УДК 656.615.8

JEL Classification L91

DOI: 10.31375/2226-1915-2019-2-52-65

Л.А. Павловская

к.э.н., доцент кафедры

«Управление логистическими системами
и проектами»

ORCID 0000-0002-6856-7316,

<https://orcid.org/0000-0002-6856-7316>

lisy74@gmail.com

Одесский национальный морской университет, Одесса, Украина

МЕТОДИКА ОБОСНОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ БУКСИРНОГО ФЛОТА ПОРТОВ

Аннотация. В статье рассмотрена актуальная задача повышения эффективности оказания услуг по буксировке транспортных судов в портах, а именно, решается проблема обновления буксирного флота. Для этого предлагается методика обоснования оптимальной структуры буксирного обеспечения порта, в основу которой положены методы теории массового обслуживания и проектного анализа. Методика предусматривает следующие шаги: анализ судозаходов в порты; определение структуры буксирного флота; создание организационной структуры управления буксирной компании; определение способа приобретения буксиров; определение формы собственности; формирование бюджета проекта; выбор форм финансирования; формирования вариантов проекта и бюджета проекта по вариантам; оценка экономической эффективности проекта; выбор приоритетного варианта.

Для апробации предлагаемой методики проведены соответствующие многовариантные экспериментальные расчеты на примере порта Южный. Рассмотрено 5 вариантов приобретения буксиров, которые отличаются: формой финансирования (смешанная, лизинг); сроком эксплуатации буксиров (10, 15 лет); частотой лизинговых платежей (один раз в год, два раза в год). Каждый из вариантов был оценен комплексно по показателям: NPV, DPP, IRR. Предпочтение отдано варианту проекта с кредитом, потому что в случае с лизингом имеются следующие недостатки: арендатор не является собственником предмета лизинга; на предмет лизинга может быть обращено взыскание по обязательствам лизинговой компании; лизинговые платежи облагаются НДС.

Сформулирована и решена принципиально новая оптимизационная задача определения необходимого состава буксирного флота порта на базе системного и проектно-ориентированного подходов.

Ключевые слова: буксирное обеспечение, портовый буксир, оптимизация, методика, моделирование, системы массового обслуживания, проектный анализ.

УДК 656.615.8
JEL Classification L91
DOI: 10.31375/2226-1915-2019-2-52-65

Л.А. Павловська
к.е.н., доцент кафедри
«Управління логістичними системами
та проектами»
ORCID 0000-0002-6856-7316,
<https://orcid.org/0000-0002-6856-7316>
lisy74@gmail.com
Одеський національний морський університет, Одеса, Україна

МЕТОДИКА ОБҐРУНТУВАННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ БУКСИРНОГО ФЛОТУ ПОРТІВ

Анотація. У статті розглянута актуальна задача підвищення ефективності надання послуг з буксирування транспортних суден в портах, а саме, вирішується проблема оновлення буксирного флоту. Для цього пропонується методика обґрунтування оптимальної структури буксирного забезпечення порту, в основу якої покладено методи теорії масового обслуговування та проектного аналізу.

Для апробації запропонованої методики проведено відповідні різноманітні експериментальні розрахунки на прикладі порту Південний. Розглянуто 5 варіантів придбання буксирів, які відрізняються: формою фінансування (змішана, лізинг); терміном експлуатації буксирів (10, 15 років); частотою лізингових платежів (один раз на рік, два рази на рік). Кожен з варіантів був оцінений комплексно за показниками: NPV, DPP, IRR. Перевага надається варіанту проекту з кредитом, тому що у випадку з лізингом є певні недоліки: орендар не є власником предмета лізингу; на предмет лізингу може бути звернено стягнення за зобов'язаннями лізингової компанії; лізингові платежі обкладаються ПДВ.

Сформульовано і розв'язано принципово нова оптимізаційна задача визначення необхідного складу буксирного флоту порту на базі системного та проектно-орієнтованого підходів.

Ключові слова: буксирне забезпечення, портовий буксир, оптимізація, методика, моделювання, системи масового обслуговування, проектний аналіз.

