


**А.Ө. Табылов** , **Н.Б. Суйеуова, А.А. Юсупов, К.С. Рзаева, Г.И. Билашова**  
Yessenov University, Ақтау, Қазақстан  
E-mail: [tabylov62@mail.ru](mailto:tabylov62@mail.ru)

## **ТЕҢІЗ ЖӘНЕ АРТҚЫ КОНТЕЙНЕРЛІК ТЕРМИНАЛДАРДЫҢ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ӨЗАРА ІС-ҚИМЫЛЫН МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ**

**Андатпа.** Теңіз порт маңындағы көлік тораптарындағы теміржол және теңіз көлігінің өзара іс-қимыл мәселесін зерттеудің өзектілігі оның адамдардың өмір сүру сапасын жақсартуға тікелей әсер етуімен және мемлекеттің бүкіл көлік кешенін дамыту, оның жұмысының тиімділігін арттыру үшін маңыздылығымен түсіндіріледі. Мақала жер үсті жүк тарту желілерінің жұмысын жоспарлау шеңберінде теңіз және артқы контейнерлік терминалдардың технологиялық өзара іс-қимыл мәселелеріне арналған. Зерттеудің негізгі міндеті-екі буынды жүйеде және терминал қоймаларының параметрлерінде теңіз және артқы контейнер терминалдарының технологиялық өзара іс-қимылының деңгейі туралы қажетті мәліметтер алу және теңіз және артқы контейнер терминалының қоймасында жүк көлемін қалыптастыру механизмін әзірлеуді талдау. Аналитикалық әдістермен терминалдар қоймаларының максималды сыйымдылығын есептеу формуласы шығарылды және экспорттық және импорттық бағыттар үшін теңіз және артқы терминалдар қоймаларының базалық сыйымдылығының мәндері анықталды. Екі буынды жүйенің имитациялық моделін құру үшін математикалық модельдеу әдістері қолданылды: теңіз терминалы-артқы терминал, бұл теңіз және артқы терминалдар қоймаларының қажетті көлемінің мөлшеріне көлік құралдарының біркелкі келмеуінің әсерін бағалауға мүмкіндік береді. Бұл порттық сақтау қоймаларын, қайта тиеу жабдықтарының паркін азайтуға мүмкіндік береді және терминалға қажетті партиялардың түсу мөлшері мен жиілігінің өзгеруіне пропорционалды жауап бере отырып, қайта тиеу техникасының жұмыс көлемін ұтымды бөлуді қамтамасыз етеді. Зерттеу нәтижелерін теңіз көлігі мен теңіз портының инфрақұрылымдық нысандарының жұмысын оңтайлы жоспарлау үшін пайдалануға болады.

**Түйінді сөздер.** Контейнерлер, теңіз порттары, жүк майданы, артқы терминалдар, жоспарлау, модельдеу, жүк тарту желілері, жүк ағыны, құрғақ порт.

### **Кіріспе.**

Соңғы уақытта теңіз порттары мен артқы терминалдардың технологиялық өзара іс-қимыл мәселелеріне белсенді назар аударылуда, осы тақырып бойынша ғылыми еңбектер саны үнемі өсіп келеді. Алайда, кейбір негізгі формулалар мен әдістер көптеген өзгерістерге ұшырағанына қарамастан, теңіз порты — құрғақ порт жүйесіндегі технологиялық өзара әрекеттесу мен қоймалардың сыйымдылығын оңтайландыру міндеті шешілмеген күйінде қалып отыр [1]. Осыған байланысты көлік инфрақұрылымы объектілері арасындағы бәсекелестіктің артуын ескере отырып, шешімді табу және тиісті ұсынымдарды жалпы түрде әзірлеу өзекті міндет болып табылады. Теңіз және артқы контейнер терминалдары ұқсас функционалды құрылым мен мақсатты біріктіреді (жүкті көлік түрлері арасында беру, жүк ағындарын келісу, коммерциялық сақтау, логистикалық пысықтау). Дегенмен, терминал түрлерінің әрқайсысында олардың құрылымының ерекшеліктерін анықтайтын басым функционалды профиль бар. Теңіз контейнерлік терминалдарының негізгі функциялары теңіз және жер үсті көлігі арасындағы контейнерлерді беру операциялары, көлікті ұштастыруды қамтамасыз ету үшін контейнерлерді жинау және кедендік, көмекші операциялар болып табылады. Теңіз

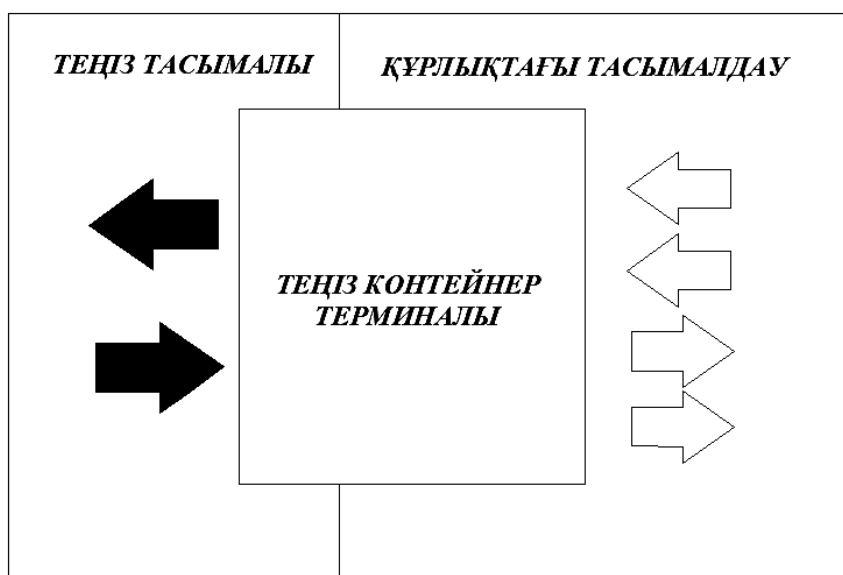
контейнерлік терминалының кемшілігі - аумақтық шектеулер жағдайында порттың порттардың ішкі жүк ағындарының біркелкі снижстігін төмендету проблемасының болуы болып табылады. Порт аумағының шекарасынан тыс орналасқан артқы контейнерлік терминалдар (күрғақ порт) онымен жүктерді өңдеудің бірыңғай технологиясымен байланысты, соның есебінен теңіз көлігінен жүктерді ауыстырып тиеуге байланысты емес операцияларды порт аумағынан шығару қамтамасыз етіледі. Артқы контейнерлік терминал порттың ішкі жүк ағындарының біркелкі еместігін төмендетудің және порттың аумақтық шектеулері жағдайында теңіз порттарының өткізу және қайта өңдеу қабілетін арттырудың тиімді құралы болып табылады.

