
ІНЖЕНЕРНІ НАУКИ

9+УДК 519.673:656.025.2

<https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2020.3.1>

С.С. БОРОВИК

Одеський національний морський університет

ORCID: 0000-0003-4168-8537

МОДЕЛЬ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОГО РОЗПОДІЛУ ПАСАЖИРСЬКОГО ФЛОТУ ЗА МАРШРУТАМИ

В роботі сформульовано економіко-математичну модель задачі, яка дозволяє розподілити групи суден по вже існуючим і новим лінійним та рейсовими маршрутами, за умови досягнення максимального прибутку. Для формулювання завдання були визначені показники, які відображають ефективність функціонування флоту. Фінансовий результат відображає прагнення судновласника в отриманні максимального прибутку, провізна здатність флоту відображає рівень технічної експлуатації флоту. Обмеження враховують, що провізна здатність груп пасажирського флоту дорівнює обсягу пасажиропотоку на вже існуючих маршрутах і не більше, ніж пасажиропотік на нових маршрутах. Вартість оренди судів не більше, ніж резерв фонду розвитку судновласника. Кількість використовуваних судів різних груп не повинна перевищувати заданої кількості. В результаті рішення задачі були визначені варіанти використання провізної здатності пасажирського флоту (повністю, частково, не використовується) при освоєнні заданих пасажиропотоків на розглянутих маршрутах. Отримані варіанти стали основою в прийнятті рішень щодо ефективності функціонування власного пасажирського флоту в порівнянні із пасажирським флотом конкурентів, необхідності модернізувати власний пасажирський флот, можливості залучити флот на орендних умовах. Вдосконалено економіко-математичну модель оптимального розподілу суден по варіантам маршрутів. На відмінно від інших, запропонована модель оптимізує роботу груп суден – власного, що можна орендувати та конкурентів на вже існуючих та нових маршрутах. Аналіз результатів вирішення задачі дозволяє зробити висновок щодо ефективності функціонування власного флоту і можливості прийняття рішення щодо залучення суден на орендних умовах. Судновласник може приймати рішення щодо напрямків подальшого розвитку компанії залежно від результатів проведення оцінки функціонування пасажирського флоту.

Ключові слова: пасажирський флот, провізна здатність, економіко-математична модель, пасажиромісткість.

С.С. БОРОВИК

Одесский национальный морской университет

ORCID: 0000-0003-4168-8537

МОДЕЛЬ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПАСАЖИРСКОГО ФЛОТА ПО МАРШРУТАМ

В работе сформулирована экономико-математическая модель задачи, которая позволяет распределить группы судов по уже существующим и новым линейным и рейсовым маршрутам, при условии достижения максимальной прибыли. Для формулировки задачи были определены показатели, отражающие эффективность функционирования флота. Финансовый результат отражает стремление судовладельца в получении максимальной прибыли, провозная способность флота отражает уровень технической эксплуатации флота. Ограничения учитывают, что провозная способность групп пассажирского флота равна объему пассажиропотока на уже существующих маршрутах и не более, чем объем пассажиропотока на новых маршрутах. Стоимость аренды судов не более, чем резерв фонда развития судовладельца. Количество используемых судов различных групп не должна превышать заданного количества. В результате решения задачи были определены варианты использования провозной способности пассажирского флота (полностью, частично, не используется) при освоении заданных пассажиропотоков на рассматриваемых маршрутах. Полученные варианты стали основой в принятии решений относительно эффективности функционирования собственного пассажирского флота по сравнению с пассажирским флотом конкурентов, необходимости модернизировать собственный пассажирский флот, возможности привлечь флот на орендных условиях. Усовершенствована экономико-математическая модель оптимального распределения судов по вариантам маршрутов. В отличие от других, предложенная модель оптимизирует работу групп судов -

собственного, которые можно арендовать и конкурентов на уже существующих и новых маршрутах. Анализ результатов решения задачи позволяет сделать вывод об эффективности функционирования собственного флота и возможности принятия решения по привлечению судов на арендных условиях. Судовладелец может принимать решения относительно направлений дальнейшего развития компании в зависимости от результатов проведения оценки функционирования пассажирского флота.