UDC 656.615.8
JEL Classification L91
DOI: 10.31375/2226-1915-2019-2-52-65

L.A. Pavlovskaya
PhD, associate Professor of the Department
of «Management of Logistics Systems and Projects»
ORCID 0000-0002-6856-7316
<https://orcid.org/0000-0002-6856-7316>
Odessa National Maritime University, Odessa, Ukraine

METHOD OF SUBSTANTIATION OF THE OPTIMAL STRUCTURE OF THE PORT TOWING FLEET

Abstract. The analysis of the quantitative and qualitative composition of the towing fleet, primarily state-owned companies, allows us to conclude that the age composition of the fleet and its technical characteristics do not correspond to world trends.

The article deals with the actual problem of increasing the efficiency of providing services for towing transport vessels in ports, namely, the problem of updating the towing fleet is being solved. A method is proposed for substantiating the optimal structure of the port tug support, which is based on the methods of the theory of mass service and project analysis. The method involves the following steps: analysis of ship calls to ports; determination of the structure of the towing fleet; creation of the organizational structure of management of the towing company; determination the method of acquiring tugs; definition of ownership; budgeting of the project; choice of forms of financing; formation of project options and project budget options; evaluation of the economic efficiency of the project; selection of priority options.

To test the proposed methodology, the corresponding multivariate experimental calculations were carried out using the example of the Yuzhny port. 5 options for the acquisition of tugs, which differ by: the form of financing (mixed, leasing); tugboat service life (10, 15 years); frequency of lease payments (once a year, twice a year) were considered. Each of the options was evaluated comprehensively by indicators: NPV, DPP, IRR. The preference is given to the project variant with a credit, because in the case of leasing there are the following disadvantages: the tenant does not own the leased asset; leasing can be levied on the obligations of the leasing company; lease payments are subject to VAT.

A fundamentally new optimization problem of determining the required composition of the port's towing fleet based on the system and project-oriented approaches has been formulated and solved.

The practical significance of the results obtained is that they can be used to support decision-making on upgrading the port's towing equipment.

Keywords: *towing, port tug, optimization, methods, modelling, queuing systems, design analysis.*

Постановка проблеми. Рассмотрена актуальная задача повышения экономической эффективности буксирного обеспечения портов Украины. Сегодня в качестве субъектов рынка буксирных услуг представлены государственные предприятия морских торговых портов Украины, Администрации морских портов Украины, государственная компания «Укртрансфлот», а также частные компании «Траншип», «Р&О Maritime Ukraine», «Маркони», Николаевский глиноземный завод, «Экофлот» и другие (табл.1-2, рис.1) [1; 2; 3].

Анализ количественного и качественного состава буксирного флота, прежде всего госкомпаний, позволяет сделать вывод, что возрастной состав флота и его технические характеристики не соответствуют мировым трендам (рис. 2). Для буксиров старых типов не хватает ни мощности, ни маневренности, чтобы обслуживать современные крупнотоннажные суда. Всего 17 буксиров госпредприятий имеют мощность свыше 4000 л. с., и лишь дюжина новых буксиров оснащена современными винто-рулевыми колонками, обеспечивающими высокую степень маневренности (рис. 3) [3; 4].

Рис. 1. Структура рынка буксирных услуг по портам Украины
(по состоянию на 31.05.2019 г.), число компаний

Источник: на основе [3]

Рис. 2. Структура буксирного флота
государственных предприятий Украины по возрасту
(по состоянию на 01.06.2016 г.), %

Источник: на основе [2]

Рис. 3. Структура буксирного флота
государственных предприятий Украины по мощности
(по состоянию на 01.06.2016 г.), %

Источник: на основе [2]

Таблица 1

Компании рынка буксирных услуг в Украине (на конец 2018 г.)

Компания (оператор)	Число буксиров, ед.	%
Морские торговые порты Украины (МТП)	85	69,7
Администрация морских портов Украины (АМПУ)	9	7,4
«Трансшип»	8	6,6
«Маркони»	5	4,1
«P&O Maritime Ukraine»	5	4,1
Днепро-Бугский порт НГЗ	4	3,3
«Укртранснафта»	2	1,6
«Экофлот»	2	1,6
СП «Нибулон»	2	1,6
Вместе	122	100

Источник: на основе [2]

Таблица 2

Перечень буксирных компаний, работающих в морских портах Украины
(по состоянию на 31.05.2019 г.).