### Материалдар мен тәсілдер.

Теңіз контейнер терминалын кіріс және шығыс ағындарын қосуға қызмет ететін қарапайым функционалды элемент ретінде қарастырамыз (сурет. 1). Портқа құрлық көлігімен келіп түсетін және порттың жерүсті жүк майданында (бұдан әрі — ЖҮЖМ) өңделетін  $Q_{\text{пайд. экспорттық жүк ағыны}} Q_{\text{ЖҮЖМ}}(t)$ , ал одан теңізбен кеміп бара жатқан және порттың теңіз жүк майданында (бұдан әрі — ТЖМ)  $Q_{\text{ТЖМ}}(t)$  ретінде белгіленеді.

$$E_{\text{қойм.}}(t) = \int_0^t [Q_{\text{ЖҮЖМ}}(t) - Q_{\text{ТЖМ}}(t)] dt + E_0 \quad (1)$$

мұндағы:  $E_0$ -қоймадағы жүктің бастапқы қоры ретінде анықталған ерікті тұрақты.



1 сурет - Контейнер терминалы логистикалық элемент ретінде

Мұндай тәуелділіктің сипаты 2 суретте көрсетілген. Жүкті портқа әкелу әдетте автомобиль көлігімен де (шағын жүк партияларымен) де, темір жолмен де (орта партиялармен), ал жүктерді әкету ірі кеме партияларымен жүзеге асырылады. Мұның бәрі қойманың көлеміне тән өзгерістерге әкеледі. Әкелу мен әкетудің біркелкі завстігі теңіз терминалының қоймасында жүктің артық немесе тапшылығына әкеледі. Осыған байланысты портта жүкті бір кеме партиясының мөлшерінен асатын көлемде сақтау талап етіледі. Яғни, терминал қоймасында көлік құралының (кеменің) келмеуі салдарынан әкетудің кешігуі кезінде туындайтын артық қорды сақтау, сондай-ақ кеменің бұрын келген мерзімін жүктеуге арналған "сақтандыру" қорын жинақтау мүмкіндігі болуы қажет. Ақырында,  $Q$  жылдық жүк ағыны кезінде  $T_{\text{сақт.}}$  уақытының белгілі бір кезеңі

ішінде (мемлекеттік органдардың талаптары бойынша немесе клиенттің тапсырмасы бойынша) жүкті терминалда сақтау қажеттілігі қоймада  $E_0$  қосымша тұрақты қорының пайда болуына әкеледі.

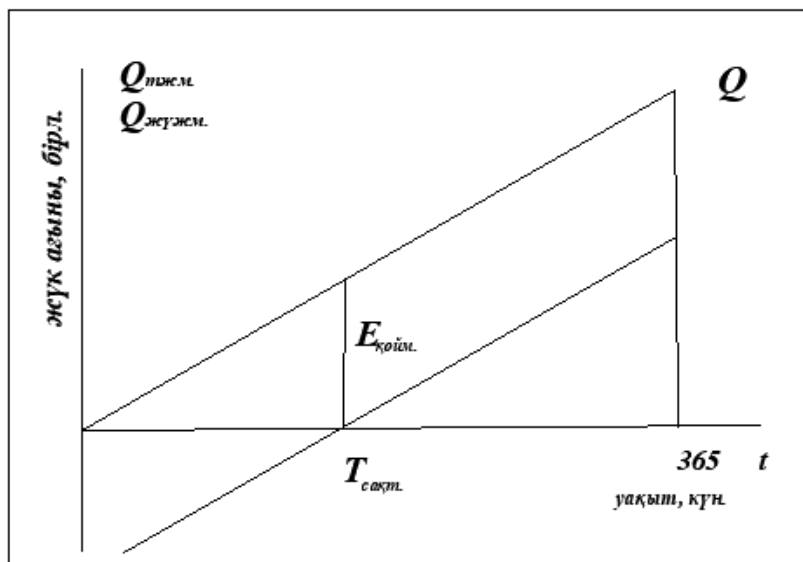
Сақтауға байланысты  $T_{сақт.}$  қоймадағы жүктің көлемі әкелу мен әкетудің орта сызықтары арасындағы тігінен қашықтыққа тең:

$$E_0 = \frac{T_{сақт.} * Q_{жыл.}}{365} \quad (2)$$

(1) және (2) өрнектерді біріктіру арқылы қоймадағы жүк көлемінің өрнегін алуға болады:

$$E_{қойм}(t) = \int_0^t [Q_{жүжм}(t) - Q_{тжм}(t)] dt + \frac{T_{сақт.} * Q_{жыл.}}{365} \quad (3)$$