Ключевые слова: пассажирский флот, провозная способность, экономико-математическая модель, пассажировместимость.

S.S. BOROVIK

Odessa National Maritime University
ORCID: 0000-0003-4168-8537

MODEL OF THE TASK OF OPTIMAL DISTRIBUTION OF THE PASSENGER FLEET BY ROUTES

The paper formulates an economic-mathematical model of the problem, which allows distributing groups of ships on existing and new linear and voyage route, provided that the maximum profit is achieved. To formulate the task, indicators were identified that reflect the efficiency of the fleet. The financial result reflects the desire of the shipowner to obtain maximum profit, the carrying capacity of the fleet reflects the level of technical operation of the fleet. Restrictions take into account that the carrying capacity of groups of the passenger fleet is equal to the volume of passenger traffic on existing routes and not more than passenger traffic on new routes. The cost of renting ships is not more than the reserve of the shipowner's development fund. The number of vessels of different groups used should not exceed the specified number. As a result of solving the problem, the warrants for the use of the carrying capacity of the passenger fleet (completely, partially, not used) in the development of the specified passenger flows on the routes were identified. The obtained options became the basis for decisions on the efficiency of its own passenger fleet in comparison with the passenger fleet of competitors, the need to modernize its own passenger fleet, the ability to attract the fleet on lease. The economic-mathematical model of the optimal distribution of ships by route options has been improved. Unlike others, the proposed model optimizes the work of groups of ships - their own, which can be rented and competitors on existing and new routes. Analysis of the results of solving the problem allows us to draw conclusions about the effectiveness of its own fleet and the possibility of deciding on the involvement of vessels on lease. The shipowner can decide on the directions of further development of the company depending on the results of the assessment of the functioning of the passenger fleet.

Key words: passenger fleet, carrying capacity, economic-mathematical model, passenger capacity.

Постановка проблеми

Виробнича діяльність пасажирського флоту здійснюється при взаємодії суден, портів і судноремонтних підприємств і спрямована на отримання прибутку для судновласників і задоволення потреб у перевезеннях і круїзах пасажирів.

На функціонування пасажирського флоту впливають такі фактори, як величина та рухливість пасажиропотоків, технічний стан суден, рівень організації технічної та комерційної експлуатації флоту. А також методи формування ціни на квиток, навігаційні умови, сезонність, економічна та політична ситуація в регіоні експлуатації флоту.

Таким чином, існує необхідність в постійному моніторингу ефективності виробничої діяльності пасажирського флоту, яка може змінюватися в залежності від умов внутрішнього та зовнішнього середовища, для забезпечення надійності функціонування флоту та його подальшого розвитку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Економіко-математичне моделювання широко застосовується при оптимізації функціонування транспорту. Математичні моделі і методи дозволяють оцінити роботу транспорту шляхом порівняння результатів роботи за поточний період з оптимальним варіантом.

В роботах [1,2] розглянуті варіанти моделювання функціонування пасажирського транспорту на підставі оцінки попиту на транспортні послуги. Дані моделі застосовні для оцінки привабливості маршрутів для пасажирів з точки зору комфорту, сервісу, безпеки і вартості.

Організації функціонування вантажного і пасажирського флоту із застосуванням економіко-математичного моделювання було розглянуто в багатьох дослідженнях радянських вчених [3,4,5], проте в даний час ці розробки вже не здатні в повній мірі відобразити нових умов роботи судноплавних компаній.

Сучасні автори в основному приділяють увагу оптимальній роботі флоту на лініях в умовах невизначеного попиту і ризиків та оптимізації розкладу руху пасажирського транспорту [6,7].

У ряді досліджень пропонуються моделі з оптимізації завантаження суден (вантажами і пасажирями) в залежності від особливостей функціонування розглянутих судів [8,9,10]. Однак з огляду на специфіку пасажирського флоту вони мало пристосовані для оптимізації його функціонування.

