-0,88} \quad (6.4)$$

де:  $V_{III}$  - номінальна швидкість підйому максимального вантажу,  $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$ ;

$V_{ТП}$  та  $V_{КП}$  - швидкості пересування візка та крана, відповідно,  $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$ .

3. Оптимальні прискорення механізмів пересування візка та крана, відповідно,  $(a_{ТП}, a_{КП})$ ,  $\text{м} \cdot \text{с}^{-2}$ :

$$a_{ТП} = 3,3 \cdot \left( \frac{V_{ТП}^2}{l_{ТП}} \right)^{0,865}; \quad (6.5)$$

$$a_{КП} = 3,3 \cdot \left( \frac{V_{КП}^2}{l_{КП}} \right)^{0,823}. \quad (6.6)$$

де  $V_{ТП}$  та  $V_{КП}$  – значення оптимальних швидкостей, обчислені за формулами (6.4) та (6.5),  $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$ .

## 6.2 Оптимальні кінематичні параметри складських перевантажувачів

1. Оптимальна тривалість машинного часу циклу складського перевантажувача, який обслуговує тільки склад, в секундах [21]:

$$t_M = 103 \cdot l_{ПС}^{0,24} \cdot l_{ТС}^{0,10} \cdot l_{КС}^{0,10} N_0^{-0,40} Q^{0,24} (q + 1)^{0,08}, \quad (6.7)$$

де  $l_{ПС}$ ,  $l_{ТС}$ ,  $l_{КС}$  – середньозважені шляхи вертикального переміщення вантажозахоплювального пристрою, пересування візка та крана при перевантаженні (або сортуванні) одного контейнера з урахуванням додаткових перестановок контейнерів, м;

$N_0 = \frac{N'_p}{m_c}$ ;  $N'_p$  – річний вантажообіг складу (кількість прийнятих, що видаються і сортуються контейнерів), тис. контейнерів;

$$N'_p = N_p[2(1 - K_{\Pi}) + K_3], \quad (6.7)$$

$N_p$  – річний вантажообіг причалу, тис. контейнерів;

$K_{\Pi}$  - Коефіцієнт прямого варіанту, який дорівнює відношенню кількості перевантажуваних контейнерів за прямим варіантом до всього вантажообігу (для великотоннажних контейнерів зазвичай  $K_{\Pi}=0$ );

$K_d$  – коефіцієнт, що визначає частину вантажообігу контейнерів, що підлягають сортуванню на складі:  $K_d$  залежить від вантажопотоків і змінюється в межах від 0 до 1 (  $K_d=0$  – відсутнє сортування,  $K_d=1$  – всі контейнери підлягають сортуванню за ознаками);

$m_c$  – число складських перевантажувачів, що обслуговують склад;

$$Q = Q_3 + Q_k; \quad (6.8)$$

$Q_3, Q_k$  – максимальна маса захвату та контейнера, відповідно, т;

$q$  – кількість додаткових перестановок контейнерів на кожен сортований контейнер (див. п.6.3).

Якщо складський перевантажувач працює за варіантом «судно-причальний перевантажувач-тягач з причепом-складський перевантажувач-склад», то тривалість машинного часу його повинна визначатися за інтенсивністю роботи причального перевантажувача:

$$t_M = t_{\text{цп}} \cdot m_c - t_B, \quad (6.9)$$

де  $t_{\text{цп}}$  – тривалість циклу причального перевантажувача, с;

$m_c$  – число складських перевантажувачів, що обслуговують один причальний перевантажувач;

$t_B$  – тривалість допоміжних операцій за один робочий цикл складського перевантажувача, с.

2. Оптимальні швидкості робочих рухів складського перевантажувача, який обслуговує тільки склад і не пов'язаного з навантаженням-вивантаженням судна, обчислюються за формулами [21]:

$$V_{\text{ПС}} = 0,025 \cdot l_{\text{ПС}}^{0,60} \cdot l_{\text{ТС}}^{0,05} \cdot N_0^{0,46} \cdot t_{\text{м}}^{-0,22} \cdot Q^{-0,32}; \quad (6.10)$$

$$V_{\text{ТС}} = 0,16 \cdot l_{\text{ПС}}^{0,13} \cdot l_{\text{ТС}}^{0,56} \cdot N_0^{0,24} \cdot t_{\text{м}}^{-0,21} \cdot Q^{-0,17} \cdot (q + 1)^{-0,16} \quad (6.11)$$

$$V_{\text{КС}} = 1,63 \cdot l_{\text{КС}}^{0,47} \cdot t_{\text{м}}^{-0,47} \cdot Q^{-0,104}, \quad (6.12)$$

де  $V_{\text{ПС}}$  – значення номінальної швидкості підйому максимального вантажу,  $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$ ;

$V_{\text{ТС}}, V_{\text{КС}}$  – значення оптимальних швидкостей пересування візка та перевантажувача, відповідно,  $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$ ;

$t_{\text{м}}$  – тривалість машинного часу, розрахована за такою формулою (6.8), с.

При роботі складського перевантажувача за варіантом «судно-причальний перевантажувач-тягач з причепом-складський перевантажувач-склад» значення оптимальних швидкостей робочих рухів слід набувати за формулами [21]:

$$V_{\text{ПС}} = 2,55 \cdot l_{\text{ПС}}^{0,31} \cdot l_{\text{ТС}}^{-0,05} \cdot t_{\text{м}}^{-1,5} \cdot Q^{-0,05}; \quad (6.13)$$

$$V_{\text{ТС}} = 8,88 \cdot l_{\text{ТС}}^{0,51} \cdot t_{\text{м}}^{-0,75} \cdot Q^{-0,036}; \quad (6.14)$$

$$V_{\text{КС}} = 2,53 \cdot l_{\text{КС}}^{0,51} \cdot t_{\text{м}}^{-0,59} \cdot Q^{-0,021}, \quad (6.15)$$

де  $t_{\text{м}}$  – тривалість машинного часу складського перевантажувача, с (див. формулу (6.9)).

3 Оптимальні прискорення механізмів пересування складських перевантажувачів, які обслуговують лише склад, обчислюються за формулами [21]:

$$a_{\text{ТС}} = 2,96 \cdot l_{\text{ТС}}^{-0,84} \cdot V_{\text{ТС}}^{1,62} \cdot (q + 1)^{0,82}; \quad (6.16)$$

$$a_{\text{КС}} = 0,66 \cdot l_{\text{КС}}^{-0,5} \cdot V_{\text{КС}}^{1,08} \cdot (q + 1)^{0,72}; \quad (6.17)$$

де  $V_{\text{ТС}}$  и  $V_{\text{КС}}$  – значення оптимальних швидкостей механізмів, розраховані за формулами (6.11) та (6.12);

При роботі складського перевантажувача за варіантом «судно-причальний перевантажувач-тягач з причепом-складський перевантажувач-склад» значення оптимальних прискорень механізмів пересування візка та перевантажувача визначаються співвідношеннями [21]:

$$a_{TC} = 2,86 \cdot l_{TC}^{-0,8} \cdot V_{TC}^{1,66} \cdot (q + 1)^{0,77};$$

$$a_{KC} = 0,67 \cdot l_{KC}^{-0,45} \cdot V_{KC}^{1,02} \cdot (q + 1)^{0,74};$$

де  $V_{TC}$  и  $V_{KC}$  – оптимальні швидкості механізмів пересування візка і перевантажувача, відповідно, обчислені за формулами (6.14) и (6.15).

