

T. IV–13 [Machines and units of textile and light industry. T. IV–13] / I.A. Martynov, A.F. Proshkov, A.P. YAskin i dr.: Pod obshch. Red. I.A. Martynova [in Russian].

15. Regel'man E. Z., Rokotov N.V. (1988) Priemnye mekhanizmy mashin dlya proizvodstva himicheskikh volokon [Reception mechanisms of machines for the production of chemical fibers] / pod red. E.Z. Regel'mana. – L. : Izdatel'stvo Leningradskogo universiteta. [in Russian].

16. Ivanova, T.P. (2008) Tekhnologiya i oborudovanie dlya podgotovki nitej k tkachestvu: uchebno-metodicheskij kompleks [Technology and equipment for the preparation of threads for weaving: educational-methodical complex] / T.P.Ivanova / UO «VGTU». – Vitebsk [in Russian].

17. ZHmyhov I.N., Gal'braj L.S., Akulich A.V. (2013) Processy i oborudovanie proizvodstva voloknistyh i plenochnyh materialov [Processes and equipment for the production of fibrous and film materials] / ZHmyhov I.N., Gal'braj L.S., Akulich A.V. – Mn.: Vyshejschaya shkola [in Russian].

18. Pristrij dlya namotuvannya nitki u bobini: pat. 137209 Ukrayina : MPK(2006) B65H 54/00. № u201903356; zayavl. 03.04.2019 ; opubl. 10.10.2019, Byul. № 19.

19. Pristrij dlya namotuvannya nitki u bobini : pat. 136737 Ukrayina : MPK(2006) B65H 54/00. № u201903355; zayavl. 03.04.2019 ; opubl. 27.08.2019,

Byul. № 16.

20. Pristrij dlya namotuvannya nitki u bobini: pat. 136673 Ukrayina : MPK(2006) B65H 54/00. № u201902864; zayavl. 22.03.2019 ; opubl. 27.08.2019, Byul. № 16.

21. Pristrij dlya namotuvannya nitki u bobini: pat. 136735 Ukrayina : MPK(2006) B65H 54/00. № u201903353; zayavl. 03.04.2019 ; opubl. 27.08.2019, Byul. № 16.

22. Pristrij dlya namotuvannya nitki u bobini: pat. 136674 Ukrayina : MPK(2006) B65H 54/00. № u201902866; zayavl. 22.03.2019; opubl. 27.08.2019, Byul. № 16.

23. Koritysskij YA.I. (1982) Dinamika uprugih sistem tekstil'nyh mashin [The dynamics of elastic systems of textile machines] . M.: Legkaya i pishchevaya prom-st' [in Russian].

24. Kantorovich Z. B. (1960) Osnovy rascheta himicheskikh mashin i apparatov : uchebnik dlya vuzov [Fundamentals of the calculation of chemical machines and apparatus: a textbook for universities] / Z. B. Kantorovich. – Moskva: Mashgiz [in Russian].

25. Gafarov R.H. (2007) CHto nuzhno znat' o soprotivlenii materialov [What you need to know about material resistance]: Uchebnoe posobie dlya vuzov obuch. po napravleniyam podgot. i spec. v oblasti tekhniki i tekhnologii/ R.H. Gafarov, V.S. ZHernakov; pod red. V.S. ZHernakova. – M.: Mashinostroenie [in Russian].

УДК 656.6

Shibaev O.G.

*doctor of technical science, professor,
Odessa National Maritime University*

Koskina Yu.O.

*candidate of technical science, associated professor,
Odessa National Maritime University*

DYNAMIC MODEL OF OPTIMIZATION OF PROJECT OF MARITIME MERCHANT FLEET OPERATING

Шибась О.Г.

*доктор технічних наук, професор
Одеський національний морський університет*

Коскіна Ю.О.