Тасымалдау тізбегіне тағы бір элементті-құрғақ портты енгізу теңіз және артқы терминалдар арасында көлік құралының (кеменің)келмеуі салдарынан әкету кідірісі кезінде туындайтын артық қорды сақтау функцияларын ұтымды бөлуге мүмкіндік береді, сондай-ақ кеменің бұрын келген мерзімін жүктеуге арналған сақтандыру қорын жинақтау [2]. Теңіз порты — құрғақ порттың өзара іс - қимыл жүйесінде  $Q_{жүжм}(t)$  құрлықтағы жүк ағынынан және  $Q_{тжм}(t)$  шығатын теңіз жүк ағынынан басқа, құрғақ порттан теңіз портына -  $Q_{қп}(t)$  жүк ағыны пайда болады. Екі буынды жүйе коммерциялық сақтауды тыл аумақтарына көшіру есебінен ең тапшы жағалау аймақтарындағы қойма көлеміне қойылатын талаптарды барынша азайтуға мүмкіндік береді, сондай-ақ жүкті әкелу мен әкетудің біркелкі функциистігі буферінің функцияларын құрғақ портқа ішінара беруге мүмкіндік береді. Екі буынды жүйе бұл функцияларды теңіз және артқы терминалдар арасында бөлуге мүмкіндік береді, біріншісіне тек теңіз кемелерін өңдеу функцияларын қалдырады [3,4].



2 сурет - Порт қоймасындағы сақтау көлемін бағалау

Теңіз терминалынан құрғақ портқа ағын терминал опера-торының толық басқаруында болуы мүмкін (егер оны іске асыру үшін кірме жолдар пайдаланылса) немесе көлік құралдарының сыйымдылығына және олардың қозғалыс кестесіне қандай да бір сыртқы шектеулер болуы мүмкін (егер теміржол тасымалдары операторының жалпы

пайдалану жолдары пайдаланылса). Барлық үш ағын жүк ағынының үздіксіздігімен сипатталады:

$$\int_0^{365} Q_{ТЖМ} dt = \int_0^{365} Q_{ЖҮЖМ} dt = \int_0^{365} Q_{ҚП} dt \quad (4)$$

Элементтердің кіруі мен шығуындағы жүк партияларының мөлшерінің айырмашылығы мен түсу кестелерінің сәйкес келмеуі олардың әрекет ету сипатын қойма өлшемдеріне өзгертеді. Егер экспорттық жөнелтілімдер кезінде теңіз терминалынан екі буынды жүйеде әкету өзгеріссіз қалса, онда экспорттық жүкті теңіз терминалына әкелу енді  $Q_{ҚП}(t)$  аралық жүк ағынымен жүзеге асырылады.  $Q_{ТЖМ}(t)$  жер үсті терминалының кіреберісіндегі жүк ағыны өзгеріссіз қалады және одан шығару  $Q_{ҚП}(t)$  аралық ағынымен сипатталады.

Осылайша, теңіз портының қоймасындағы жүк көлемінің абсолютті мәні:

$$E_{\text{тең.қойм.}}(t) = \int_0^t [Q_{ҚП}(t) - Q_{ТЖМ}(t)] dt + \frac{T_{\text{сақт.}} \cdot Q_{\text{жыл.}}}{365} \quad (5)$$

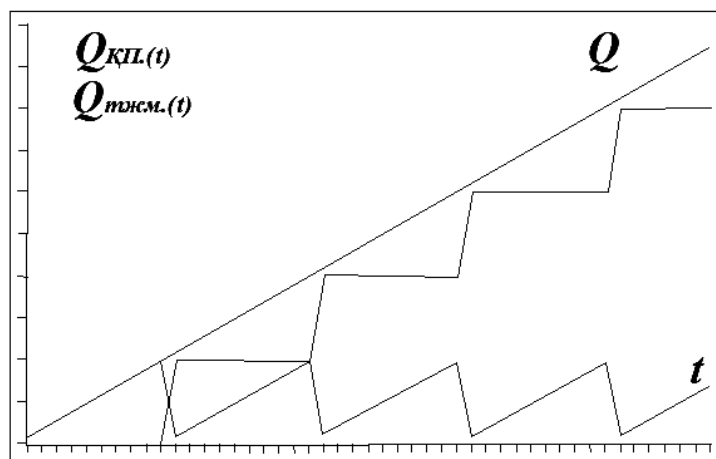
ал көлем құрғақ порт қоймасындағы жүк көлемінің мәні түрінде ұсынылуы мүмкін:

$$E_{\text{жер қойм.}}(t) = \int_0^t [Q_{ЖҮЖМ}(t) - Q_{ҚП}(t)] dt + \frac{T_{\text{сақт.}} \cdot Q_{\text{жыл.}}}{365} \quad (6)$$

Егер  $Q_{ҚП}$  аралық ағыны терминал операторының басқаруында болса және беру мөлшері мен жиілігінде шектеулер болмаса, онда оны өзгерту арқылы кез – келген мәселені шешуге болады-теңіз терминалында сақтауды толығымен жоюдан бастап, артқы терминалда сақтауды толығымен алып тастауға дейін. Ішкі жүк ағынын қалыптастыру және көлік тізбегінің буындары арасында функцияларды бөлу жөніндегі ұсынымдарды әзірлеу мақсатында мынадай шарттарды сақтау қажет:

- ең қымбат аумақта сақтауды ұйымдастыру үшін қажетті аумақты азайту (күрделі шығындарды азайту);
- теңіз терминалында парктің азаюы және талап етілетін қайта тиеу жабдығының жұмыс қарқындылығының біркелкі бөлінуі;
- қажетті партиялардың мөлшерінің өзгеруіне барабар жауап беру мүмкіндігі.