Номер п/п	Название порта	Буксирная компания
1	2	3
1.	Морской порт Черноморск	ГП «МТП «Черноморск»
		ООО «Укрфлот-сервис»
		ООО «P&O Maritime Ukraine»
		ООО «Черноморский рыбный порт»
		ЧАО «ИСРЗ»
2.	Белгород-Днестровский морской порт	ГП «Белгород-Днестровский МТП»

Продолжение табл. 2

1	2	3
3.	Измаильский морской порт	ГП «Измаильский МТП» ПАО «Украинское Дунайское паро- ходство»
4.	Бердянский морской порт	ГП «Бердянский МТП»
5.	Мариупольский морской порт	ГП «Мариупольский МТП»
6.	Николаевский морской порт	ООО «Маркони» ООО «ТК «Укрморсервис»
7.	Одесский морской порт	ГП «Одесский МТП» ООО «Экофлот» ООО «Прайм Ейдженси» ООО «Укрфлот-Сервис» ООО «Таг Ком Сервис»
8.	Ренийский морской порт	ГП «Ренийский МТП» ООО «Агро Рени» ООО «СК Акорд»
9.	Скадовский морской порт	Скадовский филиал ГП «АМПУ»
10.	СМП «Ольвия»	ГП «Стивидорная компания «Оль- вия» ООО «Аксон Шиппинг»
11.	Херсонский морской порт	Херсонский филиал ГП «АМПУ» ГП «Херсонский МТП» Филиал «Херсонский речной порт» АСК «Укрречфлот» ООО «Мировые линии» ООО «Транссервис Групп» ЧП «Ершов» ЧП «АНК» ООО «Аксон Шиппинг» ЧФ «Реал-Агент» ООО «Акватаурус» ЧФ «Сигал – Юг» ООО «Грейн-Трансшипмент»
12.	Морской порт Южный	ГП «МТП «Южный» ООО «P&O Maritime Ukraine»

Источник: [3]

Эта проблема касается не только вопроса безопасности мореплавания в акваториях украинских портов и за их пределами, но и каче-

ства услуг, которые они предоставляют [5]. В силу этого рыночную нишу по оказанию услуг мощными современными буксирами занимают

частные буксирные компании, постепенно вытесняя государственные предприятия с физически и морально устаревшими судами портофлота. Для сохранения конкурентоспособности обновлять буксирный флот просто необходимо и делать это следует обоснованно.

Обзор последних исследований и публикаций. Анализ исследований и публикаций по данной тематике позволяет сделать вывод об их незначительном количестве.

В публикациях [6; 7] рассматриваются технические аспекты буксирного обеспечения портов, в частности, содержатся рекомендации по расчету требуемой тяги буксира.

В работе [8] проведено комплексное исследование и предложена методика выбора оптимального состава буксирного флота портов. Однако, предложенная методика основана на применении детерминированного подхода, в то время как количество судозаходов в порт является случайной величиной.

Особый интерес, на наш взгляд, представляют работы [9; 10], в которых предложена методика выбора оптимального состава буксирного обеспечения, основанная на использовании методов статистического моделирования, теории массового обслуживания и теории корабля.

В то же время в современных условиях всё более актуален проектно-ориентированный подход к решению задачи оптимизации буксирных групп порта, так как реализация подобной задачи на практике требует значительных инвестиций.

Для выбора приоритетного варианта проекта необходима комп-

лексная оценка эффективности с выбором различных форм финансирования. Таким образом, синтез системного и проектного подходов дает на наш взгляд, наиболее адекватные результаты.

Задачи исследования. В работе рассмотрено современное состояние буксирного флота портов Украины. Выявлен круг проблем, требующий немедленного решения. Основная цель исследования – повышение эффективности оказания услуг по буксировке путем разработки методики обоснования оптимальной структуры буксирного обеспечения порта.

Основной материал исследования. Предложена методика обоснования оптимальной структуры буксирного обеспечения порта, в основу которой положены методы теории массового обслуживания и проектного анализа (рис. 4). Сформулирована и решена принципиально новая оптимизационная задача определения необходимого состава буксирного флота порта.