У дослідженні [11] запропонована економіко-математична модель оптимального розподілу бюджету часу судів (власних та орендованих) за довгостроковими фрахтовими контрактами з урахуванням того, що в вільний від роботи за даними контрактами час, судна можуть працювати на відкритому фрахтовому ринку. В статті [12] пропонується модель оптимального складу флоту і набір вантажопотоків для його роботи в рамках річного відрізка часу. Дані моделі можуть бути адаптовані та застосовуватись до пасажирського флоту, зокрема при оптимізації рейсової форми організації роботи суден.

У статтях [13,14] наведені моделі оптимального розподілу резерву судів для освоєння заданих вантажопотоків. Наведені моделі можна адаптувати стосовно пасажирського флоту. На підставі адаптованої моделі можна оцінити ефективність функціонування пасажирського флоту на лінійних і рейсових маршрутах шляхом порівняння результатів роботи фактично виконаної з оптимальним варіантом.

Як видно з аналізу літературних джерел переважна більшість досліджень присвячено оптимізації роботи вантажного флоту, при цьому проблеми функціонування пасажирського флоту залишаються вивчені недостатньо.

Формулювання мети дослідження

Мета дослідження – розробка економіко-математичної моделі розподілу пасажирського флоту в різних умовах експлуатації, в результаті рішення котрої, можна зробити висновок щодо ефективності функціонування флоту.

Викладення основного матеріалу дослідження

Для формулювання задачі визначимо показники та критерії оптимізації, що будуть здатні відобразити ефективність роботи пасажирського флоту.

Як вже відмічалось, судноплавні компанії прагнуть до максимального прибутку. Перед судновласником стоїть задача у розподілі флоту за маршрутами таким чином, щоб забезпечити свій максимальний фінансовий результат. Очевидно, що у якості критерія оптимізації розподілу пасажирського флоту в різних умовах експлуатації є фінансовий результат (прибуток).

Фінансовий результат визначається як різниця між доходами D , які надходять в результаті експлуатації судна та витратами R на утримання судна в експлуатації (1). Характеризуючи перевищення надходжень над витратами, фінансовий результат виражає мету судноплавної компанії та приймається в якості головного показника її ефективності [15]:

$$F = D - R. \quad (1)$$

В процесі експлуатації відбувається моральний та технічний знос флоту. Швидкість і ступінь зносу для кожної серії суден різні та залежать від ряду факторів:

- проектних характеристик і якості матеріалів, з яких були побудовані судна;
- умов експлуатації суден;
- якості та частоти проведення технічного обслуговування та планового ремонту;
- якості паливно-мастильних матеріалів;
- впливу природного середовища;
- досвіду та кваліфікації екіпажу, в обов'язки якого входить забезпечення безпечної навігації, а також контроль технічного стану, підтримання справності, відновлення ресурсів, усунення відмов і пошкоджень судових технічних засобів.

При моральному та технічному зносі прибуток від функціонування пасажирського флоту скорочується з наступних причин:

- збільшення витрат на ремонт і утримання судів, для підтримки їх в робочому стані;
- зниження доходів від зменшення продуктивності, до якого призводить скорочення часу експлуатації через часті поломки та відмови механізмів;
- зниження доходів від зменшення попиту та тарифу на перевезення через непривабливий стан пасажирських суден.

Отже, технічний стан пасажирського флоту безпосередньо впливає на фінансовий результат від його експлуатації, який, тим більше, чим більше продуктивність пасажирського флоту.

З усієї системи показників, які характеризують транспортну роботу пасажирського флоту, ключове місце займає показник провізної здатності флоту, який:

- визначає транспортні можливості флоту в конкретних умовах експлуатації;
- залежить від пасажиромісткості суден, ступеня її використання, експлуатаційного періоду роботи судна, навігаційного періоду та умов лінії (рейсу), технічної швидкості судів, швидкості руху за

розкладом, протяжності кругового рейсу, кількості пунктів заходу. А також продуктивності операцій з обробки та обслуговування пасажирських суден в портах, дальності перевезення пасажирів і змінності пасажирів [16].