Контейнерлік терминалда жүкті сақтау құны терминал иесінің инфрақұрылымды ұстауға жұмсайтын үлестік шығындарына байланысты болғандықтан, одан әрі *Етең.қойм.* терминалы қоймасының сыйымдылығын және *Ежсү. қойм.* "құрғақ порт" қоймасы анықтауға көшкен жөн.



3 сурет - Теңіз порты қоймасы көлемінің динамикалық құрамдас бөлігі

### Нәтижелер.

Осылайша, 3 суретте көрсетілгенді талдау экспорттық жүк ағыны үшін теңіз порты қоймасы көлемінің динамикалық құрамдас бөлігінің қисығын тұрақты әкелу және әкету кезінде қоймадағы жүк көлемінің ең жоғары мәндері  $V$  кеме партиясының көлемінен аспайтынын көруге болады.

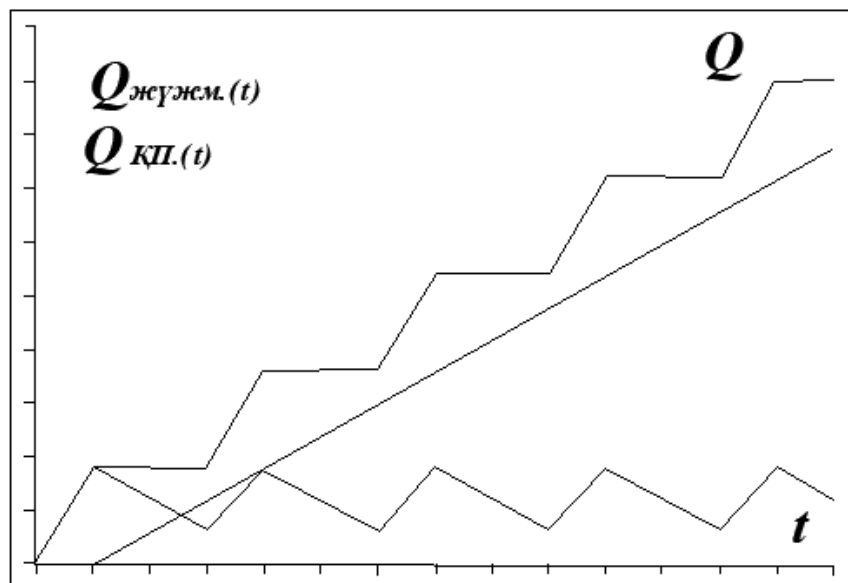
Демек, теңіз контейнер терминалының сыйымдылығының максималды бағасы келесі өрнекті береді:

$$E \leq V + \frac{Q_{\text{жыл.}} \cdot T_{\text{сақт.}}}{365} = V + \frac{NVT_{\text{сақт.}}}{NT_{\text{суд}}} = V \left( \frac{T_{\text{сақт.}}}{T_{\text{кен.}}} + 1 \right). \quad (7)$$

Бұл жағдайда коммерциялық сақтау функциясын құрғақ портқа толық беру, яғни  $T_{\text{сақт.}}=0$ , теңіз контейнер терминалының максималды сыйымдылығын азайтады және келесі өрнекті береді:

$$E \leq V + \frac{Q_{\text{жыл.}} \cdot T_{\text{сақт.}}}{365} = V. \quad (8)$$

Артқы контейнер терминалы үшін жағдай ұқсас болады. Теміржол көлігімен әкелінген кезде терминалға  $Q_{\text{ТЖМ}}(t)$  кіретін жүк ағыны жеделдетілген контейнерлік поездармен (бұдан әрі - ЖКП) -  $V_{\text{ЖКП}}$  жеткізілетін жүк көлемімен сипатталатын болады, ал құрғақ порт қоймасынан жүкті әкету  $V_{\text{БТ}}$  блок-трейнімен әкетілетін жүк көлемімен сипатталатын болады [5]. Мәні  $V_{\text{ЖКП}} > V_{\text{БТ}}$ , өйткені ЖКП қарастырылып отырған желідегі магистральдық желі болып табылады, ал блок-трейндер фидерлер рөлін атқарады. Құрғақ порттың контейнер қоймасының көлемінің динамикалық компонентінің қисығын құрайық (сурет. 4).



4 сурет - Артқы (тылдық)терминал қоймасы көлемінің динамикалық құрамдас бөлігі

Құрғақ порт қоймасы көлемінің динамикалық құрамдас бөлігінің келтірілген қисығын талдай отырып, тұрақты әкету кезінде қоймадағы жүк көлемінің ең жоғары мәндері ЖКП- $V_{\text{ЖКП}}$  партиясының көлемінен аспайтынын көруге болады. Демек, жүк ағынын өңдеуге арналған артқы контейнер терминалының максималды сыйымдылығы келесі өрнекті береді:

$$E \leq V_{\text{ЖКП}} + \frac{Q_{\text{жыл.}} \cdot T_{\text{сақт.}}}{365} = V_{\text{ЖКП}} + \frac{NVT_{\text{сақт.}}}{NT_{\text{кен}}} = V_{\text{ЖКП}} \left( \frac{T_{\text{сақт.}}}{T_{\text{кен}}} + 1 \right) \quad (9)$$

Коммерциялық сақтау функциясын теңіз портынан "құрғақ портқа" толық беру, яғни  $T_{сақт.} > 0$ , сонымен қатар қоймадан  $V$  кеме партиясын сақтау мүмкіндігін талап етеді:

$$E \leq V_{ЖКП} + \frac{NV_{ЖКП} T_{сақт.}}{NT_{ЖКП}} + V = V + V_{ЖКП} \left( \frac{T_{сақт.}}{T_{ЖКП}} + 1 \right) \quad (10)$$