Для апробации предлагаемой методики проведены соответствующие многовариантные экспериментальные расчеты на примере порта Южный.

На первом шаге проанализирована динамика судозаходов в порт Южный за минувший год (рис. 5). Далее решена задача системы массового обслуживания для определения оптимального количества буксирных групп в порту (рис. 6).

Рис. 4. Алгоритм обоснования оптимальной структуры буксирного обеспечения порта

Источник: разработка автора

Рис. 5. Динамика судозаходов в порт Южный за 2018 год, число судов

Источник: разработка автора на основе [3]

Рис. 6. Блок-схема решения задачи оптимизации количества буксирных групп в порту

Источник: разработка автора с использованием [11]

Общая схема решения задачи такова:

1. Определяется минимальное число буксирных групп ($n_{\min}$), при котором $\beta < 1$ (многоканальная система массового обслуживания с неограниченным ожиданием) – это условие существования устоявшегося режима.

2. Для получения минимального числа буксирных групп рассчитываются необходимые показатели:

- вероятность того, что система (буксирная группа) свободна (P_0);

- средняя длина очереди (r);
- среднее время ожидания в очереди ($t_{\text{ож}}$).

3. В качестве критерия оптимальности примем минимум комплексных годовых затрат (E): затраты компании на покупку и эксплуатацию буксирных групп ($E_{\text{ог}}$), затраты судов (флота) в ожидании буксиров ($E_{\text{ф}}$).

4. Рассчитываем время ожидания за год ($T_{\text{ож}}$), комплексные годовые затраты (E).

5. Увеличиваем число буксирных групп на единицу и повторяем предыдущий расчет. Если комплексные затраты уменьшились, то добавляем еще одну буксирную группу, выполняем предыдущие расчеты [11].

Процесс добавления буксирных групп продолжается до тех пор, пока годовые затраты не увеличатся. Как только они станут больше, чем при предыдущем числе буксирных групп, расчеты заканчиваются. Оптимальным числом буксирных групп будет то, которое обеспечит минимальные комплексные затраты.

Согласно решения данной задачи для того, чтобы полностью обеспечить порт Южный достаточным количеством современных мощных буксиров требуется 2 буксирные группы по 2 буксира в каждой со средней мощностью 4500 л.с. (табл. 3).

На сегодня в порту Южный есть 3 буксира такого класса, из них 2 мощностью по 4200 л.с. («Геннадий Савельев» и «Евгений Яковцев») и 1 мощностью 5632 л.с. («Владимир Иванов»). Таким образом, порту Южный необходимо приобрести еще 1 буксир мощностью, как минимум 4500 л.с.

На следующем этапе проведено технико-экономическое обоснование обновления буксирного флота порта Южный.

Ведущей компанией по производству буксиров является голландская компания DAMEN [12].

Главные требования – это должны быть компактные, маневренные, мощные буксиры, которые способны обслуживать суда в условиях ограниченной акватории (табл. 4).

Рассматриваются следующие варианты приобретения буксиров: кредит или финансовый лизинг с разными сроками эксплуатации буксиров. Каждый из вариантов проекта был оценен комплексно методом суммы мест по трем основным показателям эффективности:

- чистой современной стоимости проекта (NPV);
- сроку окупаемости, (DPP);
- внутренней нормы прибыльности (IRR) (табл. 5) [13].

Таблица 3

Определение оптимального количества буксирных групп
на примере порта Южный

n	β	P_0	$\bar{r}$, судов	$\bar{t}_{ож}$, сут.	$T_{ож}$, сут.	$E_{ф}$, долл.	$E_{бг}$, долл.	E , долл.
2	0,505	0,329	0,346	0,11	10,01	89 359	6 697 788	6 787 788
3	0,337	0,359	0,031	0,01	0,91	8 124	10 046 682	10 054 806

Источник: разработка автора

Таблица 4

Основные технико-эксплуатационные характеристики буксира ASD 2813
(производство – компания Damen)