Провізна здатність пасажирського флоту – це об'єм роботи в пасажиро-милях та в пасажиромісцях, яку судно може виконати за певний проміжок часу в певних умовах. Існує два способи розрахунку провізної здатності: за кількістю рейсів і по показниках (вимірювачах). Перший спосіб базується на конкретних умовах роботи пасажирських суден. Другий спосіб базується на показниках, що встановлюються на певний період часу, і застосовується при розрахунку провізної здатності на тривалі періоди часу, коли невідома конкретна розстановка суден по рейсах, завантаження суден і порти заходу в окремих рейсах [17].

Провізна здатність пасажирського судна в пасажиромісцях за експлуатаційний період визначається як:

$$P = \alpha\beta Wr, \quad (2)$$

де α – коефіцієнт використання пасажиромісткості судна; β – коефіцієнт змінності пасажирів на судні; W – пасажиромісткість судна; r – кількість рейсів в заданому періоді.

Або у пасажиро-милях як:

$$P = \alpha\beta WrL, \quad (3)$$

де L – дальність пробігу судна або довжина рейсу.

Провізна здатність за експлуатаційний період T_e по показниках визначається як:

$$P = \mu WT_e, \quad (4)$$

де μ – продуктивність 1 пасажиромісця у валову добу.

Слід зазначити, що на визначення провізної здатності судна впливає навігаційний період (літній або зимовий), в який воно експлуатується. Наприклад, в літній період у суден, які працюють на лінії, пасажиромісткість більше, ніж взимку. Це обумовлено можливістю використовувати місця на відкритих палубах для перевезення пасажирів.

Використовуючи формулу (2) перетворимо формулу (1) і отримаємо вираз:

$$F = \bar{f}P - R, \quad (5)$$

де \bar{f} – середня чиста доходна ставка на 1 пасажиромісце.

З формул (2)–(4) видно, що показник провізної здатності пасажирського флоту є функція ряду величин, які характеризують функціонування флоту. При цьому формула (5) показує, що фінансовий результат від роботи пасажирських суден безпосередньо залежить від провізної здатності флоту.

Таким чином, показники фінансового результату та провізної здатності флоту дозволяють провести оцінку ефективності функціонування пасажирського флоту в різних умовах.

У загальному вигляді задача формулюється наступним чином: на підставі потреб у транспортній продукції і послугах необхідно оптимізувати провізну спроможність пасажирського флоту в залежності від умов експлуатації - лінійна форма організації і рейсова, на заданий експлуатаційний період за умови досягнення максимального фінансового результату.

Власник суден, судновласник або оператор пасажирського флоту здійснює свою діяльність в заданому регіоні. У його розпорядженні є N_i^g ($i=1,2,\dots,m_g$) суден. З метою збільшення своїх виробничих потужностей судноплавній компанії доцільно розглянути можливість залучення суден на орендних умовах. Проаналізувавши пропозиції на фрахтовому ринку можна визначити кількість суден N_i^o ($i=m_g+1,m_g+2,\dots,m_o$), які можуть здійснювати свою діяльність в заданому регіоні на лінійних і рейсових маршрутах. Так само в регіоні здійснюють свою діяльність інші судноплавні компанії - конкуренти з кількістю флоту N_i^k ($i=m_o+1,m_o+2,\dots,m$).

В даному регіоні певна сукупність вже існуючих J ($j=1,2,\dots,J$) та нових J'' ($j=1,2,\dots,J$) варіантів лінійних і рейсових маршрутів руху з вже сформованими пасажиропотоками

Q_j и Q_j^H . Для кожної групи суден – власних, що можна орендувати, конкурентів (e, o, k) на підставі статистичних даних вже виконаної роботи і очікуваних об'ємах пасажиропотоків визначаються наступні показники:

- провізна здатність $P_{ij}^e, P_{ij}^o, P_{ij}^k$ суден i на j маршруті;
- фінансовий результат $F_{ij}^e, F_{ij}^o, F_{ij}^k$ судна i на j маршруті.

В якості критерію оптимальності виступає максимум фінансового результату або, іншими словами, прибуток. Прибуток є метою діяльності будь-яких організацій, що функціонують на комерційних засадах, в тому числі і судноплавних компаній. Зниження собівартості це один з факторів збільшення прибутку. Показник собівартості є допоміжним і не може в повному обсязі оцінити економічну ефективність експлуатації флоту.