Бұдан әрі экспорттық  $Q^{ЭКСП.}$  және  $Q^{ИМП.}$ -импорттық жүк ағындарының екі буынды жүйесіне бір мезгілде келіп түсу жағдайын қарастыру ұсынылады

Бұл жүк ағындарын шартты түрде қоймалардағы жүкті ұлғайтуға (құрғақ порттың ЖҮЖМ арқылы экспорттық жүкті әкелу, құрғақ порттан теңіз портының қоймасына экспорттық жүкті әкелу, теңіз портының ТЖМ арқылы импорттық жүкті қабылдау, теңіз портынан құрғақ портқа импорттық жүкті қабылдау) және қоймалардағы жүкті азайтатын (экспорттық жүкті әкету) бөлуге болады теңіз портының ТЖМ арқылы экспорттық жүкті құрғақ портынан теңіз портының қоймасына әкету, импорттық жүкті теңіз портынан құрғақ порттың қоймасына әкету, импорттық жүкті құрғақ порттың ЖҮЖМ арқылы әкету).

### Талқылау.

Жоғарыда айтылғандарға ұқсас пайымдаулар теңіз және артқы терминалдардың контейнерлік қоймаларына қатысты экспорттық және импорттық бағыттар үшін қойманың базалық сыйымдылығының мәнін аналитикалық түрде шығаруға мүмкіндік береді:

$$E_{тең.қойм.}(t) = \int_0^t [q_{КП}^{пайд.}(t) - q_{ТЖМ}^{пайд.}(t) + q_{ТЖМ}^{имп.}(t) - q_{КП}^{имп.}(t)] dt + \frac{T_{сақт.} * Q_{жыл.}}{365} \quad (11)$$

$$E_{арт.қойм.}(t) = \int_0^t [q_{ЖҮЖМ}^{пайд.}(t) - q_{КП}^{пайд.}(t) + q_{КП}^{имп.}(t) - q_{ТЖМ}^{имп.}(t)] dt + \frac{T_{сақт.} * Q_{жыл.}}{365} \quad (12)$$

Теңіз терминал қоймасының сипаттамаларын анықтау үшін қажетті деректерді алу үшін  $E_{тең.қойм.}$  және артқы терминал  $E_{артқ.}$  екі буынды бір мезгілде түсу кезінде экспорттық және импорттық жүк ағындарының модельдеу [3] - [9] моделін қолдану ұсынылады

Болжалды модельдің сипаттамасы.

Екі тәуелсіз көлік жүйесі болсын: теңіз портынан тұратын бір буынды және теңіз порты мен құрғақ порттан тұратын екі буынды. Сондай-ақ,  $Q^{ЭКСП.}$ -тың берілген экспорттық жүк ағыны және  $Q^{ИМП.}$ -тың импорттық жүк ағыны кемелер жүйесіне  $T_{кем.}$  интервалымен және ТЖМ -  $T_{тжм.}$  интервалымен түсуімен жүзеге асырылсын. ЖКП жүк көлемімен сипатталады-  $V_{ЖКП.}$ , теңіз кемелері  $V$  жүк көлемімен сипатталады, порт пен "құрғақ порт" арасындағы желіде жұмыс істейтін блок-трейндер  $V_{БТ}$  жүк көлемімен сипатталады, ТЖМ  $P_{тжм.}$ , TEU/ тәулік өнімділігімен сипатталады, ал ЖҮЖМ  $P_{жжм}$  TEU/тәулік өнімділігімен сипатталады. Теңіз және артқы терминалдардың техникалық жүк ағыны үшін тиеу майданының өнімділігі өнімділікпен сипатталады  $P_{КП}$ , БТ/күн.

Модель логикасының ресми сипаттамасы

Алдымен теңіз портынан тұратын екі буынды көлік жүйесін қарастырыңыз және "құрғақ порт":

0-қадам. Теңіз және артқы контейнерлік терминалдардың қоймаларында жүк жоқ. Па- модельдегі ауысым аралығы 1 күнге тең деп қабылданды.

1-қадам. Темір жол көлігімен (ЖКП) экспорттық жүк тыл кон тейнер терминалына ЖҮЖМ арқылы келіп түседі және сақтау мерзімі  $T_{сақт.}$  ішінде онда болады.

2-қадам. Кеменің алдағы 10 тәулікке жоспарланған жақындауы жағдайында блок-трейн жүйесінің көмегімен жүк кеме келуін күтіп тұрған айлақта кеме болмаған жағдайда қоймаға түсірілетін теңіз терминалының контейнерлік қоймасына  $v_{бт}$  мөлшеріндегі партиялармен жеткізіледі. Егер кеме айлақта тұрса және экспорттық жүкті қабылдауға дайын болса, онда жүк тікелей нұсқа бойынша кемеге тиеледі

3-қадам. Кеменің келуі  $T_{кем.}$  интервалында жүреді. Кеме оның бортынан МГФ арқылы келгеннен кейін импорттық жүк толығымен түсіріледі, ол теңіз терминалының контейнерлік қоймасына орналастырылады.

4-қадам. ТЖМ-ға  $V$  көлемінде импорттық жүкті түсіру аяқталғаннан кейін жүк алушыларға теңіз арқылы жөнелту үшін кемеге экспорттық жүкті тиеу басталады (бұл ретте экспорттық жүк партиясының мөлшері импорттық жүктің мөлшерінен аз да, одан да көп болуы мүмкін, бірақ кеменің ең жоғары сыйымдылығынан аспауы тиіс).