Характеристика	Единицы измерения	Значения
Длина	м	27,59
Ширина	м	12,93
Осадка	м	4,77
Мощность	л.с.	5050
Усилие носовой лебедки	т	47
Усилие кормовой лебедки	т	45,3
Скорость	узлы	13,0

Источник: [12]

Таблица 5

Комплексная оценка показателей эффективности вариантов проекта
методом суммы мест

Форма финансирования	Место по NPV	Место по IRR	Место по DPP	Сумма мест	Место в итоге
Кредит на 6 лет, период эксплуатации 15 лет	1	4	1	6	1
Лизинг на 6 лет, период эксплуатации 10 лет, платежи каждые полгода	4	3	4	11	3
Лизинг на 6 лет, период эксплуатации 10 лет, платежи ежегодно	5	5	5	15	4
Лизинг на 9 лет, период эксплуатации 15 лет, платежи каждые полгода	2	2	3	7	2
Лизинг на 9 лет, период эксплуатации 15 лет, платежи ежегодно	3	1	2	6	1

Источник: разработка автора

Одинаковое количество баллов набрали два варианта проекта: кредит на 6 лет (со сроком эксплуатации буксира в течении 15 лет) и лизинг на 9 лет (эксплуатация буксира в течении 15 лет, лизинговые платежи осуществляются дважды в год).

Предпочтение отдано варианту проекта с кредитом, потому что в случае с лизингом имеются существенные риски: лизингополучатель не

является собственником предмета лизинга; на предмет лизинга может быть обращено взыскание по обязательствам лизинговой компании; лизинговые платежи облагаются НДС.

Выводы. Практическое значение полученных результатов заключается в том, что они могут быть использованы для поддержки принятия решений по обновлению буксирного обеспечения порта.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Иванов А. Нужны буксиры нового поколения // Порты Украины. – № 3. – 2017. – С.43.
2. Ильницкий К. Буксирный рынок Украины: модернизация неизбежна // Порты Украины. – № 3. – 2017. – С.36-40.
3. Сайт Администрации морских портов Украины [Электронный ресурс]. URL: <http://www.uspa.gov.ua/ru/perechen-buksirnykh-kompanij>
4. Регістрова суден 2018. – Київ: Регістр судноплавства України, 2018. [Электронный ресурс]. URL: <http://shipregister.ua/pdf/reg-ships.pdf>
5. Kibik O., Khaiminova Ju., Kotlubay V., Redina Ie. & Belous, E. (2018). Development potential of Ukrainian maritime enterprises. *International Journal of Engineering & Technology*, Vol.7, №4(3). URL: <https://www.sciencepubco.com/index.php/ijet/article/view/19917>.
6. Hensen H. *Tug use in port. A practical guide.* – 2-nd edition. Port Rotterdam: Nautical Institute, 2003. – 192 p.
7. *Tugs and Tows – A Practical Safety and Operational Guide* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.shipownersclub.com/media/2015/08/PUBS-Loss-Prevention-Tug-and-Tow-Safety-and-Operational-Guide_A5_0715.pdf
8. Алявдина Т.Ф. Разработка методики выбора оптимальных типов и количества буксиров для морского порта: дис. ... канд. техн. наук 05.22.19. – Л.: ЛВИМУ им. адм. С.О. Макарова, 1984. – 239 с.
9. Бондаренко А.В., Некрасов В.А., Ястреба А.П. Методика выбора оптимального состава буксирного обеспечения порта [Текст] // Вестник Государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. – СПб.: ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова, 2015. – Вып. 4 (32). – С.43-52.
10. Бондаренко А.В., Некрасов В.А., Ястреба А.П. Концепция выбора оптимального состава буксирного флота порта // Водный транспорт: Зб. наук. праць КДАВТ. – К.: КДАВТ, 2015. – № 2(23). – С. 7-14.
11. Воеводский Е.Н., Коневцева Н.А., Махуренко Г.С., Тарасова И.П. Экономико-математические методы и модели в управлении морским

- транспортом [Учебник для студентов морских вузов]. М.: Транспорт, 1988. 384 с.
12. Damen products. URL: <https://products.damen.com/en/search?q=ice+class+tug>
13. Лапкина И.А., Павловская Л.А., Болдырева Т.В., Шутенко Т.Н. Проектный анализ: теоретические основы оценки проектов на морском транспорте: Учебное пособие. – Одесса: Феникс, 2008. – 416 с.