### 6.3 Розрахунок середньозважених шляхів переміщень механізмів вантажопідйомних машин, що обслуговують склад

1. Середньозважені шляхи переміщень механізмів вантажопідіймальних машин, що обслуговують склад, визначаються за геометричними параметрами складу, висотою штабелювання та коефіцієнтом зайнятості складу.

2. Середньозважений вертикальний шлях ВЗП при прийманні та видачі контейнерів зі складу відповідно рівні

$$l_n^p = l_n^{C2} + l_n^T; \quad (6.18)$$

$$l_n^B = l_n^{C1} + l_n^T; \quad (6.19)$$

де  $l_n^{C2}$  – найбільш ймовірний вертикальний шлях ВЗП до середньозваженого вільного контейнеромісця в зоні складування за ознакою, м;

$l_n^T$  – робочі та холості шляхи ВЗП при знятті контейнера з транспортного засобу або установці на транспортний засіб, м;

$l_n^{C1}$  – найімовірніший вертикальний шлях ВЗП, що припадає на один контейнер у зоні сортування (без урахування додаткових перестановок).

Значення  $l_n^{C1}$ ,  $l_n^{C2}$  и  $l_n^T$  обчислюються за формулами [21]:

$$l_n^{C1} = 3,26 \cdot n^{0,97} \cdot K_3^{-0,20} \quad (6.20)$$

$$l_n^{C2} = 2,61 \cdot n^{0,58} \cdot K_3^{-0,48} \quad (6.21)$$

$$l_n^T = (2n - 1)H_K + 2 - 2h_T, \quad (6.22)$$

де  $n$  – кількість ярусів складування контейнерів;

$\kappa_3$  – коефіцієнт зайнятості складу;

$H_k$  – висота контейнера (приймають  $H_k=2,44$  м);

$h_T$  – висота платформи транспортного засобу, м.

3. Середньозважений вертикальний шлях ВЗП при сортуванні контейнерів з урахуванням додаткових перестановок обчислюється за формулою:

$$l_n^c = l_n^{c1} + l_n^{c2} + 0,5(l_n^{c2} + l_n^{A1})q, \quad (6.22)$$

де  $l_n^{A1}$  – найімовірніший шлях ГЗУ при перестановці контейнера у найгіршому варіанті сортування;

$q$  – середня кількість перестановок, що припадає на один сортований контейнер.

Значення  $l_n^{A1}$  та  $q$  відповідно [21]:

$$l_n^{A1} = 1,85n^{1,08}\kappa_3^{-0,25}, \quad (6.23)$$

$$q = 0,24n^{1,24}\kappa_3^{0,59}, \quad (6.24)$$

Якщо розраховують середньозважені шляхи для вантажопідіймальних машин, що забезпечують прийом, видачу та сортування (одноразове) контейнерів, то  $l_n = \left(\frac{1}{2+\kappa_d}\right) \cdot (l_n^p + l_n^B + \kappa_d l_n^c);$  (6.25)

де  $l_n^p$ ,  $l_n^B$ ,  $l_n^c$  – розраховують за формулами (6.18), (6.19), (6.22)

$\kappa_d$  – коефіцієнт, визначальний яка частина вантажообігу контейнерів які підлягають сортуванню на складі.

Якщо передбачається використання складі окремих типів машин прийому, видачі і сортування, то значення  $l_n$  визначається за формулами (6.18), (6.19) або (6.22).

4. Середньозважені шляхи візка при прийманні та видачі контейнерів (без сортування) визначаються за габаритами складської площі, з якої проводиться приймання або видача контейнерів [21]:

$$l'_T = B_{ш} + 2b_{ш}, \quad (6.26)$$

де  $B_{\text{ш}}$  – ширина штабеля, що обслуговується, м;

$b_{\text{ш}}$  – відстань від штабеля контейнерів до середини оперативного майданчика, де здійснюється прийом та видача контейнерів, м.

Для прикладу на рис 6.2 показаний план складу, що обслуговується складською машиною, на якому здійснюється прийом контейнерів в зону А, сортування із зони А в зони В і С і видача із зон В і С без сортування. На рисунку також показані розміри  $B_{\text{ш}}$  і  $b_{\text{ш}}$  для штабелей А, В и С ( відповідно  $B_{\text{ш}}^A, b_{\text{ш}}^A, B_{\text{ш}}^B$  и т. д.)

5. Середньозважений шлях крана  $l'_k$  при прийманні та видачі контейнерів без сортування та значною мірою залежить від технології вантажних робіт та організації подачі транспортних засобів (тягачів, візків тощо) під вантажопідйомну машину. Але слід так організувати вантажні операції на складі, щоб  $l'_k$  було мінімальним, при цьому

$$l'_k \leq \frac{1}{2} L_{\text{ш}}, \quad (6.27)$$

де  $L_{\text{ш}}$  – довжина штабеля контейнерів, що обслуговується (на рис. 6.2 показані розміри штабеля А, В, С відповідно  $L_{\text{ш}}^A, L_{\text{ш}}^B, L_{\text{ш}}^C$ ), м.

Середньозважені шляхи візка та крана при сортуванні контейнерів визначаються відповідно

$$l''_T = 2l_T^c + l_T^d; \quad l''_k = 2l_k^c + l_k^d; \quad (6.28)$$



$l_T^D$  и  $l_K^D$  - середньозважені шляхи переміщень візка та вантажопідіймальної машини при додаткових перестановках контейнерів, пов'язаних із сортуванням одного контейнера.

$$l_{\text{T}}^{\text{D}} = 2l_0 q \cos \alpha;$$

де  $l_0$  – найбільш ймовірна відстань від центру контейнера, що підлягає сортуванню, до центру найближчого вільного контейнеромісця, м;

28

$q$  – середня кількість перестановок контейнерів, що припадають на один сортований контейнер (див. формулу (6.24)).

Значення  $l_0$  обчислюється за формулою

$$l_0 = 5,7 \cdot \sqrt{k_3}, \quad (6.30)$$

де  $k_3$  – коефіцієнт зайнятості складу.

При розміщенні контейнерів довгою стороною вздовж шляху вантажопідйомної машини  $\text{tg} \alpha$  зміняться від 2 до 1 (для контейнерів 1С). Попередньо можна прийняти  $\text{tg} \alpha = 1,5$  тобто.  $\alpha = 56,3^\circ$ .

6. Якщо визначають середньозважені шляхи переміщень механізмів вантажопідіймальної машини, що здійснює прийом, видачу та сортування (одноразове) контейнерів, то значення шляхів переміщень візка та крана відповідно обчислюються за формулами [21]:

$$l_T = \frac{1}{3} (2l'_T + l''_T); \quad l_K = \frac{1}{3} (2l'_K + l''_K), \quad (6.31)$$

де  $l'_T, l''_T, l'_K$  и  $l''_K$  - середньозважені шляхи переміщень, розраховані за формулами (6.26)–(6.28).

Якщо планується робота вантажопідіймальної машини з приймання, видачі або сортування контейнерів, то значення середньозважених шляхів пересування візка та крана обчислюються за формулами (6.26), (6.27), (6.28).