5-қадам. Импорттық жүктің  $v_{бт}$ -дан үлкен немесе оған тең бірінші партиясын түсіру аяқталғаннан кейін бұл партия блок-трейнге батырылады және сол күні "құрғақ порт" қоймасына жіберіледі.

6-қадам. Темір жол көлігімен импорттық жүк тыл терминалының контейнерлік қоймасына түседі және  $T_{сақт.}$  сақтаудың белгілі бір мерзімі ішінде сол жерде болады.

7-қадам. "құрғақ порт" қоймасындағы жүктің көлемі үлкен немесе оған тең болғаннан кейін  $V_{жкп}$ , содан кейін  $V_{жкп}$  импорттық жүк партиясы ЖКП-ға тиеледі және жүк алушыларға жөнелтіледі.

8-қадам. Модель 365 интервал сериясынан тұрады, олардың әрқайсысы бір күнге тең.

Әрі қарай, бір буынды көлік жүйесін қарастырамыз:

0-қадам. Теңіз портының қоймасында жүк жоқ. Модельдегі уақыт аралығы да 1 күнге тең қабылданады.

1-қадам. Темір жол көлігімен (ЖКП) экспорттық жүк ЖҮЖМ арқылы теңіз контейнерлік қоймасына түседі және  $T_{сақт.}$  сақтаудың белгілі бір мерзімі ішінде сонда болады.

2-қадам. Кеменің келуі  $T_{кем.}$  интервалында жүреді. Кеме оның бортынан келгеннен кейін ТЖМ теңіз терминалының контейнерлік қоймасына орналастырылған импорттық жүкті толығымен түсіреді.

4-қадам. ТЖМ-ға  $V$  көлемінде импорттық жүкті түсіру аяқталғаннан кейін жүк алушыларға теңіз арқылы жөнелту үшін кемеге экспорттық жүкті тиеу басталады (бұл ретте экспорттық жүк партиясының мөлшері импорттық жүктің мөлшерінен аз да, одан да көп болуы мүмкін, бірақ кеменің ең жоғары сыйымдылығынан аспауы тиіс).

5-қадам. Импорттық жүктің бірінші партиясын түсіру аяқталғаннан кейін, артық немесе тең  $V_{жкп}$ , импорттық жүктің партиясы  $V_{жкп}$  ЖКП-ге жүктеледі және жүк алушыларға жіберіледі.

8-қадам. Модель 365 интервал сериясынан тұрады, олардың әрқайсысы 1 күнге тең. Алынған модель технологиялық тұрғыдан негізгі параметрлерді зерттеуге мүмкіндік береді.- бір буынды және екі буынды жүйелердегі теңіз және артқы контейнерлік терминалдардың өзара іс-қимылы.

Модельдің көмегімен импорттық және экспорттық жүктерді қоймаларға әкелу/әкету динамикасы, әр уақытта қоймалардағы жүктің максималды және минималды көлемі туралы мәліметтер алуға болады.

Жүргізілген эксперименттер мен имитациялық модельдеу экспорттық және импорттық контейнерлік ағындарды өңдеу кезінде теңіз және артқы контейнерлік терминалдар қоймасының қажетті максималды сыйымдылығын бағалауға мүмкіндік береді [7,8].

Коммерциялық сақтау функциясын артқы терминалға толығымен беру кезінде (яғни, теңіз қоймасы үшін  $t_{xp} = 0$ ), ең көп қажет - теңіз контейнер терминалының құны және келесі өрнекті береді:

$$E \leq 2 \left( V + \frac{Q_{\text{жыл}} \cdot T_{\text{сақт.}}}{365} \right) = 2V. \quad (13)$$

Коммерциялық сақтау функциясын теңіз портынан " құрғақ портқа " толық беру (яғни  $T_{xp} > 0$  артқы терминалы үшін) қоймадан  $V$  кеме жұбын да сақтау және теңіз кемелерінің біркелкі емес жақындауы кезінде пайда болатын тербелістерді тегістеу мүмкіндігін талап етеді  $T_{\text{суд}}$ .

Осылайша, артқы контейнерлік терминал қоймасының максималды сыйымдылығы сіз түрінде болады:

$$E \leq 2(V_{\text{ЖКП}} + \frac{NV_{\text{ЖКП}} T_{\text{сақт.}}}{NT_{\text{ЖКП}}} + V + V_{\text{БТ}} \Delta T_{\text{кем}} = 2(V + V_{\text{ЖКП}} \left( \frac{T_{\text{сақт.}}}{T_{\text{ЖКП}}} + 1 \right) + V_{\text{БТ}} \Delta T_{\text{кем}}. \quad (14)$$

Имитациялық модельдеу көрсеткендей, тасымалдау тізбегіне қосымша буын-артқы контейнерлік терминалды енгізу - қоймалардың жалпы көлемінің ұлғаюына әкеледі —  $E_{\text{мор.СҚЛ}} + E_{\text{тыл.бір буынды Escl}}$  жүйесінің қоймасымен салыстырғанда  $SKL$ , яғни  $E_{\text{мор. СҚЛ}} + E_{\text{тыл. SCL}} > E_{\text{сcl}}$ . Негізгі себеп - екі жұп партия көлемінің біркелкі парыстігін және көлік құралдарының түсуін өтеу қажеттілігі.

1. Бір буынды жүйеде логистикалық элементтің — теңіз контейнер терминалының жұмыс істеуі қоймада артық немесе жетіспейтін жүктердің пайда болуына әкеледі. Осыған байланысты портта көлік құралының (кеменің) келмеуі, сондай-ақ мерзімінен бұрын келген кемені тиеуге арналған "сақтандыру" қорының жинақталуы салдарынан әкетудің кешігуі кезінде туындайтын артық қорды сақтау мүмкіндігі болуы қажет.

