

УДК 656.085.4

А. М. ПАСІЧНИК^{1*}, В. А. ПАСІЧНИК^{2*}, Є. С. КУЩЕНКО^{3*}

^{1*} Аналітично-науковий центр, Придніпровське відділення Міжнародної академії комп'ютерних наук та систем, пр. О. Поля, 127, 49061, Дніпро, Україна, тел. +38 (066) 877 69 50, e-mail prydnepr.akad@gmail.com, ORCID 0000-0002-8561-1374

^{2*} Відділ розвитку автомобільного бізнесу, ІТ компанія «Luxoft», Parkring 57-59, 85748 Garching bei München Deutschland, тел. +49 (170) 200 58 55, e-mail software.its.mastery@gmail.com, ORCID 0000-0001-9434-563X

^{3*} Технічний відділ, АТ «Одеський припортовий завод», вул. Заводська, 3, 65481, м. Южне, Україна, тел. +38 (066) 8841551, ел. пошта: jeni4i1990@gmail.com, ORCID 0000-0001-9145-5390

ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ В МЕТОДОЛОГІЇ РОЗВ'ЯЗАННЯ ІНЖЕНЕРНИХ ЗАДАЧ

Метою даної статті є розробка та удосконалення системних методів побудови розв'язків інженерних задач. В статті наведено методичний підхід вирішення складних інженерних завдань на основі застосування методу системного аналізу. Показана необхідність проведення попередньої оцінки повноти вихідних даних для побудови математичної моделі задачі.

На стадії постановки проблеми відбувається конкретизація постановки задачі з метою встановлення мети дослідження. В результаті системного аналізу функціональних особливостей досліджуваного об'єкта визначаються основні параметри та їх взаємозв'язок, а також встановлюються значення цих параметрів, що характеризують початковий стан досліджуваного об'єкта. Необхідно з'ясувати суть завдання і сформулювати його так, щоб знайдене рішення було ефективним і могло бути отримано за допомогою існуючих засобів і в реальні терміни. На основі даних проведеного аналізу визначається мета вирішення інженерної задачі і формулюється відповідна постановка за формою: вихідні дані; параметри; величини, що підлягають визначенню.

Встановлені функціональні зв'язки між основними параметрами об'єкта і діючими на нього факторами, описуються математичними співвідношеннями і рівняннями включеними в математичну модель, з урахуванням визначального впливу параметрів задачі на стан об'єкта. Таким чином, отримуємо математичну постановку задачі, побудова розв'язку якої дозволяє встановити параметричну залежність стану об'єкта для різних значень параметрів. Достовірність отриманих результатів та придатність обраного методу розв'язання має підтверджуватися їх тестуванням та ретельним аналізом.

На основі сформульованого підходу проведено оцінки та запропоновано відповідні технологічні операції вирішення інженерної задачі зняття з мілини танкера «Delfi» в акваторії Одеського побережжя Чорного моря. Визначено доцільність подальшого удосконалення технології застосування запропонованого підходу для задач проектування і індустріальної розробки програмно-технічних комплексів.

Ключові слова: системний аналіз інженерних задач; математичне моделювання; методи розв'язання інженерних задач

Вступ

Аналіз економіки країн лідерів світового розвитку показує, що однією із основних складових їх успіху є ефективність виробничих процесів в різних галузях економіки. Високий технологічний рівень забезпечується в першу чергу застосуванням інноваційних рішень, надійністю та продуктивністю технічних систем, що забезпечують реалізацію відповідних технологічних процесів виробництва продукції в задані терміни випуску. Застосування таких технологій призводить до суттєвого ускладнення проєктованих технічних систем і вимагає суттєвого покращення та удосконалення методології вирішення інженерних завдань.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Розробці методології проєктування інженерних систем та вирішення відповідних інженерних завдань присвячено цілий ряд наукових досліджень відомих вчених. Так в роботі [1] викладено основи сучасних методів математичного моделювання технічних об'єктів, широко використовуваних в інженерній практиці та наукових дослідженнях. Розглянуто основні поняття і методологічні підходи математичного моделювання, наведено принципи класифікації моделей та надано рекомендації щодо їх використання при вирішенні різних завдань.

