

**В. В. Аулін<sup>1</sup>**  
**Д. В. Голуб<sup>1</sup>**  
**В. В. Біліченко<sup>2</sup>**  
**А. С. Замуренко<sup>1</sup>**

## **ПОБУДОВА МОДЕЛІ ПРОБЛЕМНОЇ СИТУАЦІЇ В ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМАХ**

<sup>1</sup>Центральноукраїнський національний технічний університет

<sup>2</sup>Вінницький національний технічний університет

*Наведено підхід до побудови моделі проблемної ситуації в транспортній системі, розроблено блок-схему його алгоритму. Виявлено, що перехідним етапом від проблеми до постановки формальних завдань є проблемна ситуація, а поставлені завдання можуть бути вирішені різними способами, що утворюють множину стратегій.*

*Зазначено, що у загальному випадку результат операцій є невизначеним, що викликано невизначеністю умов проведення операції і дією чинників різної природи. Виявлено, що набуття значень показників, які характеризують той або інший результат операції, пов'язане з рішенням завдання моделювання операції.*

*Наведено етапи проблеми дослідження ефективності операції в транспортній системі. Зроблено низку припущень, щодо процесу отримання результатів, який пов'язаний з формуванням моделі операції і отриманням оцінок ефективності за результатами моделювання, а також процесу аналізу результатів, що припускає розв'язання завдання вибору на основі сформованого критерію ефективності або системи таких критеріїв.*

*З'ясовано, що модель проблемної ситуації в транспортних системах відображає взаємозв'язки основних елементів процесу розробки рішень і послідовність формування окремих завдань та будується для того, щоб охопити проблему розробки рішень в цілому, представити її основні елементи, які необхідно сформулювати для отримання остаточного рішення про стратегію проведення операції.*

*Показано, що наявність певної компоненти як самостійного елемента в моделі проблемної ситуації припускає, що множина значень невизначених чинників при розробці рішень буде або обов'язково встановлена ззовні, або відшукування цих значень представлятиме самостійне завдання.*

*Представлено перелік дій щодо вирішення окремих завдань на основі цієї моделі. Показано, що у багатьох практичних випадках спостерігається те, що апріорне завдання одного з основних критеріїв ефективності приводить до виділення деякої множини альтернатив. А тому для вибору найкращої альтернативи потрібне формування складеного критерію, що включає як формальні, так і неформальні приписи щодо винесення судження, на основі якого і здійснюється вибір або повернення і корекція елементів моделі проблемної ситуації.*

**Ключові слова:** транспортна система, модель, проблемна ситуація, стратегія, операція, елемент, ефективність.

### **Вступ**

Для того, щоб розв'язати проблему, що стоїть перед особою, що приймає рішення (ОПР), необхідно представити її у вигляді одного або декількох завдань. Перехідним етапом від проблеми до постановки формальних завдань є проблемна ситуація. В ході перехідного стану вербальну мету розбивають на підцілі і встановлюють загальні обмеження. Поставлені завдання можуть бути вирішені різними способами, що утворюють множину стратегій (альтернативних рішень) [1].

Кожну з цих стратегій вважають чистою стратегією, якщо на її реалізацію витрачають усі наявні засоби. Вказані засоби можуть бути поділені в певній пропорції між стратегіями. Такі складні стратегії також входять у множину допустимих альтернативних рішень. Кожні з допустимих альтернативних рішень забезпечують, як правило, різний рівень розв'язання поставлених завдань [2]. Це означає, що при виборі рішень необхідно використати окрім вказаної ще і додаткову інформацію про переваги ОПР, відношення до її ризику через невизначеності умов проведення операції, про інтереси інших суб'єктів операції.

Інформація про переваги й про уявлення ОПР про «кращий» і «гірший» варіанти на множині цілей, завдань, умов, способів і результатах операцій, може мати якісний або кількісний характер. Думка ОПР про те, що збільшення одних показників вносить більший вклад в досягнення мети операції порівняно зі зміною інших, є якісною інформацією про відносну важливість показників. Якщо ж ОПР може оцінити, наскільки зміна одного показника може бути компенсована відповідною зміною інших, або ж

в скільки разів один показник важливіший за інший, то таку інформацію про переваги можна віднести до кількісної [3].

У загальному випадку результат операцій є невизначеним, що викликано невизначеністю умов проведення операції і дією чинників різної природи [4]. Набуття значень показників, що характеризують той або інший результат операції, пов'язане з рішенням завдання моделювання операцій.