6.4. Розрахунок оптимальних кінематичних параметрів козлових кранів

1. Оптимальна тривалість машинного часу козлового крана визначається за формулою [21]:

$$t_H = 90 \cdot l_{ПК}^{0,22} \cdot l_{ТК}^{0,095} \cdot l_{КК}^{0,16} \varphi^{0,07} N_0^{-0,28} \quad (6.32)$$

де  $l_{ПК}, l_{ТК}, l_{КК}$  – середньозважені шляхи вертикального переміщення ВЗП, переміщення візка та крана за один робочий цикл, відповідно, м;

$\varphi$  – середньозважений кут повороту поворотної частини візка, град;

$$N_0 = \frac{N_r''}{m_k};$$

$N_r''$  – річний вантажообіг тилового вантажного фронту, тис. контейнерів;

$$N_r'' = N_r(1 - K_{\Pi});$$

$N_r$  – річний вантажообіг причалу, тис. контейнерів;

$K_{\Pi}$  – коефіцієнт прямого варіанту ;

$m_k$  – число козлових кранів, що обслуговують тилловий вантажний фронт.

2. Оптимальні швидкості робочих рухів крана визначають за формулами [21]:

$$V_{\text{ПК}} = 2,17 \cdot l_{\text{ПК}}^{0,76} \cdot l_{\text{КК}}^{0,16} \cdot t_{\text{М}}^{-0,99}; \quad (6.33)$$

$$V_{\text{ТК}} = 0,74 \cdot l_{\text{ПК}}^{0,14} \cdot l_{\text{КК}}^{0,06} \cdot t_{\text{М}}^{-0,37}; \quad (6.34)$$

$$V_{\text{КК}} = 0,21 \cdot l_{\text{КК}}^{0,39} \cdot t_{\text{М}}^{-0,04}; \quad (6.35)$$

$$\varpi = 0,086 \cdot l_{\text{ПК}}^{0,11} \cdot l_{\text{КК}}^{0,09} \cdot \varphi^{0,47} \cdot t_{\text{М}}^{-0,44} \quad (6.36)$$

де  $V_{\text{ПК}}$  – номінальна швидкість підйому максимального вантажу,  $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$ ;

$V_{\text{ТК}}$ ,  $V_{\text{КК}}$  – швидкість пересування візка та крана, відповідно,  $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$ ;

$\varpi$  – кутова частота обертання поворотної частини крана,  $\text{рад} \cdot \text{с}^{-1}$ .

3. Оптимальні прискорення механізмів горизонтального переміщення та обертання визначаються за формулами [21]:

$$a_{\text{ТК}} = 0,56 \cdot V_{\text{ТК}}^{0,72} \cdot l_{\text{ТК}}^{-0,34};$$

$$a_{\text{КК}} = 0,20 \cdot V_{\text{КК}}^{0,14} \cdot l_{\text{КК}}^{0,18};$$

$$\varepsilon = 1,18 \cdot \varpi^{0,76} \cdot \varphi^{-0,36};$$

де  $a_{\text{ТК}}$  и  $a_{\text{КК}}$  – прискорення механізмів пересування візка та крана, відповідно,  $\text{м} \cdot \text{с}^{-2}$ ;

$\varepsilon$  – кутове прискорення механізму повороту,  $\text{рад} \cdot \text{с}^{-2}$ .

## 6.5 Визначення продовження допоміжних операцій

1. Загальна тривалість допоміжних операцій з урахуванням додаткових перестановок крана [21]:

$$t_B = (t_z + t_p) \cdot (q + 1) + t_{H1} + t_{H2} \cdot q + t_0, \quad (6.37)$$

де  $t_z$  и  $t_p$  - тривалість застропки та відстропки, відповідно, с;

$q$  – число додаткових перестановок контейнерів, що припадають на кожен контейнер, що сортується (для прийому та видачі контейнерів без сортування  $q=0$ );

$t_{H1}$  и  $t_{H2}$  – тривалість націлювання на місце укладання за один цикл при сортуванні одного контейнера і при додатковій перестановці одного контейнера, відповідно;

$t_0$  – тривалість огляду контейнера, с.

2. Тривалість застропки та відстропки контейнера залежить від типу ВЗП, його регулювання, кваліфікації оператора тощо. Якщо немає відомостей про тривалість спрацьовування захоплення, то під час розрахунків слід прийняти  $t_z = t_p = 4$ с.

Значення  $q$  визначається за формулою, описаною в Додатку 2.

1.3. Тривалість націлювання на місце укладання  $t_{H1}$  и  $t_{H2}$  у загальному випадку складається з таких складових:

$t_{KK}$  - тривалість націлювання контейнера на контейнер, с;

$t_{KY}$  - тривалість націлювання контейнера на комірку, с;

$t'_{KP}$  и  $t''_{KP}$  – тривалість націлювання контейнера на палубу або платформу, с;

$t_{ZY}$  - тривалість націлювання захоплення на комірку судна, с;

$t_{ZK}$  - тривалість націлювання захоплення на контейнер, с;

У табл. 6.5 наведено складові середньозважених циклів різних типів вантажопідіймальних машин при виконанні операцій приймання, видачі та сортування контейнерів.

Таблиця 6.5 - Складові тривалості допоміжних операцій за середньозважений цикл вантажопідіймної машини

| Тип машини                               | Варіант технологій     | Тривалість націлювання | Складові тривалості націлювання |              |                              |              |              |
|------------------------------------------|------------------------|------------------------|---------------------------------|--------------|------------------------------|--------------|--------------|
|                                          |                        |                        | $t_{KK}$                        | $t_{KЯ}$     | $t_{KP}$                     | $t_{ЗЯ}$     | $t_{ЗК}$     |
| Причальний перевантажувач                | 3 автоконтейнеровозами | $t_{H1}$               | -                               | $0,35t_{KЯ}$ | $0,15t'_{KP}$                | $0,35t_{ЗЯ}$ | $0,65t_{ЗК}$ |
|                                          | 3 тягачами             | $t_{H1}$               | -                               |              | $0,15t'_{KP} + 0,5 t''_{KP}$ |              |              |
|                                          | 3 буферним складом     | $t_{H1}$               | $0,5t_{KK}$                     |              | $0,15t'_{KP}$                |              |              |
| Складський перевантажувач, мостовий кран | 3 тягачами             | $t_{H1}$               | $0,5t_{KK}$                     | -            | $0,5 t''_{KP}$               | -            | $t_{ЗК}$     |
|                                          |                        | $t_{H2}$               | $t_{KK}$                        | -            | -                            |              |              |
| Козловий кран                            | 3 автоконтейнеровозами | $t_{H1}$               | -                               | -            | $0,5 t''_{KP}$               | -            | $t_{ЗК}$     |
|                                          | 3 тягачами             | $t_{H1}$               | -                               | -            | $t''_{KP}$                   |              |              |
|                                          | 3 буферним складом     | $t_{H1}$               | $0,5t_{KK}$                     | -            | $0,5 t''_{KP}$               |              |              |

**Примітка:** при визначенні складових  $t_{H1}$  прийнято, що 30% всіх контейнерів перевозиться на палубі, а обсяг навантаження та вивантаження контейнерів на судні є однаковим.