Параметром управління x_{ij} є судна i на вже існуючих і нових маршрутах j .

Цільова функція економіко-математичної моделі задачі оптимального розподілу груп флоту (e, o, k) по вже існуючим і новим маршрутам приймає наступний вигляд:

$$Z = \sum_{i=1}^{m_e} \sum_{j \in J_e} F_{ij}^e x_{ij} + \sum_{i=m_e+1}^{m_o} \sum_{j \in J_o} F_{ij}^o x_{ij} + \sum_{i=m_o+1}^m \sum_{j \in J_k} F_{ij}^k x_{ij} + \sum_{i=1}^{m_e} \sum_{j \in J_e^H} F_{ij}^e x_{ij} + \sum_{i=m_e+1}^{m_o} \sum_{j \in J_o^H} F_{ij}^o x_{ij} + \sum_{i=m_o+1}^m \sum_{j \in J_k^H} F_{ij}^k x_{ij} \rightarrow \max. \quad (1)$$

Завдання вирішується при наступних основних обмеженнях.

Провізна спроможність груп (e, o, k) використовуваного пасажирського флоту повинна дорівнювати обсягу пасажирів на вже існуючих маршрутах:

$$\sum_{i=1}^{m_e} P_{ij}^e x_{ij} + \sum_{i=m_e+1}^{m_o} P_{ij}^o x_{ij} + \sum_{i=m_o+1}^m P_{ij}^k x_{ij} = Q_j, (j = 1, 2, \dots, J); \quad (2)$$

і бути не більше, ніж обсяг пасажирів на нових маршрутах:

$$\sum_{i=1}^{m_e} P_{ij}^e x_{ij} + \sum_{i=m_e+1}^{m_o} P_{ij}^o x_{ij} + \sum_{i=m_o+1}^m P_{ij}^k x_{ij} \leq Q_j^H, (j = 1, 2, \dots, J^H). \quad (3)$$

Кількість використовуваних суден не повинна перевищувати заданої кількості суден:

$$\sum_{j \in J_e} x_{ij} + \sum_{j \in J_e^H} x_{ij} \leq N_i^e, (i = 1, 2, \dots, m_e); \quad (4)$$

$$\sum_{j \in J_o} x_{ij} + \sum_{j \in J_o^H} x_{ij} \leq N_i^o, (i = m_e + 1, m_e + 2, \dots, m_o); \quad (5)$$

$$\sum_{j \in J_k} x_{ij} + \sum_{j \in J_k^H} x_{ij} \leq N_i^k, (i = m_o + 1, m_o + 2, \dots, m). \quad (6)$$

Витрати на оренду флоту не повинні перевищувати обсяг коштів фонду розвитку, які судноплавна компанія може вкласти в оренду судів:

$$\sum_{j \in J_o} S_i^o t_j^p x_{ij} + \sum_{j \in J_o^H} S_i^o t_j^{HP} x_{ij} \leq K_i^o, (i = m_e + 1, m_e + 2, \dots, m_o); \quad (7)$$

де S_i^o орендна ставка в грошових одиницях за добу; t_j^p та t_j^{mp} тривалість рейсів на вже існуючих і нових маршрутах відповідно; K_i^o обсяг коштів фонду розвитку, які судноплавна компанія може вкласти в оренду судів.

Повинно виконуватися умова не невід'ємності змінних:

$$x_{ij} \geq 0, (i = 1, 2, \dots, m); (j = J \cup J^H). \quad (8)$$

Рішення завдання передбачає деяку кількість варіантів розстановки груп флоту, коли для освоєння пасажиропотоку на заданому вже існуючому або новому лінійному та рейсовому маршруті провізна здатність розглянутого флоту (власного, що можна орендувати, конкурентів) використовується повністю (П), частково (Ч) або взагалі не використовується (Н). Варіанти поєднань наведених показників представлені в таблиці 1.