*кандидат технічних наук, доцент
Одеський національний морський університет*

ДИНАМІЧНА МОДЕЛЬ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЕКТУ РОБОТИ МОРСЬКОГО ТОРГОВЕЛЬНОГО ФЛОТУ

Summary. The developed mathematical model allows to plan the merchant fleet work on carriages of cargoes by choosing the most profitable voyage during the certain time period divided for steps where each step is the vessel's voyage. The work of vessel on cargo transportation over a time period is considered based on the multi-step nature of this process, respectively – the task of maximizing profit of a searched period of time is formulated as a set of individual tasks that maximize profit at each step. The objective function of the model is the mathematical expectation of the profit from each voyage offered at the step and the probability of obtaining such profit is characterized by the probability of applying a certain strategy. The application of the proposed model is presented as an algorithm, according to which the initial values of the control variables are assumed to be equal at each step but are corrected from iteration to iteration allowing to solve the problem to obtain a certain value of a metric required.

Анотація. Запропонована математична модель дозволяє вирішувати задачі планування роботи торговельного флоту на перевезеннях вантажів, обираючи найбільш прибуткові рейси протягом певного інтервалу часу, розділеного на кроки, де кожен крок є окремим рейсом. Робота суден на перевезеннях вантажів має багатокроковий характер, відповідно – задачу максимізації прибутку протягом періоду часу, який розглядається, сформульовано як окремі задачі максимізації прибутку на кожному кроці. Цільова функція моделі є математичним очікуванням величини прибутку від кожного з рейсів, які пропонуються на цьому кроці, а вірогідність отримання такого прибутку характеризується вірогідністю застосування певного управління. Застосування запропонованої моделі пропонується у вигляді певного алгоритму дій, відповідно до якого початкові значення управляючих змінних покладаються рівновірогідними на кожному кроці, наразі від ітерації до ітерації коригуються, дозволяючи вирішити задачу до отримання певного значення величини, покладеної як необхідної.

Keywords: *dynamic model, optimization, vessels voyage, merchant fleet.*

Ключові слова: *динамічна модель, оптимізація, рейс судна, торговельний флот.*

Вступ. Метою експлуатації суден на перевезеннях вантажів є отримання особою, яка здійснює таку діяльність, прибутку. Він у загальному випадку визначається різницею між доходами та витратами, і саме прибуток, який приносить експлуатація судна за певний часовий інтервал, є одним з основних критеріїв оцінки його роботи. При цьому під доходом судна при виконанні рейсів є фрахт, який сплачується фрахтувальником-вантажовласником (можливі інші складові доходів – такі, як, наприклад, фрахт і мертвий фрахт, мають відносно незначну частку). У свою чергу структура витратної складової визначення прибутку залежить від того, чи є особа, що експлуатує судно, оригінальним його власником або ж експлуатує його на правах орендаря. Алгоритми розрахунків як доходної, так і витратної складової прибутку відомі та доволі детально викладені у [1-3]. Незалежно від прав розпорядження судном, основна задача судновласника полягає у ефективній організації роботи суден на перевезеннях вантажів задля отримання прибутку – саме ефективна організація роботи тоннажа на перевезеннях вантажів є для нього запорукою виживання на ринку морських перевезень, який динамічно розвивається та характеризується мінливістю. Відповідно, актуальними та значущими для судновласників, які експлуатують морський тоннаж, залишаються задачі, пов'язані із забезпеченням ефективності роботи флота.

Викладене дозволяє сформулювати **мету статті** як розробка математичної моделі оптимізації проекту роботи морського торговельного флоту за визначений часовий інтервал з урахуванням динаміки процесу роботи суден на перевезеннях вантажів.

Аналіз досліджень та публікацій. Моделі динамічної природи у вітчизняній науковій школі експлуатації морського флоту вперше використані у публікаціях Махуренка Г.С., Шибаєва О.Г. [4-7] із подальшим розвитком у вигляді алгоритмізації та рішень, пов'язаних із знаходженням умовного екстремума із застосуванням дискретного принципу максимуму Понтрягіна [8]. Іноземні автори також вдавалися до динамічного програмування у роботах, пов'язаних із організацією, плануванням та управлінням роботою флота. Так, у [9] розроблено алгоритм, який поєднує техніку лінійного програмування із динамічним програмуванням для удосконалення ухвалення рішень з планування роботи флота на перевезеннях вантажів. Цікавими є результати дослідження [10]: авторами запропоновано підхід до оцінки змін цільової функції задачі, яка вирішується, залежно від додаткових транспортних засобів або додаткової кількості вантажу, які вводяться у систему.