Тривалість огляду контейнера  $t_0$  при обслуговуванні причального та тилового вантажних фронтів залежить від організації робіт та змінюється від 5 до 30 і більше (при виникненні спірної ситуації). Якщо технологією не визначено час огляду контейнерів, слід прийняти  $t_0 = 10$  с.

## 2. Тривалість націлювання на місце укладання

Тривалість націлювання на місце укладання залежить від способу підвісу вантажу, системи гасіння коливань, висоти підвісу ВЗП, необхідної точності при укладанні та досвідченості кранівника.

Для вантажопідіймальної машини з просторовим підвісом вантажу рекомендується на стадії проектування складові  $t_H$  обчислювати за наступними формулами [21]:

$$t''_{KP} = 0,5 \cdot t'_{KP} ; \quad t'_{KP} = \frac{3,7}{(t_{g\alpha})^{1,5}} ; \quad t_{KK} = \frac{1,2}{(t_{g\alpha})^{1,5}} ; \quad t_{KЯ} = \frac{0,6}{(t_{g\alpha})^{1,5}} ;$$

$$t_{3к} = \frac{3,1}{tg\alpha} ; \quad t_{3я} = \frac{2,7}{tg\alpha} , \quad (6.38)$$

де  $\alpha$  - кут нахилу вантажних канатів до вертикалі при націлюванні вантажу на місце укладання.

Для вантажопідіймальної машини зі спеціальними системами гасіння коливань вантажу на стадії проектування рекомендується складові  $t_H$  обчислювати за такими формулами [21]:

$$t''_{кп} = 0,5 \cdot t'_{кп} ; \quad t'_{кп} = \frac{23}{(\Pi^{1,2})_{10^2}} ; \quad t_{кя} = \frac{12}{(\Pi^{1,2})_{10^2}} ; \quad t_{кп} = \frac{9}{(\Pi^{1,2})_{10^2}} ;$$

$$t_{3к} = \frac{5}{(\Pi^{1,2})_{10^2}} ; \quad t_{3я} = \frac{4}{(\Pi^{1,2})_{10^2}} , \quad (6.39)$$

де  $\Pi = \frac{2 \cdot N \cdot tg\alpha}{((Q_3 + Q_k) \cdot g)}$  - параметр машини;

$N$  – зусилля у канаті системи гасіння коливань вантажу, кН;

$\alpha$  – кут нахилу канатів-заспокійників до вертикалі;

$Q_3$  і  $Q_k$  - маса захвату та середня маса контейнера, відповідно, т;

$g = 9,81 \text{ мс}^{-2}$  - прискорення вільного падіння.

### 3. Вимоги до схем підвісу вантажу та систем гасіння коливань

При застосуванні просторового підвісу вантажу слід забезпечити рознесення вантажних канатів у площині руху на кут з  $tg\alpha_0$ , який дорівнює від 0,17 до 0,20. Такий кут рекомендується для середньої висоти підвісу вантажу. Тоді при максимальній висоті підйому вантажу вище рівня причалу  $H$  і конструктивній висоті підвісу ВЗП у верхньому положенні, що дорівнює  $h_k$ , рознесення вантажних блоків повинен бути [21]:

$$\Delta l = tg\alpha_0 \cdot (h_k + 0,5 \cdot H) . \quad (6.40)$$

При застосуванні спеціальних систем гасіння коливань вантажу додатковими зв'язками (канатами систем гасіння) рекомендується приймати значення параметра  $\Pi=0,0125$  при середній висоті підвісу вантажу та

параметра чутливості системи  $R$  від 0,5 до 1,0 кН·см<sup>-1</sup>·с. Більше значення  $R$  відповідає контейнеру, менше – захоплювачу.

Фізичний зміст параметра чутливості системи  $R$  - величина зусилля, що виникає в канаті системи (кН) при швидкості змотування каната-заспокоювача, що дорівнює 1 см·с<sup>-1</sup>.

#### 4. Методика обчислення тривалості націлювання

Для машин із просторовим підвісом вантажу обчислюється значення  $t_{ga}$  для необхідної висоти підвісу вантажу за формулою

$$tg\alpha_i = \frac{\Delta l}{H+h_K-h_i}, \quad (6.41)$$

де  $h_i$  – висота майданчика, яку здійснюється націлювання, м;

Основні значення  $h_i$  наведені у табл. 6.6.

Таблиця 6.6 - Значення висоти  $h_i$

| Найменування виконуваної операції та об'єкта націлювання       | Значення $h_i$ , м.                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Націлювання на зал.. платформу, тягач із причепом тощо         | $h_i = h_{ж.д.}; h_i = h_T$ и т.д.;                                                                                                                                                                                                                           |
| Націлювання на контейнер $j$ -го ярусу, встановлений на складі | $h_i = H_K \cdot j$<br>де $H_K$ – висота контейнера, м                                                                                                                                                                                                        |
| Націлювання на контейнер $j$ -го ярусу, встановлений на палубі | $h_i = (H_c - T - h_m + h_K + h_{л.}) + H_K \cdot j$ ;<br>де $H_c$ – висота борта судна, м;<br>$T$ – середня осадка судна, м;<br>$h_m$ – висота причалу над рівнем води, м;<br>$h_{кл}$ и $h_{л.}$ – відповідно висота комінгса люка та люкового закриття, м; |
| Націлювання захоплення на комірку судна                        | $h_i = H_c - T - h_m + h_K$ ;                                                                                                                                                                                                                                 |
| Націлювання контейнера на комірку судна                        | $h_i = H_c - T - h_m + h_K + H_K$                                                                                                                                                                                                                             |

Для значень  $h_i$  по формулам (6.39) вичисляються значення  $t'_{кп}$ ,  $t_{кк}$ ,  $t_{кя}$ ,  $t_{зя}$ ,  $t_{зк}$ . Потім за формулою (6.38) та табл. 6.5 обчислюються значення допоміжних операцій  $t_B$  для аналізованих варіантів технології та типів машин.

Для машин зі спеціальними системами гасіння коливань вантажу обчислюється значення  $h_i$  табл. 6.3.

Визначається значення параметра  $\Pi_i$  для різних рівнів цілювання [21]:

$$\Pi_i = \frac{(0,5 \cdot H + h_i)}{(H + h_k - h_i)} \cdot \Pi, \quad (6.42)$$

де  $\Pi_i$  - значення параметра  $\Pi$  для  $i$ -го рівня націлювання на висоті  $h_i$ , зазвичай приймають  $\Pi=0,0125$ , інші позначення такі ж, як у формулі (6.41).

За формулами (6.39) визначаємо значення тривалості операцій націлювання, а також за формулами (6.37) і табл. 6.5 розраховуємо тривалість допоміжних операцій.

У випадку, коли значення параметра  $R$  планується меншим, ніж  $1,0 \text{ кН} \cdot \text{см}^{-1} \cdot \text{с}$  (для контейнера) чи  $0,5 \text{ кН} \cdot \text{см}^{-1} \cdot \text{с}$  (для захвату), то значення часу націлювання, обчислене за формулами (6.39), слід збільшити у  $K_R$  раз, де для захоплення  $K_R=6,8 \cdot (1-1,7 \cdot R_3)$ , а для контейнера  $K_R=1,1 \cdot (1-1,7 \cdot R_K)$ . Де  $R_3$  и  $R_K$  фактичні значення параметра  $R$  системи для захоплення та контейнера, відповідно,  $\text{кН} \cdot \text{см}^{-1} \cdot \text{с}$ .