2. Теңіз терминалы - тыл терминалының екі буынды көлік тізбегінің жұмыс істеуі ұйымдастырылған жағдайда теңіз терминалының операторы қымбат порт аумағында сақтау алаңдарын азайтуға, саябақты азайтуға және терминалда қайта тиеу жабдығының жұмысын біркелкі бөлуге мүмкіндік алады, сондай - ақ талап етілетін партиялардың мөлшері мен беру жиілігінің өзгеруіне барабар жауап беру мүмкіндігін алады.

3. Өзара әрекеттесудің технологиялық арналарын басқарған жағдайда, теңіз терминалының операторы теңіз терминалында сақтауды толығымен жоюға дейін кез-келген мәселені шешуге мүмкіндік алады.

4. Аналитикалық әдістерді қолдану экспорттық және импорттық бағыттар үшін теңіз және артқы терминалдар қоймаларының базалық сыйымдылығының мәндерін шығаруға мүмкіндік береді.

5. Имитациялық модельдеу теңіз және артқы терминалдар қоймаларының қажетті көлемінің мөлшеріне көлік құралдарының біркелкі келмеуінің әсерін бағалауға, сондай-ақ терминалдар арасындағы технологиялық өзара іс-қимылдың қажетті деңгейі туралы мәліметтер алуға мүмкіндік береді, нәтижесінде оны көлік пен инфрақұрылымдық объектілердің жұмысын жоспарлау үшін пайдалануға болады.

6. Теңіз қоймасында сақтаудың меншікті құны артқы қоймадағыдан едәуір жоғары болған жағдайда, екі буынды жүйенің көлік тізбегінде: теңіз және артқы контейнер терминалын пайдалану мүмкіндігі анағұрлым қолайлы болып табылады.

### Қорытынды

Осылайша, екі буынды жүйенің имитациялық моделімен теңіз және артқы контейнер терминалдарының технологиялық өзара әрекеттесуін математикалық модельдеу теңіз терминалы – артқы терминал теңіз порты терминалдарының өткізу қабілетін арттыруға тікелей әсер ететін теңіз және артқы контейнер терминалдарының технологиялық өзара әрекеттесуінің ұтымды деңгейін анықтайды

## ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Кузнецов А. Л. Обоснование концепции «сухого порта» / А. Л. Кузнецов, В. Н. Щербакова-Слюсаренко // Транспортное дело России. - 2013. - № 4. - С. 77–80.
- [2] Кузнецов А. Л. Методология технологического проектирования современных контейнерных терминалов. - СПб.: Феникс, 2008. - 132 с.
- [3] Китиков А. Н. Расчет морского фронта методами имитационного моделирования / А. Н. Китиков, А. Л. Кузнецов, И.А. Русинов // Эксплуатация морского транспорта. — 2013. - № 2 (72). - С. 3–6.
- [4] Кузнецов А. Л. Расчет вместимости портового склада с учетом неравномерности работы смежного транспорта / А. Л. Кузнецов, В. А. Погодин, Я. Б. Спасский // Эксплуатация морского транспорта. - 2010. — № 4 (62). - С. 3–9.
- [5] Crainic T.G. Modeling dry-port-based freight distribution planning / T. G. Crainic, P. Dell'Olmo, N. Ricciardi, A. Sgalambro // Transportation Research Part C: Emerging Technologies. - 2015. - № 55. - Pp. 518–534. DOI:10.1016/j.trc.2015.03.026.
- [6] Кузнецов А. Л. Имитационное моделирование работы порта с учетом дифференцированных метеоусловий / А. Л. Кузнецов, В. А. Погодин, Я. Б. Спасский // Эксплуатация морского транспорта. - 2011. - № 1 (63). — С. 3–8.
- [7] Кузнецов А. Л. Дискретно-событийное моделирование в задачах проектирования и эксплуатации автомобильных терминалов / А. Л. Кузнецов, С. В. Бобрышев, Я. Б. Спасский // Эксплуатация морского транспорта. - 2011. - № 2 (64). - С. 8–13.
- [8] Фетисов В. А. Исследование и реализация оптимального варианта работы портовой логистической системы с использованием имитационных моделей систем массового обслуживания / В. А. Фетисов, Н. Н. Майоров // Эксплуатация морского транспорта. — 2012. - № 3. - С. 3–7.

## REFERENCES\*

- [1] Kuznecov A. L. Obosnovanie koncepcii «suhogo porta» / A. L. Kuznecov, V. N. Shherbakova-Sljusarenko // Transportnoe delo Rossii. - 2013. - № 4. - S. 77–80.
- [2] Kuznecov A. L. Metodologija tehnologicheskogo proektirovanija sovremennyh kontejnernyh terminalov. - SPb.: Feniks, 2008. - 132 s.
- [3] Kitikov A. N. Raschet morskogo fronta metodami imitacionnogo modelirovanija / A. N. Kitikov, A. L. Kuznecov, I.A. Rusinov // Jekspluatacija morskogo transporta. — 2013. - № 2 (72). - S. 3–6.
- [5] Crainic T.G. Modeling dry-port-based freight distribution planning / T. G. Crainic, P. Dell'Olmo, N. Ricciardi, A. Sgalambro // Transportation Research Part C: Emerging Technologies. - 2015. - № 55. - Pp. 518–534. DOI:10.1016/j.trc.2015.03.026.
- [4] Kuznecov A. L. Raschet vmestimosti portovogo sklada s uchetom neravnomernosti raboty smezhnogo transporta / A. L. Kuznecov, V. A. Pogodin, Ja. B. Spasskij // Jekspluatacija morskogo transporta. - 2010. — № 4 (62). - S. 3–9.
- [6] Kuznecov A. L. Imitacionnoe modelirovanie raboty porta s uchetom differencirovannyh meteouslovij / A. L. Kuznecov, V. A. Pogodin, Ja. B. Spasskij // Jekspluatacija morskogo transporta. - 2011. - № 1 (63). — S. 3–8.
- [7] Kuznecov A. L. Diskretno-sobyitnoe modelirovanie v zadachah proektirovanija i jekspluataciji avtomobil'nyh terminalov / A. L. Kuznecov, S. V. Bobryshev, Ja. B. Spasskij // Jekspluatacija morskogo transporta. - 2011. - № 2 (64). - S. 8–13.