Основний матеріал. Сформулюємо задачу організації та управління роботою флоту на перевезеннях вантажів у термінах оптимального управління. Часовий горизонт роботи судна (експлуатаційний період) подається у вигляді k кроків ($k = \overline{0, K}$). На кожному кроці судновласником ухвалюється рішення при вибір рейсу як варіанта роботи судна, при цьому рішення із певним ступенем вірогідності забезпечує деякий стан процесу, результат якого визначається прибутком, отримуваним судновласником як результат виконання рейса. Структура процесу описується графом (деревом) прийняття рішень (рис. 1).

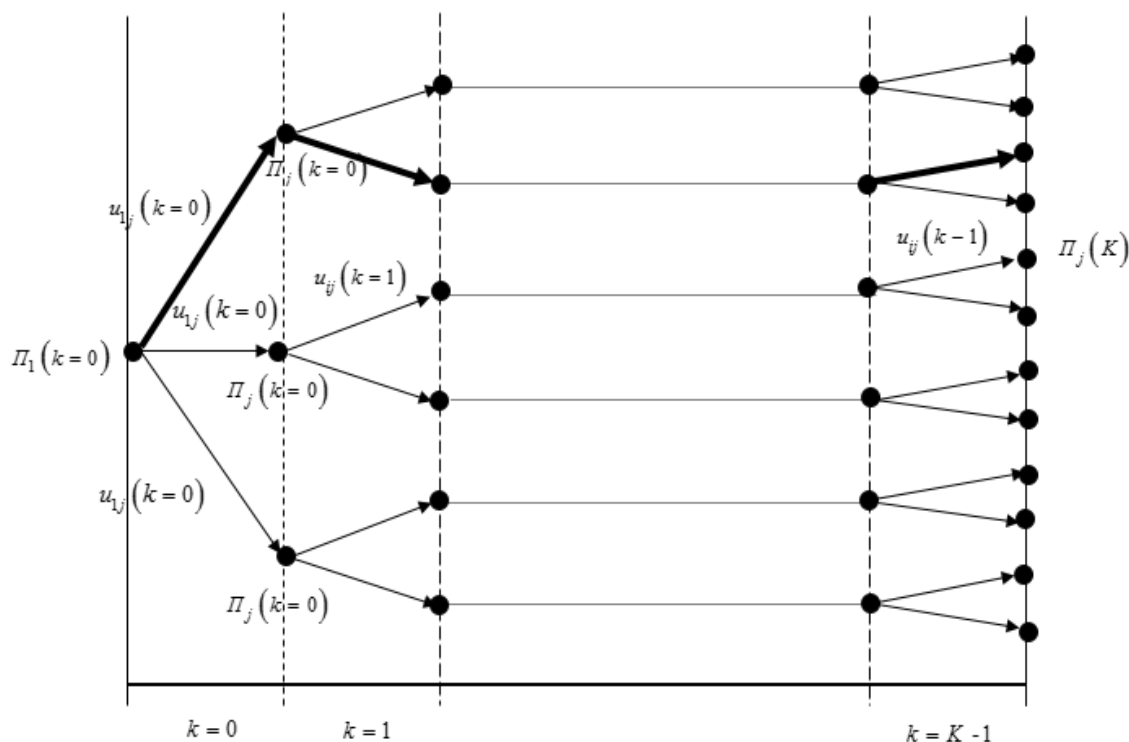


Рис. 1. Структура дерева рейсів судна

На кожному кроці дерево прийняття рішень складається з очікуваних величин прибутків $\Pi_i(k)$ і можливих стратегій $u_{ij}(k)$ переходу із одного стану до іншого, де i - момент прийняття рішення, а j - момент виникнення події. Таким чином, припустиме управління визначається як

$$u_{ij}(k) \in U_k \text{ при } k \in [0, K]. \quad (1)$$

Основною метою судовласника, враховуючи ринковий характер виробничої діяльності, здійснюваної ним, є збільшення прибутку.