Таблиця 1

Варіанти поєднань показників використання провізної здатності при освоєнні пасажиропотоків на вже існуючих та нових маршрутах

Належність флоту	Варіанти				
	1	2	3	4	
Власний	П	Ч	Ч/Н	Ч	Н
Що можна орендувати	П/Ч	П/Ч	П/Ч	Н	Н
Конкурентів	Н/Ч	Н	П/Ч	П/Ч	П/Ч

Наступний етап включають в себе оцінку отриманих результатів рішення ЕММ задачі оптимальної розстановки груп пасажирського флоту по вже існуючим та новим лінійним і рейсовим маршрутам.

Якщо варіант 1, то доцільно зробити висновок про ефективність функціонування власного флоту розглянутої судноплавної компанії і прийняти рішення щодо оренди тих суден, чия провізна здатність використовується П або Ч для освоєння заданого пасажиропотоку.

Якщо варіант 2, то робимо висновок що власний флот функціонує недостатньо ефективно. Необхідно розглянути варіант модернізації флоту (включає в себе як технічну складову, так і поліпшення якості сервісу). А також, прийняти рішення щодо залучення флоту на орендних умовах.

Якщо варіант 3, то відносно власного флоту робиться висновок відповідно 2 варіанту. А також необхідно повернутися на етап відбору суден, що можна залучити на орендних умовах і обрати інші судна. Очевидно, що розглянуті судна функціонують неефективно.

Якщо варіант 4, то можна зробити висновок, що обсяг пасажиропотоку недостатньо великий для цих маршрутів і регіону в цілому, отже необхідно розглянути інший регіон, освоєння якого дозволить судноплавній компанії збільшити свій прибуток.

Наведена економіко-математична модель дозволяє оцінити ефективність функціонування пасажирського флоту з урахуванням виконання завдань, які стоять перед судновласником. З одного боку, це збільшення прибутку судновласника, з іншого, повне задоволення потреб пасажирів в послугах водного транспорту, за рахунок ефективного використання провізної здатності флоту в різних умовах експлуатації.

Запропонована економіко-математична модель є продовженням робіт науковців, що досліджують процесу функціонування водного транспорту. У порівнянні з іншими методиками, запропонована економіко-математична модель дозволяє не тільки розподілити власний, що можна орендувати та конкурентів флот за вже існуючими та новими маршрутами, але й оцінити ефективність функціонування пасажирського флоту та прийняти рішення щодо:

- можливостей освоєння нових маршрутів;
- необхідності залучення суден на орендних умовах;
- необхідності в модернізації суден та конкурентоспроможності власного та орендованого флоту в порівнянні з флотом конкурентів.

Представлена модель може використовуватися в практичній діяльності судновласниками пасажирського флоту для вирішення питань щодо стратегії свого розвитку.

Висновки

В результаті виконання дослідження було:

- розроблено економіко-математичну модель оптимального розподілу груп суден (власний флот, що можна орендувати та флот конкурентів) по вже існуючим і новим лінійним та рейсовим маршрутам;
 - визначені варіанти використання провізної здатності груп флоту у результаті вирішення задачі;
 - в залежності до варіантів використання провізної здатності груп флоту зроблені висновки щодо ефективності функціонування флоту та шляхів підвищення ефективності функціонування власного флоту.