Основні поняття теорії складних систем і принципи проєктування систем 3

використанням методів математичного моделювання розглядаються в роботі [2]. Запропоновано алгоритми застосування моделей масового обслуговування для вирішення дискретних задач структурного і функціонального проектування обчислювальних систем і мереж.

Основні принципи побудови інтелектуальних систем підтримки і прийняття рішень наведені в монографії [3]. Запропоновано структурні схеми та алгоритми побудови ефективних інтелектуальних автоматизованих систем управління широко функціональними технічними об'єктами.

Принципи, закони і методи системного проектування наведені в роботі [4]. Наведено класифікацію видів технічних систем та відповідних моделей. Сформульовані критерії визначення ефективності проєктованих об'єктів.

Застосування математичного моделювання забезпечує формування системного представлення об'єкта та дозволяє одночасно враховувати вплив на його стан цілого ряду факторів. Разом з тим, близькі до практики рекомендації можуть бути отримані, при застосуванні моделі прийняття рішень без застосування оптимізаційних алгоритмів та з наданням більшого значення дослідженню реальної поведінки структурних елементів системи. Такий підхід дозволяє сформулювати ефективну імітаційну модель об'єкта [5].

В роботі [6] для проектування інженерних об'єктів і вирішення відповідних завдань запропоновано застосовувати методологію системного проектування, яка базується на представленні проєктованого об'єкта у вигляді цілісної системи. Найбільш важливі принципи оптимального проектування та раціонального конструювання, а також закони еволюції складних технічних систем і об'єктів із урахуванням психології творчості проєктанта і конструктора розглянуті в роботі [7].

Результати проведеного аналізу наукових досліджень підтверджують актуальність подальшого розвитку та удосконалення методології розв'язання інженерних задач.

Мета

Мета статті полягає у розробці та удосконаленні системних методів побудови розв'язків інженерних задач.

В сучасних умовах застосування ЕОМ є досить ефективним засобом розв'язання інженерних задач за умови достатньо повного розуміння інженером проблеми, що вирішується, та коректності постановки задачі дослідження. Наглядним підтвердженням важливості виконання

вказаних умов для успішного вирішення інженерно-технологічних проблем є декілька невдалих спроб зняти з мілини затонулий танкер «Delfi» без проведення відповідних розрахунків. Тому в даний час досить актуальною є проблема розробки методологічних підходів до постановки та вирішення інженерних завдань.

Виклад основного матеріалу

Інженерні задачі відносяться до класу прикладних задач і характеризуються такими особливостями:

1. Спрямованість на вирішення прикладних проблем, що мають важливе значення для практичного функціонування об'єкта. Результати вирішення таких задач мають визначати конкретні значення технічних параметрів, що забезпечують заданий (необхідний) режим функціонування об'єкта.

2. Побудова розв'язків таких задач передбачає побудову відповідних математичних моделей і проведення обчислювальних розрахунків параметрів практичного функціонування об'єкта.

3. Як правило, в даний клас задач входять задачі тільки середньої складності. Для розв'язання більшості таких задач достатньо потужності ЕОМ з помірною швидкістю обчислень та обсягами оперативної пам'яті.

Одним з найбільш ефективних методів розв'язання прикладних задач є дослідження реальних об'єктів методом математичного моделювання. Для побудови математичної моделі необхідно:

1) провести детальний аналіз досліджуваного об'єкта і систематизацію параметрів, що визначають його стан;

2) визначити мету дослідження і фізичну постановку задачі;

3) побудувати математичну модель і сформулювати відповідну математичну постановку задачі з урахуванням визначального впливу параметрів задачі на стан об'єкта;

4) постановка, дослідження і проведення розрахунків відповідних обчислювальних задач;

5) тестування і забезпечення достовірності моделі та заданої точності розрахунків;

6) аналіз отриманих результатів і прийняття рішень щодо їх практичного застосування.