Виходячи з багатокроковості характеру процесу експлуатації судна на перевезеннях вантажів, задачу максимізації за певний період часу можна подати у вигляді сукупності окремих задач максимізації прибутку на кожній вершині кожного кроку. Така задача може бути подана у вигляді динамічної моделі [11].

Таким чином, цільова функція є адитивною та представляє собою математичне очікування фінансового результату роботи судна за період часу, що розглядається:

$$\sum_{k=0}^{K-1} \sum_{i=1}^{n(k)} \sum_{j=1}^{m_i(k)} \Pi_{ij}(k) \cdot u_i(k) \cdot u_{ij}(k) \rightarrow \max. \quad (2)$$

Вірогідність кожного результату визначається вірогідністю застосування певного управління

$$\sum_{i=1}^{n(k)} \sum_{j=1}^{m_i(k)} u_{ij}(k) = 1, \quad (3)$$

а динаміка змін параметру управління по кроках руху системи описується наступним рівнянням:

$$u_j(k+1) = u_i(k) u_{ij}(k+1). \quad (4)$$

На управляючі змінні покладається умова невід'ємності:

$$u_{ij}(k) \geq 0 \quad (5)$$

Для отримання умов оптимальності поданої постановки багатокрокової задачі скористуємося висновками теореми Куна-Таккера [12, 13]. Для цього запишемо функцію Лагранжа:

$$\sum_{k=0}^{K-1} \sum_{i=1}^{n_i} \sum_{j=1}^{m_i(k)} \Pi_{ij}(k) \cdot u_i(k) \cdot u_{ij}(k) + \sum_{k=0}^{K-1} \sum_{i=1}^{n(k)} \sum_{j=1}^{m_i(k)} \lambda \Pi_{ij}(k+1) \cdot (u_j(k+1) - u_i(k) \cdot u_{ij}(k)), \quad (7)$$

де $\lambda \Pi_{ij}(k+1)$ - множники Лагранжа.

Для перетворень (7) введемо функцію Гамільтона [14]:

$$H_c^i(k) = \sum_{j=1}^{m_i(k)} \Pi_{ij}(k) (u_i(k) u_{ij}(k)) + \sum_{j=1}^{m_i(k)} \lambda_j \Pi_{ij}(k+1) (u_i(k) u_{ij}(k)). \quad (8)$$

Тоді функція Лагранжа набуде такого вигляду:

$$\sum_{k=0}^{K-1} \sum_{i=1}^{n_i} \sum_{j=1}^{m_i(k)} \Pi_{ij}(k) \cdot u_i(k) \cdot u_{ij}(k) + \sum_{k=0}^{K-1} \sum_{j=1}^{m_i(k)} \lambda_i \Pi_{ij}(k+1) (U_i(k) U_{ij}(k) - U_j(k+1)), \quad (9)$$

а функція Гамільтона відповідно:

$$H_c^i(k) = \sum_{j=1}^{m_i(k)} (\Pi_{ij}(k) - \lambda_j(k+1)) \cdot U_i(k) \cdot U_{ij}(k) + \sum_{j=1}^{m_i(k)} \lambda_j \Pi_{ij}(k+1) (u_i(k) u_{ij}(k)), i = \overline{1, n_i}. \quad (10)$$

Множники Лагранжа визначатимуться з системи рівнянь:

$$\begin{cases} \lambda_i(k) = 0, \lambda_i(k) = \lambda_j(k) \\ \lambda_j(k) = \sum_{i \in m_i(k)} (\lambda_j(k+1) - \Pi_{ij}(k) u_{ij}(k)) \end{cases} \quad (11)$$

Таким чином, поставлена задача та запропонована математична модель вирішується у ході реалізації таких кроків:

1) визначаються початкові значення управляючих змінних, при цьому на першій ітерації покладаємо вибір варіанту роботи судна рівновірогідним у кожній вершині дерева (рис. 1);

2) за рівнянням руху (3) визначаються стани $U_j(k+1)$ процесу роботи судна;

3) на підставі пов'язаних рівнянь (11) визначаються множники Лагранжа $\lambda \Pi_{ij}(K)$;

4) фіксуються значення $U_{ij}(k)$ і $\lambda \Pi_{ij}(K)$ та встановлюються оптимальні значення управляючих змінних $U'_{ij}(k)$ у кожній вершині дерева, виходячи з вирішення такої задачі:

$$\sum_{j=1}^{m_i(k)} (\Pi_{ij} - \lambda \Pi_{ij}(k+1)) \cdot U_i(k) \cdot (U_{ij}(k) + \delta U_{ij}(k)) \rightarrow \max, \quad (12)$$

$$\sum_{j=1}^{m_i(k)} (U_{ij}(k) + \delta U_{ij}(k)) = 1, \quad (13)$$

$$k = \overline{1, K-1}, i = \overline{1, n_i}$$

$$U_{ij}(k) + \delta U_{ij}(k) \geq 0, \quad (14)$$

$$k = \overline{1, K-1}, i = \overline{1, n_i}, j = \overline{1, m_i(k)}$$

5) виходячи з номера ітерації, розраховується величина кроку як $h_\tau(k) = \frac{1}{2\tau}$, а із співвідношення $U_{ij}^{\tau+1}(k) = U_{ij}^\tau(k) + h_\tau(k) \cdot U_{ij}(k)$ визначаються нові значення управляючих змінних;

6) здійснюється перехід до наступного етапу роботи судна.

Для оцінки наближеності отриманого рішення до оптимального розглядається робота судна в усіх рейсах протягом певного періоду часу. При цьому вирішення задачі є закінченим за дотримання умови $\sum_{k=0}^{K-1} \sum_{\tau=1}^{\tau'} h_\tau(k) \rightarrow I$, де I - покладена як необхідна величина.

Висновки. Розроблена математична модель та запропонований алгоритм її рішення дозволяють планувати експлуатацію флоту судовласника, забезпечуючи найбільший прибуток не лише у окремому рейсі, а у взаємному зв'язку низки рейсів, які виконуються, один із одним. Це у свою чергу дозволяє вирішувати як оперативні, так і перспективні задачі організації роботи суден на перевезеннях вантажів.

Список літератури

1. Stopford, M. Maritime economics/M. Stopford. – London: Routledge, 2009. – 815 p.

2. Packard, W.V. Voyage estimating/ W.V. Packard. – London: Fairplay Publications, 1991. – 87 p.

3. Винников, В.В. Экономика предприятия морского транспорта (экономика морских перевозок) / В.В. Винников. – Одесса: Латстар, 2001 – 416 с.

4. Махуренко, Г.С. Общая задача календарного планирования на морском транспорте // Экономика и эксплуатация морского транспорта. – 1978. – Вып. 14. – С. 22-25.

5. Махуренко, Г.С. Динамическая модель непрерывного графика работы флота / Г.С. Махуренко, А.А. Мироненко // Экономика и управление морским транспортом. Сб. науч. тр. Одесского ин-та инженеров морского флота. – 1984. – С. 44-47.

6. Махуренко, Г.С. Моделирование развития и производственной деятельности морского пароходства: автореф. дис. ... д-ра экон. наук : 08.11.13 / Махуренко Г.С.; Одесский институт инженеров морского флота. – Одесса, 1990. – 43 с.

7. Шибаев, А.Г. Совершенствование методов оптимизации графика работы морских грузовых судов (на материалах Советского Дунайского пароходства): дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук : 05.22.19 / Шибаев А.Г.; Одесский институт инженеров морского флота. – Одесса, 1984. – 214 с.

8. Махуренко, Г.С. Дискретный принцип максимума в задаче календарного планирования работы флота / Г.С. Махуренко, А.Г. Шибяев // Экономика и эксплуатация морского транспорта. – 1979. – Вып. 15. – С. 97-99.