5. Тривалість допоміжних операцій вантажопідіймальних машин, спеціалізованих для контейнерів

У деяких випадках при проєктувальних розрахунках тривалість допоміжних операцій допускається приймати за середніми даними, отриманими за результатами натурних експериментів на вантажопідйомних машинах, спеціалізованих для контейнерів.

Тривалість допоміжних операцій під час виконання вантажних робіт причальними перевантажувачами визначається з табл. 6.7.

Тривалість допоміжних операцій при виконанні вантажних робіт мостовими кранами та складськими перевантажувачами при 8 ярусному складуванні показано в табл. 6.8.

Тривалість допоміжних операцій козлових кранів наведено в табл. 6.9.

Таблиця 6.7 - Тривалість допоміжних операцій причальних перевантажувачів

| Найменування операції                               |        | Позначення       | Час, с        |
|-----------------------------------------------------|--------|------------------|---------------|
| Націлювання контейнера на місце укладання на палубі |        | $t'_{\text{кп}}$ | від 37 до 50* |
| Націлювання захоплення на контейнер                 | причал | $t_{\text{зк}}$  | від 16 до 18  |
|                                                     | судно  |                  | від 10 до 18  |
| Націлювання контейнера на комірку                   |        | $t_{\text{кя}}$  | від 8 до 15   |

|                                      |          |             |
|--------------------------------------|----------|-------------|
| судна                                |          |             |
| Націлювання захвату на комірку судна | $t_{зя}$ | від 6 до 10 |

\* Примітка: менші значення відповідають вантажопідіймній машині, обладнаній високоефективною системою гасіння коливань вантажу (наприклад, перевантажувачі, фірми "КОНЕ").

Таблиця 6.8 - Тривалість допоміжних операцій мостових кранів та складських перевантажувачів

| Номер ярусу націлювання | Тривалість націлювання, с     |                                  |                                   |
|-------------------------|-------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
|                         | Захвату на контейнер $t_{зк}$ | Контейнера на контейнер $t_{кк}$ | Контейнера на платформу $t'_{кп}$ |
| 1                       | от 28 до 34                   | от 22 до 32                      | от 30 до 50*                      |
| 2                       | от 18 до 24                   | от 14 до 24                      |                                   |
| 3                       | от 14 до 20                   | от 10 до 20                      |                                   |
| 4                       | от 10 до 16                   | от 9 до 19                       |                                   |
| 5                       | от 8 до 14                    | от 6 до 16                       |                                   |
| 6                       | от 6 до 12                    | от 5 до 15                       |                                   |
| 7                       | от 4 до 10                    | от 4 до 14                       |                                   |
| 8                       | от 3 до 8                     | от 3 до 13                       |                                   |
| Середнє                 | от 11 до 17                   | от 9 до 19                       |                                   |

\* Примітка: менше значення відповідає кранам, призначеним для 6-ти ярусного складування.

Таблиця 6.9 - Тривалість допоміжних операцій козлових кранів

| Найменування операції                                    | Позначення | Час, с      |
|----------------------------------------------------------|------------|-------------|
| Націлювання захоплення на контейнер                      | $t_{зк}$   | от 13 до 26 |
| Націлювання контейнера на контейнер                      | $t_{кк}$   | от 17 до 23 |
| Націлювання контейнера на залізничну платформу чи причіп | $t'_{кп}$  | от 25 до 35 |

#### 6.4. Розрахунок маси вантажопідіймних машин на стадії перед ескізного проектування

1. Для попередньої оцінки вагових характеристик вантажопідіймних машин рекомендуються такі емпіричні формули, отримані внаслідок обробки методом найменших квадратів статистичних даних на ЕОМ.

Маса причальних перевантажувачів визначається залежністю [21]:

$$G_{п} = 0,44 \cdot Q^{0,31} \cdot L_{МК}^{0,22} \cdot L^{0,51} \cdot H^{0,51} \cdot N^{0,25} \quad (6.43)$$

де  $Q$  - номінальна вантажопідйомність перевантажувача на канатах, т;  
 $L_{MK}$  - довжина морської консолі, м;  
 $L = L_{MK} + K + L_{TK}$  ,  
 $K$  - колія перевантажувача, м;  
 $L_{TK}$  - довжина тилової консолі, м;  
 $H$  - максимальна висота підйому ВЗП над рівнем причалу, м;  
 $N$  - сумарна настановна потужність приводу всіх механізмів перевантажувача, кВт.

Маса складських перевантажувачів [21]:

$$G_c = 0,46 \cdot Q^{0,15} \cdot L^{0,40} \cdot N^{0,74} , \quad (6.44)$$

де  $Q$  - номінальна вантажопідйомність перевантажувача на канатах, т;  
 $L_{MK}$  - довжина морської консолі, м;  
 $L = K + L_K$  ,  
 $K$  - колія перевантажувача, м;  
 $L_T$  - довжина тилової консолі, м;  
 $N$  - сумарна настановна потужність приводу всіх механізмів перевантажувача, кВт.

Маса мостових контейнерних кранів неповоротним  $G_{MH}$  та поворотним  $G_{MP}$  візком, відповідно:

$$G_{MH} = 0,356 \cdot Q^{0,57} \cdot L^{0,67} \cdot N^{0,20} ; \quad (6.45)$$

$$G_{MP} = 0,524 \cdot Q^{0,43} \cdot L^{0,43} \cdot N^{0,48} ; \quad (6.46)$$

де  $Q$  - номінальна вантажопідйомність крана на канатах, т;  
 $L$  - проліт крана, м;  
 $N$  - сумарна настановна потужність приводу всіх механізмів крана, кВт.

Маса козлового контейнерного крана визначається залежністю:

$$G_K = 0,331 \cdot Q^{0,088} \cdot \left(\frac{L}{K}\right)^{0,108} \cdot \left(\frac{L}{H}\right)^{0,67} \cdot N^{0,99} , \quad (6.47)$$

2. Для попередньої оцінки вартості вантажопідійомних машин залежно від маси машини до настановної потужності приводу в результаті обробки методом найменших квадратів статистичних даних отримані наступні залежності.

Для козлових кранів, причальних та складських перевантажувачів вартість крана дорівнює:

$$C = A \cdot G_{KP}^{0,73} \cdot N^{0,18} 10^3 \quad (6.48)$$

де  $A$  - коефіцієнт, що залежить від типу машини, місця, часу виготовлення та інших факторів, які невраховані у формулі (6.48) (див. табл.6.9)

$G_{KP}$  - Маса вантажопідіймальної машини, т;

$N$  – сумарна установча потужність приводу всіх механізмів крана, кВт.

Таблиця 6.9 – Коефіцієнт  $A$ , котрий враховує тип машини, місце, час виготовлення та інші фактори

| Тип вантажопідійомної машини | Значення коефіцієнта $A$ |      |
|------------------------------|--------------------------|------|
| Причальний перевантажувач    | -                        | 4,86 |
| Складський перевантажувач    | 0,604                    | 3,5  |
| Козловий кран                |                          |      |

Вартість мостових кранів визначається залежністю:

$$C = 342 \cdot G_M^{0,98} \cdot N^{0,15} 10^3 \quad (6.49)$$

де  $G_M$  - маса крана, розрахована за формулою (6.45) або (6.46), т;

$N$  - сумарна установча потужність приводу всіх механізмів крана, кВт.