[8] Fetisov V. A. Issledovanie i realizacija optimal'nogo varianta raboty portovoj logisticheskoy sistemy s ispol'zovaniem imitacionnyh modelej sistem massovogo obsluzhivaniya / V. A. Fetisov, N. N. Majorov // Jekspluatacija morskogo transporta. — 2012. - № 3. - S. 3–7.

**Abzal Tabylov**, candidate of technical sciences, docent, Yessenov University, Aktau, Kazakhstan, tabylov62@mail.ru

**Nabat Suyeuova**, master, senior lecturer, Yessenov University, Aktau, Kazakhstan, nsuyeuova@mail.ru

**Asgerbek Yusupov**, senior lecturer, Yessenov University, Aktau, Kazakhstan, askerbek\_usa@mail.ru

**Kamar Rzaeva**, senior lecturer, Yessenov University, Aktau, Kazakhstan, sisenkyzy@mail.ru

**Gulmira Bilashova**, master, senior lecturer, Yessenov University, Aktau, Kazakhstan, ms.bilashova@mail.ru

## MATHEMATICAL MODELING OF TECHNOLOGICAL INTERACTION OF MARINE AND REAR CONTAINER TERMINALS

**Abstract.** The relevance of the study of the problem of interaction between rail and sea transport in port transport hubs is explained by its direct impact on improving the quality of life of people and the importance for the development of the entire transport complex of the state, increasing the efficiency of its work. The article is devoted to the issues of technological interaction of sea and rear container terminals in the framework of planning the operation of land-based cargo distribution networks. The main objective of the study is to obtain the necessary information about the level of technological interaction between the sea and rear container terminals in a two-link system and the parameters of terminal warehouses and to analyze the development of a mechanism for the formation of cargo volume in the warehouse of the sea and rear container terminal. Analytical methods have been used to derive a formula for calculating the maximum capacity of terminal warehouses and to determine the values of the base capacity of warehouses of sea and rear terminals for export and import directions. Mathematical modeling methods were used to build a simulation model of a two-link system: a marine terminal - a rear terminal, which allows to assess the impact of the uneven arrival of vehicles on the amount of the required volume of warehouses of the marine and rear terminals. This makes it possible to minimize the port storage areas, the fleet of transshipment equipment and ensures a rational distribution of the volume of work of transshipment equipment with a proportionate response to changes in the size and frequency of the required shipments to the terminal. The results of the study can be used for optimal planning of the operation of sea transport and infrastructure facilities of the seaport.

**Keywords.** Containers, seaports, cargo front, rear terminals, planning, simulation modeling, cargo distribution networks, cargo flow, dry port.

**Абзал Табылов**, к.т.н., доцент, Yessenov University, Актау, Қазақстан, tabylov62@mail.ru

**Набат Суйеуова**, магистр, старший преподаватель, Yessenov University, Актау, Қазақстан, nsuyeuova@mail.ru

**Асгербек Юсупов**, старший преподаватель, Yessenov University, Актау, Қазақстан, askerbek\_usa@mail.ru

**Камар Рзаева**, старший преподаватель, Yessenov University, Актау, Казахстан, sisenkyzy@mail.ru

**Гульмира Билашова**, магистр, старший преподаватель, Yessenov University, Актау, Казахстан, ms.bilashova@mail.ru

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МОРСКИХ И ТЫЛОВЫХ КОНТЕЙНЕРНЫХ ТЕРМИНАЛОВ

**Аннотация.** Актуальность исследования проблемы взаимодействия железнодорожного и морского транспорта в припортовых транспортных узлах объясняется её непосредственным влиянием на улучшение качества жизни людей и важностью для развития всего транспортного комплекса государства, повышения эффективности его работы. Статья посвящена вопросам технологического взаимодействия морских и тыловых контейнерных терминалов в рамках планирования работы наземных сетей грузораспределения. Основная задача исследования - получение необходимых сведений об уровне технологического взаимодействия морского и тылового контейнерных терминалов в двухзвенной системе и параметрах складов терминалов и анализ выработки механизма образования объема груза на складе морского и тылового контейнерного терминала. Аналитическими методами выведена формула для вычисления максимальной емкости складов терминалов и определены значения базовой вместимости складов морского и тылового терминалов для экспортного и импортного направлений. Используются методы математического моделирования для построения имитационной модели двухзвенной системы: морской терминал – тыловой терминал, позволяющей оценить влияние неравномерности поступления транспортных средств на величину необходимого объема складов морского и тылового терминалов. Это позволяет минимизировать портовые складские площади хранения, парк перегрузочного оборудования и обеспечивает рациональное распределение объема работы перегрузочной техники с соразмерным реагированием на изменения размеров и частоты поступлений требуемых партий на терминал. Результаты исследования могут быть использованы для оптимального планирования работы морского транспорта и инфраструктурных объектов морского порта.

**Ключевые слова.** Контейнеры, морские порты, грузовой фронт, тыловые терминалы, планирование, имитационное моделирование, сети грузораспределения, грузопоток, сухой порт.

\*\*\*\*\*