9. Xinlian, X. A Dynamic model for fleet planning / X. Xinlian, Ch. Daisong, T. Wang // Maritime Policy & Management. – 2000. – No. 27 (1). – p. 53-63. – doi.org/10.1080/030888300286680

10. Topaloglu, H. Sensitivity Analysis of a Dynamic Fleet Management Model Using Approximate Dynamic Programming / H. Topaloglu, W.B. Powell // Operational Research. – 2007. – Vol. 55 (2). – p. 319-331. – doi.org/10.1287/opre.1060.0347

11. Ногин, В.Д. Введение в оптимальное управление / В.Д. Ногин. – Санкт-Петербург: Изд-во «ИТАС», 2008. – 92 с.

12. Таха, Х.А.. Введение в исследование операций / Х.А. Таха. – Москва: Вильямс, 2005. – 912 с.

13. Кутковецкий, В.Я. Дослідження операцій / В.Я. Кутковецкий. – Миколаїв: Вид-во МДГУ ім. П. Могили, 2003. – 260 с.

14. Пропой, А.И. Элементы теории оптимальных дискретных процессов / А.И. Пропой. – Москва: Наука, 1973. – 256 с.

Arzumanyan A.M.

*Doctor of Technical Science, professor,
National Polytechnic University of Armenia Gyumri Branch*

Manukyan H.S.

*Candidate of Technical Science, docent,
National Polytechnic University of Armenia Gyumri Branch*

ECOLOGICALLY HARMLESS DRY THIN BLADE PROCESSING OF ALLOYS FROM NON - FERROUS METALS

Арзуманян Алексан Мкртычевич

док.техн.наук, профессор, Национальный политехнический университет Армении, Гюмрийский филиал

Манукян Оганес Самвелович

канд.техн.наук, доцент, Национальный политехнический университет Армении, Гюмрийский филиал

ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗВРЕДНАЯ СУХАЯ ТОНКОЛЕЗВИЙНАЯ ОБРАБОТКА СПЛАВОВ ИЗ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

Abstract. The dependence of the roughness of the machined surface from the speed and filing rate for the thin blade milling of copper and aluminum alloys with corundum cutting inserts is presented. The experiments established the influence of the milling speed on the height of the microroughness, it was also established that with an increase in the cutting speed, the height of the microroughness decreases. With the increasing filing, the height of the microroughness increases. It has been established that the use as a cooling-cutting fluid on the basis of sunflower oil assists to obtain a high-quality treated surface and does not harm the environment.

Аннотация. Приведена зависимость шероховатости обработанной поверхности от скорости и подачи резания при тонколезвийном фрезеровании медных и алюминиевых сплавов корундовыми режущими пластинами. Опытами установлено влияние скорости фрезерования на высоту микронеровностей, также установлено, что при увеличении скорости резания высота микронеровностей уменьшается. При увеличении подачи увеличивается высота микронеровностей. Установлено, что применение смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) на основе подсолнечного масла способствует получению качественной обработанной поверхности и не наносит вред окружающей среде.

Key words: *roughness, corundum, cutting process, non-ferrous metals, cooling-cutting fluid.*

Ключевые слова: *шероховатость, корунд, процесс резания, цветные металлы, смазочно-охлаждающий жидкость.*

Фрезерование, сверление и другие виды лезвийной обработки металлов при использовании СОЖ сопровождаются загрязняющими выбросами. Их используют не только для охлаждения, но и в какой-то мере для связывания частиц образовавшейся пыли, особенно при тонколезвийной обработке [1].

В настоящее время использование различных смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС) наносят значительный ущерб окружающей

среде, особенно, когда они изготовлены из масляных компонентов. И поэтому в последнее время все большее применение получают технологии “сухого резания” с полным отказом СОТС, с применением новых износостойких инструментальных материалов [2].

Тонколезвийная обработка сплавов из цветных металлов корундовыми режущими пластинами СОТС требуется в основном для смазывания обрабатываемой поверхности и ликвидации