## Приклади розрахунків

### Приклад 1.

**Визначити оптимальні кінематичні параметри причального контейнерного перевантажувача за таких вихідних даних:**

- контейнероємність максимального судна – 1200 контейнерів 1С;
- контейнеровмісність середньозваженого судна – 750 контейнерів 1С;
- номінальна вантажопідйомність на канатах – 40т;
- Річний вантажообіг причалу - 70 тис. контейнерів 1С;
- кількість механізованих ліній під порталом – 2;
- Число технологічних ліній на одне судно - 2;
- варіант технологічної схеми – з автоконтейнеровоз;
- Співвідношення контейнерів у вантажообігу 1А: 1С = 1: 3.

**Розрахунок**

1.Визначення середньозважених шляхів.

За табл. П.1.2 для судна СК – 750 знаходимо = 32,7м. Оскільки не задано, приймаємо =4,0м, тоді

Для схеми з автоконтейнеровозами та двох механізованих ліній під порталом за табл. П.1.3 знаходимо значення тоді

Приймемо, що рух перевантажувача не є настановним рухом, а (пересування на одну комірку 1С судна за один цикл).

2.Для судна СК - 1200 знаходимо значення максимального вильоту морської консолі за табл. П.1.4:

При заданому співвідношенні контейнерів 1А:1С = 1:3 вантажообіг у фізичних контейнерах дорівнює  $N_{\Gamma} = 70 \cdot (0,5 \cdot 0,25 + 0,75) = 61,25 \text{ тис. конт.}$

Прийняв  $K_H = 1,2$  получим (см.п.1.2)

$$N_0 = \frac{N_{\Gamma} \cdot K_H}{m_A} = \frac{61,25 \cdot 1,2}{2} = 36,75 \text{ тис. конт.}$$

Обчислимо значення оптимальної тривалості машинного часу середньозваженого циклу перевантажувача за формулою (2)

$$t_M = 20,0 \cdot 32,7^{0,23} \cdot 50,7^{0,17} \cdot \left( \frac{34,69}{36,75} \right)^{0,51} \cdot \left( \frac{950}{2} \right)^{-20,0} \cdot 40^{0,21} = 55,9 \text{ с}$$

3. Обчислимо значення оптимальних швидкостей механізмів за формулами (3)-(5):

$$V_{III} = 3,17 \cdot l_{II}^{0,94} \cdot l_T^{0,28} \cdot t_M^{-1,41} = 3,17 \cdot 32,7^{0,94} \cdot 50,7^{0,28} \cdot 55,9^{-1,41} 0,87 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$$

$$V_{III} = 3,84 \cdot l_{II}^{0,36} \cdot l_T^{0,65} \cdot t_M^{-0,98} =$$

$$= 3,84 \cdot 32,72^{0,36} \cdot 50,7^{0,65} \cdot 55,9^{-0,98} = 3,35 м \cdot с^{-1}$$

$$V_{KII} = 4,43 \cdot l_K^{0,86} \cdot t_M^{-0,88} = 4,43 \cdot 6,5^{0,86} \cdot 55,9^{-0,88} = 0,64 м \cdot с^{-1}$$

4. Обчислимо значення оптимальних прискорень механізмів пересування за формулами (6)-(7)

$$a_M = 3,3 \cdot \left( \frac{V_{III}^2}{l_T} \right)^{0,865} = 3,3 \cdot \left( \frac{3,35^2}{50,7} \right)^{0,865} = 0,9 м \cdot с^{-2}$$

$$a_{KII} = 2,75 \cdot \left( \frac{V_{KII}^2}{l_K} \right)^{0,823} = 2,75 \cdot \left( \frac{0,64^2}{6,5} \right)^{0,823} = 0,28 м \cdot с^{-2}$$

5. Визначимо попередньо тривалість допоміжних операцій за формулою (П.3.1) та табл. П.3.1:

$$t_B = t_3 + t_P + t_{H1} + t_0 =$$

$$= t_3 + t_P + 0,35 \cdot t_{KY} + 0,15 \cdot t'_{KII} + 0,35 \cdot t_{3Я} + 0,65 t_{3K} + t_0 =$$

$$= 4 + 4 + 0,35 + 11,5 + 0,15 \cdot 43,6 + 0,35 \cdot 8 + 0,65 \cdot 15,5 + 10 = 41,4 с$$

Обчислимо кількість годин роботи вантажопідйомної машини за рік за формулою (1):

$$T = \frac{(t_M + t_{B0}) \cdot N_0}{3,6 \cdot K_T} = \frac{(55,9 + 41,4) \cdot 36,75}{3,6 \cdot 0,75} = 1324 ч$$

Технічна продуктивність причального перевантажувача дорівнює

$$\frac{3600}{t_M + t_B} = \frac{3600}{55,9 + 41,4} = 37 \text{ конт. в час.}$$

Технологічна продуктивність причального перевантажувача дорівнює

$$0,75 \cdot 37 = 27,7$$

6. Для забезпечення тривалості допоміжних операцій

$$t_B = 41,4 с$$

визначимо вимоги до схеми підвісу вантажу та системи гасіння його коливань.

Просторовий підвіс вантажу.

Визначимо за формулою (П.3.4) рознесення вантажних блоків  $\Delta l$  при висоті підйому вантажу вище рівня причалу  $H = 25$  визначається так само, як для всіх вантажопідйомних машин:

$$\Delta l = tg\alpha_0(h_K + 0,5 \cdot H) = 0,2 \cdot (3,5 + 0,5 \cdot 25) = 3,2 \text{ м}$$

Уточнимо тривалість допоміжних операцій та дані зведемо в табл.П.5.1

Таблиця П.5.1

Тривалість допоміжних операцій

| ПОЗНАЧЕННЯ<br>ОПЕРАЦІЇ | $tg\alpha_i$ , М | $h_i$ , М   | ЗНАЧЕННЯ ТРИВАЛЬНОСТІ<br>ДОПОМІЖНИХ ОПЕРАЦІЙ, С |
|------------------------|------------------|-------------|-------------------------------------------------|
| $t'_{КП}$              | 0,19             | 12          | 44,7                                            |
| $t_{КЯ}$               | $0,16 \div 0,19$ | $9 \div 12$ | $9,4 \div 16$                                   |
| $t_{ЗП}$               | 0,13             | 4,5         | 23,3                                            |
| $t_{ЗЯ}$               | 0,15             | 7           | 18                                              |

Примітка:  $h_i$  прийнято орієнтовно. У розрахунках слідує значення  $h_i$  уточнити за формулами табл. П.3.2 та геометричним параметрам судна.

Спеціальні системи гасіння коливань вантажу

Для спеціальних систем гасіння коливань із додатковими зв'язками приймаємо на середній висоті підйому (див. п.3 додаток 3).