Розглянемо основний зміст цих етапів. На стадії постановки проблеми відбувається конкретизація постановки задачі з метою встановлення мети дослідження. В результаті системного аналізу функціональних особливостей досліджуваного об'єкта визначаються основні

параметри та їх взаємозв'язок, а також встановлюються значення цих параметрів, що характеризують початковий стан досліджуваного об'єкта. Необхідно з'ясувати суть завдання і сформулювати його так, щоб знайдене рішення було ефективним і могло бути отримано за допомогою існуючих засобів і в реальні терміни. Завершується цей етап формулюванням вербальної постановки проблеми на мові прийнятій в даній предметній області. На основі даних проведеного аналізу визначається мета вирішення інженерної задачі і формулюється відповідна постановка за формою: вихідні дані; параметри; величини, що підлягають визначенню.

Встановлені функціональні зв'язки між основними параметрами об'єкта і діючими на нього факторами, описуються математичними співвідношеннями і рівняннями включеними в математичну модель, з урахуванням визначального впливу параметрів задачі на стан об'єкта [8]. Таким чином, отримуємо математичну постановку задачі, побудова розв'язку якої дозволяє встановити параметричну залежність стану об'єкта для різних значень параметрів. При цьому, модель має допускати можливість побудови ефективних розв'язків та бути достатньо повною для вивчення властивостей досліджуваної системи або об'єкта. Створення раціональної математичної моделі задачі є необхідною умовою побудови ефективного розв'язку прикладної задачі. Для його перевірки достовірність отриманих результатів та придатність обраного методу розв'язання має підтверджуватися їх тестуванням та ретельним аналізом.

Завершальний етап розв'язання інженерних задач полягає у вирішенні питань практичного застосування отриманих результатів для чого необхідно провести їх відповідну інтерпретацію в термінах предметної постановки задачі.

Застосування наведеного підходу до вирішення інженерних завдань розглянемо на прикладі розв'язання задачі зняття з мілини танкера «Delfi» в акваторії Чорного моря біля міста Одеса. Вихідні дані вказаної інженерної задачі визначаються так [9]: проектне призначення танкера – бункерівка транспортних суден нафтопродуктами і прісною водою; повна водотоннажність танкера – $T = 2293$ т; дедвейт – $D = 1634$ т.; габаритна довжина – $l = 59$ м.; ширина – $b = 10,5$ м.; висота борту – $d = 5,5$ м.; осадка – $h = 4,8$ м.; глибина місця затоплення танкера – $p \sim 5$ м. Загальний стан затоплення танкера наведено на рис. 1 [10].



Рис. 1. Загальний вигляд стану затоплення танкера «Delfi»

Відповідно зі схемою затоплення площа зчеплення корпусу танкера з дном визначається так:

$$S = k_1 \cdot d \cdot l, \quad (1)$$

де k_1 – коефіцієнт контакту борту судна з дном, $k_1 = 0,85$.

$$S = 0,85 \cdot 5,5 \cdot 59 = 275,8 \text{ м}^2.$$

Відповідно сила зчеплення борту танкера з дном формулою:

$$F = \mu P, \quad (2)$$

де μ – коефіцієнт зчеплення борту судна з дном, $\mu = 0,45$.

$$F = 0,45 \cdot 2293 = 1030 \text{ т.}$$

Таким чином, сила зчеплення судна з дном є достатньо великою і з урахуванням тривалого часу перебування танкера на мілині стягнути його тросами просто неможливо, що стало одним із основних факторів трьох перших невдалих спроб зняти танкер з мілини за допомогою його буксирування. В даному випадку необхідно провести аналіз технологій які застосовувались для вирішення аналогічних інженерних задач підняття затонулих кораблів. У відповідності з практикою вирішення аналогічних задач [11], для вирішення задачі підйому танкера необхідно розрахувати величину підйомної сили достатню для зняття танкера з мілини та провести відповідні інженерно-технологічні операції, які дозволять її забезпечити. В першу чергу необхідно провести днопоглиблювальні роботи біля танкера для підходу до танкера суден і виконання робіт з відкачування залишків палива та водно-паливної суміші, що забезпечить підйомну силу ~ 1630 т. Тоді для безпосереднього підняття танкера необхідно буде забезпечити додаткову підйомну силу яка визначається так:

$$Q = T - D. \quad (3)$$

$$Q = 2293 - 1630 = 663 \text{ т.}$$

Виконані розрахунки показують, що з урахуванням технічних параметрів танкера та глибини затоплення для проведення операції його підняття необхідно забезпечити підйомну силу 663 т.