REFERENCES

1. Ivanov, A. (2017). *Nugny buksiry novogo pokoleniya [Need a new generation tug]*. *Porty Ukrainy – Ports of Ukraine*, №3, 43 [in Russian].
2. Il'nickiy K. (2017) *Buksirnyi rynek Ukrainy: modernizaciya neizbegna [Ukrainian towing market: modernization is inevitable]*. *Porty Ukrainy – Ports of Ukraine*, №3, 36-40 [in Russian].
3. *Sait Administracii morskoyh portov Ukrainy*. Retrieved from <http://www.uspa.gov.ua/ru/perechen-buksirnykh-kompanij>
4. *Registrova knyga suden 2018*. (2018). – Kyiv: Registr sudnoplavstva Ukrainy Retrieved from <http://shipregister.ua/pdf/reg-ships.pdf> [in Ukraine]
5. Kibik O., Khaiminova Ju., Kotlubay V., Redina Ie. & Belous E. (2018). *Development potential of Ukrainian maritime enterprises*. *International Journal of Engineering & Technology*. Retrieved from <https://www.sciencepubco.com/index.php/ijet/article/view/19917> [in English].
6. Hensen H. (2003). *Tug use in port. A practical guide*. – 2-nd edition. Port Rotterdam: Nautical Institute, 192.
7. *Tugs and Tows – A Practical Safety and Operational* Retrieved from <https://www.shipownersclub.com/media/2015/08/PUBS-Loss-Prevention-Tug-and-Tow-Safety-and-Operational-Guide A5 0715.pdf>.
8. Alyavdina T.F. (1984). *Razrabotka metodiki vybora optimal'nyh tipov i kolichestva buksirov dlya morskogo porta [Development of methods for selecting the optimal types and number of tugs for the seaport]: dis. ... kand. tehn. nauk 05.22.19*. L.: LVIMU im. adm. S.O. Makarova, 239 [in Russian].
9. Bondarenko, A.V., Nekrasov, V.A. & Yastreba A.P. (2015). *Metodika vybora optimal'nogo sostava buksirnogo obespecheniya porta [Method of choosing the optimal composition of the port tug support]*. *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova – Bulletin of the State University of Maritime and River Fleet named after Admiral S. O. Makarov*, Vyp. 4 (32), 43–52 [in Russian].
10. Bondarenko, A.V., Nekrasov, V.A. & Yastreba, A.P. (2015). *Koncepciya vybora optimal'nogo sostava buksirnogo flota porta [The concept of selecting the optimal composition of the port towing fleet]*. *Vodniy yransport – Water transport*, №2(23), 7–14 [in Russian].
11. Voevodskiy E.N., Konevceva, N.A., Maxurenko, G.S. & Tarasova, I.P. (1988). *Ekonomiko-matematicheskie metody i modeli v upravlenii morskim*

- transportom [Economic-mathematical methods and models in the management of maritime transport]. M.: Transport, 384 [in Russian].*
12. *Damen products Retrieved from <https://products.damen.com/en/search?q=ice+class+tug> [in English].*
13. *Lapkina, I.O., Pavlpvskaya, L.A., Boldyreva, T.V. & Shutenko, T.N. (2008). Proektniy analiz: teoreticheskie osnovy ocenki proektov na morskoy transporte [Project analysis: theoretical foundations for evaluating projects in maritime transport]. Odessa: Feniks, 416 [in Russian].*

Стаття надійшла до редакції 27.05.2019

Посилання на статтю: Павловская Л.А. Методика обоснования оптимальной структуры буксирного флота портов // Развитие методів управління та господарювання на транспорті: Зб. наук. праць, 2019. № 2. С. 52-65. DOI: 10.31375/2226-1915-2019-2-52-65.

Reference a JournalArtic: Pavlovskaya, L.A. (2019). Method of substantiation of the optimal structure of the port towing fleet. Development of management and entrepreneurship methods on transport, 52-65. DOI: 10.31375/2226-1915-2019-2-52-65.