Список використаної літератури

- Berrio, L.(2019). Strategic modelling of passenger transport in waterways: the case of the Magdalena River. / L. Berrio, V. Cantillo, J. Arellana.// *Transport*. – 2019. - №34(2). – P. 215-224. DOI: <https://doi.org/10.3846/transport.2019.8943>
- Qian B.-Yi. Revenue Management for Dedicated Passenger Line Based on Passenger Preference Order./ B.-Yi Qian, B. Shuai // *Information Technology Journal*. – 2014. - №13. - P. 2152-2158. DOI: <https://doi.org/10.3923/itj.2014.2152.2158>
- Воевудский, Е. Н. Экономико-математические методы и модели в управлении морским транспортом [Текст] / Е. Н. Воевудский, Н. А. Коневцева, Г. С. Махуренко, И. П. Тарасова; под ред. Е. Н. Воевудского. — М.: Транспорт, 1988. — 384 с
- Михалевич, В.С. Экономико-математическое моделирование деятельности флота и портов [Текст] / В.С. Михалевич, А.А. Бакаев, В.С. Петухов и др. - М.: Транспорт, 1986. – 287 с.
- Шварцман, А.П. Математические методы управления и планирования на морском транспорте [Текст] / А.П. Шварцман, Э.П. Громовой // Изд-во «Транспорт», 1970, стр. 1-384 с.
- Арсланов, М.А. Математическая модель организации перевозок пассажиров в остановочно-пересадочных пунктах при многократном изменении пассажиропотоков. / М.А. Арсланов, Ш.М. Минатуллаев., А.А. Филиппов // Научный рецензируемый журнал "Вестник СибАДИ". – 2018. - №15(3). – С. 362-371. DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2018-3-362-371>
- Сандулов, С.Г. Организация перевозок пассажиров речным транспортом в районах с ограниченными транспортными связями [Текст]: Автореферат дисс. ... канд. техн. наук : 05.22.19 :Новосибирск: Изд-во ФГОУ ВПО «НГАВТ», 2010. – 18 с.
- Шибяев, А. Г. Моделирование загрузки судна при линейной форме судоходства [Текст]: сб. научн. тр. / А. Г. Шибяев // Оптимизация производственных процессов. – 2001. – Вып. 4. – С. 181–184.
- Kirillova, Ye., Development of an economic and mathematical model of loading a freight and passenger ferry / Ye. Kirillova, Ye. Meleshenko // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2016. - vol. 3/4(81). - P. 28-37. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.71215>
- Qiu, B. An Optimization Model and Heuristic Algorithm for the Ro-Ro Ship Loading [Text] / B. Qiu, Y. Jin, L. Lv, Z. Jin // *ICLEM*. – 2010. – P. 2827–2835. DOI: [https://doi.org/10.1061/41139\(387\)396](https://doi.org/10.1061/41139(387)396)
- Вишневская, О. Д. Модель распределения бюджета времени судов по долгосрочным фрахтовым контрактам в условиях интервальной 13 неопределенности параметров транспортного процесса / О. Д. Вишневская // *Вісник ОНМУ : зб. наук. пр.* – 2017. – Вип. 4 (53). – С. 184-193.
- Вишневский, Д. О. Моделирование оптимальной структуры флота и перспективных направлений его работы. / О.Д. Вишневский // *Технологический аудит и резервы производства*. – 2015. №1 (3). – С. 4-8. DOI: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2015.37095>
- Нюркина, Э. Е., Экономико-математическое моделирование работы транспортных систем на примере речного флота / Э. Е. Нюркина, О. С. Нюркин //XIII Прохоровские чтения" Водный транспорт: проблемы возрождения". – 2018. – С. 144-149.
- Чайковский, І.В. Застосування оптимізаційних методів в контролі та аналізі роботи флоту / І.В. Чайковский // *Транспортні системи та технології перевезень*. – 2019. – № 17. - С. 76. – Режим доступу : DOI : [10.15802/tstt2019/178219](https://doi.org/10.15802/tstt2019/178219)
- Матвієнко, М.В. Основи економіки морського транспорту. / М.В. Матвієнко, Ю.О. Наврозова, В.В. Щербіна. // Навч. Посібн. – Одеса. – 2009.ОНМУ, 560 с.
- Савин, Н.И. Планирование морских пассажирских перевозок. / Н.И. Савин. / Москва: Морской транспорт. – 1962. – С. 203
- Бакаев В.Г.. Эксплуатация морского флота. / В.Г. Бакаев // Москва: Транспорт. – 1965. – С. 560

Referens

- Berrio, L. Strategic modelling of passenger transport in waterways: the case of the Magdalena River. / L. Berrio, V. Cantillo, J. Arellana.// *Transport*. – 2019. - №34(2). – P. 215-224. DOI: <https://doi.org/10.3846/transport.2019.8943>