Таким чином, для підйому танкера необхідно забезпечити достатню величину підйомної сили за рахунок проведення таких інженерно-технологічних операцій:

1. Провести днопоглиблювальні роботи біля танкера для забезпечення підходу до танкера суден і проведення робіт з відкачування залишків палива та водно-паливної суміші, що забезпечить підйомну силу 1600 т.

2. Для проведення операції підняття та постановки танкера на киль і подальшого відбуксирування в порт на ремонтний завод задіяти плавучий кран вантажопідйомністю 350 т.

3. Для забезпечення додаткової величини підйомної сили підняття і постановки танкера на киль завести під борт танкера з прибережної сторони спеціальні понтони. Наведене рішення дозволить забезпечити додаткову величину підйомної сили 110 т.

4. Задіяти два буксири для забезпечення сили в 100 т. кожний.

Виконання наведених підготовчих інженерно-технологічних операцій є необхідною умовою успішного проведення робіт з підняття та постановки танкера на киль і подальшого його транспортування в порт для ремонту або утилізації, рис. 2 [9]. Детальний опис технологічних операцій практичного зняття танкера «Delfi» з мілини та особливості їх проведення наведено в публікації [9].



Рис. 2. Підняття та підготовка транспортування танкера «Delfi» до порту Чорноморськ

Висновки

Успішність вирішення розглянутої інженерно-технічної задачі у відповідності із розробленою технологічною схемою підтверджує ефективність застосування запропонованого підходу для вирішення інженерних задач. Перспективи подальшого наукового пошуку вбачаються в удосконаленні методологічних підходів та особливостей застосування запропонованого підходу до проектування і розробки програмно-технічних комплексів на основі індустріальних технологій.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Аверченков, В.И. Основы математического моделирования технических систем: [Электронный ресурс] / В.П. Федоров, М.Л. Хейфец, В.И. Аверченков. – 3-е изд., стер. – М.: ФЛИНТА, 2016. – 271 с. – ISBN 978-5-9765-1278-8. – Режим доступа: <https://rucont.ru/efd/246475>.
2. Алиев, Т.И. Основы проектирования систем [Текст] / Т.И. Алиев. – СПб: Университет ИТМО, 2015. – 120 с.
3. Тарасов, В.А. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений [Текст] / В. А. Тарасов, Б. М. Герасимов, И. А. Левин, В. А. Корнейчук. – К.: МАКНС, 2007. – 336 с.
4. Хорошев, А. Н. Основы системного проектирования технических объектов: [Электронный ресурс] / А.Н. Хорошев. – М.: МФТИ, 2011. 125 с. Режим доступа: <https://www.twirpx.com/file/731202/>.
5. Шевцов, В. Ю. Технологии проектирования и конструирования техники и технических систем [Текст] / В.Ю. Шевцов. // Системне проектування та аналіз характеристик аерокосмічної техніки. – ДНУ, 2019. Том XXVI. – С. 63–70.
6. Pankratova, N.D. Modelling of the information platform for cyber-physical systems [Текст] / N. D. Pankratova, V. A. Pankratov. – Тези допов. XVII міжн. конф. Матем. та прогр. забезп. інтел. систем. Д., Україна: 2019. С. 203-204.
7. Сорока, К. О. Основы теории систем и системного анализа [Текст] / К.О. Сорока. – Х.: ПП Тимченко, 2005. – 288 с.
8. Андріанов, І. В. Асимптотичні методи дослідження математичних моделей прикладних задач [Текст] / І. В. Андріанов, А. М. Пасічник. – Д.: РВВ ДНУ, 2004. 136с.
9. Губанков, Ю. П. спасаем «Delfi» – уникальная операция : [Электронный ресурс] / Ю.П. Губанков, А.И. Иванов, А.Г. Голодницкий, Г.В. Егоров //Судостроительство. АМПУ, 2020. №10 (189). Режим доступа: <https://sudohodstvo.org/spasaem-delfi-unikalnaya-operatsiya/>.
10. Проблему із затонувшим біля Одеси танкером «Delfi» визначено надзвичайною ситуацією місцевого рівня: [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.ukrinform.ua/rubric-regions/3070403->

problemu-z-tankerom-delfi-viznali-nadzvicajnou-situacieu-miscevogo-rivna.html.