Уточнимо тривалість допоміжних операцій за формулами (П.3.3) та (П.3.6) та результати розрахунків зведемо в табл.П.5.2

Таблиця .5.2

Тривалість допоміжних операцій

| ПОЗНАЧЕННЯ<br>ОПЕРАЦІЇ | $h_i$ , М   | $\Pi_i$           | ЗНАЧЕННЯ<br>ТРИВАЛЬНОСТІ<br>ДОПОМІЖНИХ<br>ОПЕРАЦІЙ, С |
|------------------------|-------------|-------------------|-------------------------------------------------------|
| $t'_{КП}$              | 12          | 0,012             | 46,1                                                  |
| $t_{КЯ}$               | $9 \div 12$ | $0,01 \div 0,012$ | $30,1 \div 10,1$                                      |
| $t_{ЗП}$               | 4,7         | 0,008             | 16,4                                                  |
| $t_{ЗЯ}$               | 7           | 0,009             | 11,4                                                  |

Уточнимо за формулами (П.3.3) та табл.П.3.1 тривалість допоміжних операцій за цикл:

$$t_B = t_3 + t_P + 0,35 \cdot t_{KY} + 0,15 \cdot t'_{KP} + 0,35 \cdot t_{3Я} + 0,65 \cdot t_{3K} + t_0 = \\ = 4 + 4 + 0,35 \cdot 11,4 + 0,65 \cdot (10,1 + 16,4) \cdot 0,5 + 10 = 48,1c$$

Після обчислення  $t_B$  слід уточнити продуктивність, оскільки значення  $t_B$  відрізняється від початкового прийнятого (див. п.5).

7. Визначаємо орієнтовно масу причального перевантажувача за формулою (П.4.1)

7. Определяем ориентировочно массу причального перегружателя по формуле (П.4.1)

$$G_{II} = 0,44 \cdot Q^{0,31} \cdot L_{MK}^{0,22} \cdot L^{0,51} \cdot H^{0,51} \cdot N^{0,25} = 0,44 \cdot 40^{0,31} \cdot 34,69^{0,22} \times \\ \times (34,69 + 16 + 7,5)^{0,51} \cdot 25^{0,51} \cdot 500^{0,25} = 584t$$

Тут  $N$  прийнято орієнтовно (прототипом 500 кВт). Потрібно уточнити масу машини після розрахунку потужності її механізмів.

## Приклад 2.

***Визначити оптимальні кінематичні параметри складських перевантажувачів, що обслуговують причальний фронт та склад, за наступних вихідних даних:***

- Число ярусів складування -  $n = 5$ ;;
- Коефіцієнт зайнятості складу -  $k_{\zeta} = 0,85$ ;
- Довжина штабеля, що обслуговується -  $L_{III} = 75m$ ;
- ширина штабеля, що обслуговується -  $B_{III} = 30m$ ;
- вантажопідйомність на канатах -  $Q = 40t$ ;
- Висота платформи причепа -  $h_T = 1,5m$ ;
- Річний вантажообіг причалу –  $N_T = 70тыс.$  фізичних контейнерів;

- 50% контейнерів підлягають сортуванню за ознаками на складі ( $k_d = 0,5$ );

- судно обслуговується двома причальними перевантажувачами;  
- Тривалість середньозваженого циклу причального перевантажувача 130с.

**Варіант А.** Обґрунтування оптимальних кінематичних параметрів перевантажувача складського, що обслуговує склад.  
Визначаємо середньозважені шляхи переміщень механізмів за формулами (П.2.1) – (П.2.15):

$$l_{II}^{C1} = 3,26 \cdot n^{0,97} \cdot k_3^{-0,2} = 3,26 \cdot 5^{0,97} \cdot 0,85^{-0,2} = 16,04 м ;$$

$$l_{II}^{C2} = 2,61 \cdot n^{0,58} \cdot k_3^{-0,48} = 2,61 \cdot 5^{0,58} \cdot 0,85^{-0,48} = 7,18 м ;$$

$$l_{II}^T = (2 \cdot n - 1) \cdot H_K + 2 - 2 \cdot h_T = \\ = (2 \cdot 5 - 1) \cdot 2,44 + 2 - 2 \cdot 15 = 20,96 м ;$$

$$l_{II}^{\partial 1} = 1,85 \cdot n^{1,08} \cdot k_3^{-0,25} = 1,85 \cdot 5^{1,08} \cdot 0,85^{-0,25} = 10,96 м ;$$

$$q = 0,24 \cdot n^{1,24} \cdot k_3^{0,59} = 0,24 \cdot 5^{1,24} \cdot 0,85^{0,59} = 1,6 м ;$$

$$l_{II}^C = l_{II}^{C1} + l_{II}^{C2} + 0,5 \cdot (l_{II}^{C2} + l_{II}^{\partial 1}) \cdot q = \\ = 16,04 + 7,18 + 0,5 \cdot (7,18 + 10,96) \cdot 1,6 = 37,72 м ;$$

$$l_0 = 5,7 \cdot \sqrt{0,85} = 5,26 м ;$$

$$l_T^{\partial} = 2 \cdot l_0 \cdot \cos \alpha = 2 \cdot 5,26 \cdot \cos 56,3^\circ = 5,84 м ;$$

$$l_K^{\partial} = 2 \cdot l_0 \cdot \sin \alpha = 2 \cdot 5,26 \cdot \sin 56,3^\circ = 8,75 м ;$$

Вважаємо, що  $l_T^C = \frac{1}{2} \cdot B_{III}, l_K^C = \frac{1}{2} \cdot L_{III}$  (якщо за технологією не визначені зони сортування), тоді

$$l''_T = 2 \cdot l_T^C + l_T^{\partial} = 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot 30 + 5,8 = 35,8 м ;$$

$$l''_K = 2 \cdot l_K^C + l_K^{\partial} = 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot 75 + 8,8 = 83,8 м ;$$

Визначаємо оптимальну тривалість машинного часу циклу складського перевантажувача за формулою (8):

$$t_M = 103 \cdot l_{II}^{0,24} \cdot l_T^{0,1} \cdot l_K^{0,1} \cdot N_0^{-0,4} \cdot Q^{0,24} \cdot (q+1)^{0,08} = 103 \cdot 37,7^{0,24} \cdot 35,8^{0,1} \times \\ \times 83,81^{0,1} \cdot (0,5 \cdot 70)^{-0,4} \cdot 40^{0,24} \cdot (1,6+)^{0,08} = 345,9c;$$

Визначаємо оптимальні значення швидкостей робочих рухів за формулами (10) – (12):

$$V_{PC} = 0,025 \cdot l_{II}^{0,6} \cdot l_T^{0,05} \cdot l_M^{-0,22} \cdot N_0^{0,46} \cdot Q^{-0,32} = 0,025 \cdot 37,7^{0,6} \cdot 35,8^{0,05} \times \\ \times 345,9^{-0,22} \cdot 35 \cdot 40^{-0,32} = 0,116m \cdot c^{-1};$$

$$V_{TC} = 0,16 \cdot l_{II}^{0,13} \cdot l_T^{0,56} \cdot N_0^{0,24} \cdot t_M^{-0,21} \cdot Q^{0,17} \cdot (q+1)^{-0,16} = 0,16 \cdot 37,7^{0,13} \times \\ \times 35,8^{0,56} \cdot 35^{0,24} \cdot 345,9^{-0,21} \cdot 40^{-0,17} \cdot (1,6+1)^{-0,16} = 0,6m \cdot c^{-1};$$

$$V_{KC} = 1,63 \cdot l_K^{0,47} \cdot t_M^{-0,47} \cdot Q^{0,104} = 1,63 \cdot 83,8^{0,47} \cdot 345,9^{-0,47} \cdot 40^{-0,104} = \\ = 0,57m \cdot c^{-1};$$