2. Qian B.-Yi. Revenue Management for Dedicated Passenger Line Based on Passenger Preference Order./ B.-Yi Qian, B. Shuai // Information Technology Journal. – 2014. - №13. - P. 2152-2158. DOI: <https://doi.org/10.3923/itj.2014.2152.2158>
3. Voevodsky E.N., Konevtseva N.A., Mahurenko G.S., Tarasova I.P. Ekonomiko-matematicheskie metody i modeli v upravlenii morskim transportom [Economic and mathematical methods and models in the management of maritime transport]/ Moscow, Transport, 1988. 384 p.
4. Mikhalevich V.S., Bakaev A.A., Petukhov V.S. and etc. Ekonomiko-matematicheskoe modelirovanie deyatel'nosti flota i portov [Economic and mathematical modeling of the fleet and ports]. Moscow, Transport, 1986. 287 p.
5. Shvartsman A.P., Gromovoy E.P. Matematicheskie metody upravleniya i planirovaniya na morskome transporte [Mathematical methods of management and planning in maritime transport Transport publishing house, 1970, 384 p.
6. Arslanov M.A., Minatullaev Sh.M., Filippov A.A. Mathematical model of the organization of passenger transportation at stopping and transfer points with multiple changes in passenger traffic. The Russian automobile and highway industry journal. – 2018, no.15(3), pp. 362-371. DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2018-3-362-371>
7. Sandulov S.G. Organizaciya perevozok passazhirov rechnym transportom v rajonah s ogranichennymi transportnymi svyazyami. Avtoreferat diss. kand. tekhn. nauk. [Organization of passenger transportation by river transport in areas with limited transport links. Abstract diss. cand. tech. sciences]. Novosibirsk, 2010. – 18 p.
8. Shibaev A.G. Modelirovanie zagruzki sudna pri linejnoj forme sudohodstva. [Modeling the loading of a vessel with a linear form of navigation]. Sbornik nauchnyh trudov Optimizaciya proizvodstvennyh processov. [Collection of scientific papers Optimization of production processes], 2001, no. 4, pp. 181–184.
9. Kirillova, Ye., Development of an economic and mathematical model of loading a freight and passenger ferry / Ye. Kirillova, Ye. Meleshenko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2016. - vol. 3/4(81). - P. 28-37. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.71215>
10. Qiu, B. An Optimization Model and Heuristic Algorithm for the Ro-Ro Ship Loading [Text] / B. Qiu, Y. Jin, L. Lv, Z. Jin // ICLEM. – 2010. – P. 2827–2835. DOI: [https://doi.org/10.1061/41139\(387\)396](https://doi.org/10.1061/41139(387)396)
11. Vishnevskaya O. D. Model' raspredeleniya byudzheta vremeni sudov po dolgosrochnym frahtovym kontraktam v usloviyah interval'noj 13 neopredelennosti parametrov transportnogo processa [Model of the distribution of the time budget of ships for long-term freight contracts in the conditions of interval 13 uncertainty of the parameters of the transport process]. Zbirnik naukovih prac' visnik ONMU [Collection of scientific works, ONMU Bulletin], 2017, no. 4 (53), pp. 184-193.
12. Vishnevsky D.O. Modeling the optimal structure of the fleet and promising directions of its work Technological audit and production reserves. 2015, no1 (3), pp. 4-8. DOI: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2015.37095>
13. Nyurkina E. E., Nyurkin O. S. Ekonomiko-matematicheskoe modelirovanie raboty transportnyh sistem na primere rechnogo flota [Economic and mathematical modeling of the operation of transport systems on the example of the river fleet]. XIII Prokhorovskie chteniya "Vodnyj transport: problemy vozrozhdeniya" [XIII Prokhorov readings "Water transport: problems of revival], 2018, pp. 144-149.
14. Tchaikovskiy I.V. Application of optimization methods in the control and analysis of the fleet. Transport systems and transportation technologies. 2019, no 17, pp. 76-79. DOI : [10.15802/tstt2019/178219](https://doi.org/10.15802/tstt2019/178219)
15. Matvienko M.V., Navrozova Yu.O., Shcherbina V.V. Osnovi ekonomiki mors'kogo transportu. [Fundamentals of maritime transport economics]. Odessa, ONMU publ. 2009, 560 p.
16. Savin N.I. Planirovanie morskikh passazhirskih perevozok [Planning of sea passenger transportation]. Moscow, Sea transport, 1962, 203 p.
17. Bakaev V.G. Ekspluatatsiya morskogo flota. [Operation of the marine fleet.] Moscow, Transport, 1965, 560 p.