11. Джозеф, Н. Горз. Подъем затонувших кораблей. Пер. с англ. : [Электронный ресурс]. –Л.: Судостроение, 1978. – 352 с. Режим доступа:

https://lib.misto.Kiev.ua/HISTORY/GORZ/pod_em_korablej.list.dhtml.

Надійшла в редколегію 12.06.2021

Прийнята до друку 26.06.2021

А. Н. ПАСЕЧНИК, В. А. ПАСЕЧНИК, Е. С. КУЩЕНКО

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА В МЕТОДОЛОГИИ РЕШЕНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ ЗАДАЧ

Целью данной статьи является разработка и усовершенствование системных методов построения решений инженерных задач. В статье приведён методический подход к решению сложных инженерных задач на основе применения метода системного анализа. Показана необходимость проведения предварительной оценки полноты исходных данных для построения математической модели задачи.

На стадии постановки проблемы происходит конкретизация постановки задачи с целью установления цели исследования. В результате системного анализа функциональных особенностей исследуемого объекта определяются основные параметры и их взаимосвязь, а также устанавливаются значения этих параметров, характеризующих исходное состояние исследуемого объекта. Необходимо выяснить суть задачи и сформулировать его так, чтобы найденное решение было эффективным и могло быть получено с помощью существующих средств и в реальные сроки. На основе данных проведенного анализа определяется цель решения инженерной задачи и формулируется соответствующая постановка по форме: исходные данные; параметры; величины, подлежащих определению.

Установлены функциональные связи между основными параметрами объекта и действующими на него факторами, описываются математическими соотношениями и уравнениями, включенными в математическую модель, с учетом определяющего влияния параметров задачи на состояние объекта. Таким образом, получаем математическую постановку задачи, построение решения которой позволяет установить параметрическую зависимость состояния объекта для различных значений параметров. Достоверность полученных результатов и пригодность выбранного метода решение должно подтверждаться их тестированием и тщательным анализом.

На основе сформулированного подхода проведены оценки и предложены соответствующие технологические операции решения инженерной задачи снятия с мели танкера «Delfi» в акватории Одесского побережья Черного моря. Определена целесообразность дальнейшего усовершенствования технологии применения предложенного подхода для задач проектирования и промышленной разработки программно-технических комплексов.

Ключевые слова: системный анализ инженерных задач; математическое моделирование; методы решения инженерных задач

A. N. PASICHNYK, V. A. PASICHNYK, Y. S. KUSHCHENKO

APPLICATION OF SYSTEM APPROACH IN METHODOLOGY OF SOLVING ENGINEERING PROBLEMS

The purpose of this article is to develop and improve systemic methods for constructing solutions to engineering problems. The article provides a methodological approach to solving complex engineering problems based on the application of the system analysis method. The need for a preliminary assessment of the completeness of the initial data for the construction of a mathematical model of the problem is shown.

At the stage of the problem statement, the problem statement is concretized in order to establish the research goal. As a result of a systematic analysis of the functional characteristics of the object under study, the main parameters and their relationship are determined, and the values of these parameters characterizing the initial state of the object under study are established. It is necessary to clarify the essence of the problem and formulate it so that the solution found is effective and can be obtained using existing means and in real terms. Based on the data of the analysis, the goal of solving the engineering problem is determined and the corresponding formulation is formulated in the following form: initial data; parameters; quantities to be determined.

The functional connections between the main parameters of the object and the factors acting on it are established, they are described by mathematical relations and equations included in the mathematical model, taking into account the determining influence of the parameters of the problem on the state of the object. Thus, we obtain a mathematical formulation of the problem, the construction of the solution of which allows us to establish the parametric dependence

of the state of the object for various values of the parameters. The reliability of the results obtained and the suitability of the chosen method, the decision should be confirmed by their testing and careful analysis.

On the basis of the formulated approach, assessments have been carried out and the corresponding technological operations have been proposed for solving the engineering problem of removing the tanker «Delfi» from the aground in the water area of the Odessa coast of the Black Sea. The expediency of further improvement of the technology of application of the proposed approach for design tasks and industrial development of software and hardware complexes has been determined.

Keywords: system analysis of engineering problems; mathematical modeling; methods for solving engineering problems