Визначаємо оптимальні прискорення механізмів пересування за формулами (16) – (17):

$$a_{TC} = 2,96 \cdot l_T^{-0,84} \cdot V_{TC}^{1,62} \cdot (q+1)^{0,82} = 2,96 \cdot 35,5^{-0,84} \cdot 0,6^{1,62} \times \\ \times (1,62+1)^{0,82} = 0,14m \cdot c^{-2};$$

$$a_{KC} = 0,66 \cdot l_K^{-0,5} \cdot V_{KC}^{1,05} \cdot (q+1)^{0,72} = 0,66 \cdot 83,8^{-0,5} \cdot 0,57^{1,05} \times \\ \times (1,6+1)^{0,72} = 0,12m \cdot c^{-2}.$$

Визначимо тривалість допоміжних операцій із табл. П.3.1 та П.3.4:

$$t_B = (t_3 + t_P) \cdot (q+1) + t_{N1} + t_{N2} \cdot q + t_0 = (4+4) \cdot (1,6+1) + (1+1,6) \times \\ \times 22 + 10 = 88c.$$

Так як при сортуванні на складі немає націлювання на платформу, то

$$t_{H1} = t_{H2} = 22c.$$

Вимоги до систем підвісу вантажу та гасіння його коливань у складських перевантажувачів визначаються аналогічно тому, як це робиться для причальних перевантажувачів (див. Додаток 3 та Додаток 5, приклад1)

Визначаємо продуктивність складського перевантажувача та кількість годин роботи його за рік.

Технічна продуктивність складського перевантажувача з розрахунку тільки сортованих контейнерів (додаткові перестановки у продуктивності не враховуються) дорівнює

$$P = \frac{3600}{t_M + t_B} = \frac{3600}{345,9 + 88} = 8,3 \frac{\text{конт}}{\text{час}}.$$

Число годин роботи складського перевантажувача за рік визначаємо за формулою (1):

$$T = \frac{(t_M + t_B) \cdot N_0}{3,6 \cdot k_T} = \frac{(345,9 + 88) \cdot 35}{3,6 \cdot 0,75} = 5625 \text{час}.$$

Визначимо розрахункову максимальну кількість робочих годин протягом року

$$T_P = T_H \cdot k_T \cdot n_C \cdot n_Q = 300 \cdot 0,9 \cdot 3 \cdot 7 = 5670 \text{час}.$$

Оскільки  $T < T_P$  один складський перевантажувач може забезпечити сортування контейнерів на складі.

**Варіант Б.** Обґрунтування оптимальних кінематичних параметрів складського перевантажувача обслуговуючого причальний фронт.

Визначимо середньозважені шляхи переміщень механізмів за формулами (П.2.1) – (П.2.15):

$$l_{II} = (l_{II}^H + l_{II}^B) \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{2} \cdot (l_{II}^{C1} + l_{II}^{C2}) + l_{II}^T = \frac{1}{2} \cdot (16,04 + 7,18) + 20,96 = 32,57 \text{м};$$

$$l'_T = B_{III} + 2 \cdot e_{III} = 30 + 2 \cdot 5 = 40 \text{м};$$

$$l'_K = \frac{1}{2} \cdot L_K = \frac{1}{2} \cdot 75 = 37,5 \text{м}.$$

Визначаємо тривалість машинного часу складського перевантажувача за умови забезпечення безперебійної роботи причального перевантажувача за формулою (9):

$$t_M = t_{III} \cdot m_C - t_B = 130 \cdot 1 - 54,5 = 75,5 \text{с}.$$

Тут тривалість допоміжних операцій причального перевантажувача може бути визначена аналогічно тому, як це зроблено на прикладі 1.

Тривалість допоміжних операцій складського перевантажувача визначається табл. П.3.1 та П.3.4:

$$t_B = t_3 + t_P + t_{H1} + t_0 = 4 + 4 + 36,5 + 10 = 54,5с;$$

$$t_{H1} = 0,5 \cdot t_{KK} + 0,5 \cdot t_{3K} = 0,5 \cdot 11 + 0,5 \cdot 40 + 11 = 36,5с.$$

Визначаємо оптимальні значення швидкостей робочих рухів за формулами (13) – (15):

$$V_{PC} = 255 \cdot l_P^{0,31} \cdot l_T^{-0,05} \cdot t_M^{-1,5} \cdot Q^{-0,05} = 255 \cdot 32,6^{0,31} \cdot 40^{-0,05} \cdot 75,5^{-1,5} \times \\ \times 40^{-0,05} = 0,79м \cdot с^{-1};$$

$$V_{TC} = 8,88 \cdot l_T^{0,51} \cdot t_M^{-0,75} \cdot Q^{-0,036} = 8,88 \cdot 40^{0,51} \cdot 75,5^{-0,75} \cdot 40^{-0,036} = \\ = 1,99м \cdot с^{-1};$$

$$V_{KC} = 2,53 \cdot l_K^{0,51} \cdot t_M^{-0,59} \cdot Q^{-0,021} = 2,53 \cdot 37,5^{0,51} \cdot 75,5^{-0,59} \cdot 40^{-0,021} = \\ = 1,16м \cdot с^{-1};$$

Орієнтовно уточняється маса обох типів складських перевантажувачів за формулою (П.4.2) після розрахунку потужності приводу машин, що відповідає оптимальним значенням їх кінематичних параметрів, аналогічно до того, як це зроблено для причальних перевантажувачів у прикладі 1.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Вантажообіг контейнерів через українські порти до 2025 року може зрости на третину, – АМПУ веб-сайт. URL: <http://www.uspa.gov.ua/ru/presentation/novini/noviniampu/15649-vantazhoobig-kontejneriv-cherez-ukrajinski-porti-do-2025-roku-mozhezrosti-na-tretinu-ampu>
2. Державний комітет статистики України веб-сайт. URL: <http://https://www.ukrstat.gov.ua>.
3. НПАОП 0.00-1.80-18 Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів, підіймальних пристроїв і відповідного обладнання / наказ від 19.01.2018 № 62 Про затвердження Правил охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів, підіймальних пристроїв і відповідного обладнання / Міністерство соціальної політики України – К., 2018. [Електронний ресурс] - Режим доступу: [http://sop.zp.ua/norm\\_npaop\\_0\\_00-1\\_80-18\\_02\\_ua.php](http://sop.zp.ua/norm_npaop_0_00-1_80-18_02_ua.php).

4. Порти України веб-сайт. URL: <https://ports.ua>.
5. Адміністрація морських портів України веб-сайт. URL: <https://www.uspa.gov.ua>.
6. Вільковський Є.К. Вантажознавство (вантажі, правила перевезень, рухомий склад) – 2-ге вид., перероблене і доповнене (рекомендовано МОНУ) / Є.К. Вільковський, І.І. Кельман, О.О. Бакуліч. – Львів: „Інтелект-Захід“, 2007. – 496 с.
7. ISO 668 -2020 Series 1 freight containers — Classification, dimensions and ratings. International Organization for Standardization, 2020-17p
8. Контейнеровози, веб-сайт. URL: <https://uk.wikipedia.org/>.
9. Грязев А. А. Перевантажувальне обладнання морських портів. Одеса. ОНМУ, 2005. – 224 с.