Зазначене дає підстави щодо розробки етапів дослідження ефективності функціонування транспортних систем або ефективності реалізації операцій в них.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Проблема дослідження ефективності операції з метою розробки рішень включає три взаємопов'язані процеси або етапи: постановка завдань; отримання результатів; аналіз результатів [5].

Питання ухвалення рішень або завдань, що відносяться до постановки, пов'язані з: структуризацією початкової інформації про проблему; аналізом невизначеностей; формуванням початкової множини; вибором показника ефективності; вибором критерію ефективності [6].

Процес отримання результатів пов'язаний з формуванням моделі операції і отриманням оцінок ефективності за результатами моделювання [7]. Процес аналізу результатів припускає розв'язання завдання вибору на основі сформованого критерію ефективності або системи таких критеріїв [8].

Для того, щоб дослідження були змістовними, тобто були отримані деякі кількісні оцінки для вироблення рішень, передусім необхідно досить акуратно і чітко формалізувати мету операцій [9]. Така постановка завдання дослідження ефективності операцій змушує використати кількісні шкали при формалізації мети операцій [10]. Формалізація мети операцій повинна базуватися на концепції зовнішнього доповнення, як необхідній умові отримання обґрунтованого рішення [11].

*Метою роботи є розробка моделі проблемної ситуації в транспортних системах, що відображає взаємозв'язки основних елементів процесу розробки рішень і послідовність формування окремих завдань щодо представлення таких основних елементів для отримання остаточного рішення про стратегію проведення операції.*

### Результати дослідження

Побудова моделі проблемної ситуації в транспортних системах проводиться для відображення взаємозв'язків основних елементів процесу розробки рішень і послідовності формування окремих завдань з метою охоплення проблеми розробки рішень в цілому, представлення її основних елементів, які необхідно сформулювати для отримання остаточного рішення про стратегію проведення операції. З цією метою введемо такі позначення:  $U$  – множина стратегій ОПП;  $\Lambda$  – множина значень певних і невизначених чинників;  $G$  – множина результатів операцій;  $Y$  – вектор характеристик (ознак) результату  $g \in G$ , тобто числовий вираз результату операцій;  $H$  – модель, тобто відображення, що ставить у відповідність множині стратегій  $U$  і чинників  $\Lambda$  множини результатів  $Y(G)$ , або в символічному вигляді

$$H : U \cdot \Lambda \rightarrow Y(G), \quad (1)$$

$W$  – показник ефективності;  $\Psi$  – оператор відповідності «результат - показник», в скороченому символічному вигляді  $\psi : Y(G) \xrightarrow{\theta} W$ , або в повному символічному вигляді

$$\psi : \left\{ Y \left| H : U \cdot \Lambda \xrightarrow{\theta} Y(G) \right. \right\} \xrightarrow{\theta} W; \quad (2)$$

$K$  – критерій ефективності ( $W \rightarrow K$ );  $P$  – модель переваг ОПП (що: «краще», «гірше», «байдуже», «ні в якому разі» і т. д.) на елементах великої кількості:

$$D = \{U, \Lambda, G, Y, W, K\}; \quad (3)$$

$\theta$  – інша інформація про проблемну ситуацію.

Враховуючи це узагальнена модель проблемної ситуації представляється у вигляді системи

$$\langle U, \Lambda, H, G, Y, \psi, W, K, \rho, \theta \rangle. \quad (4)$$

Наявність компоненти  $A$  як самостійного елемента в моделі проблемної ситуації (4) припускає, що множина значень невизначених чинників при розробці рішень буде або обов'язково встановлене (задано ззовні), або відшукування цих значень представлятиме самостійне завдання.

Проблема вибору показника ефективності  $W$  пов'язана зі встановленням виду функції відповідності результату операції  $Y(G)$ , необхідному результату  $Y^{nb}$ . Модель переваг  $P$  є формалізованим уявленням ОНР про «кращий» і «гірший» серед елементів деякої великої кількості. За допомогою цієї моделі вирішуються важливі окремі завдання, пов'язані з такими діями: формування початкової множини альтернатив  $U$ ; виділення істотних чинників  $A$ , що визначають умови проведення операції; побудова моделей  $H$  і  $\Psi$ ; вибір характеристик  $Y$  результатів  $g \in G$ ; побудова на їхній основі окремих показників ефективності; перетворення показників ефективності в деякий узагальнений показник; встановлення критерію  $K$  і так далі.

У багатьох практичних випадках спостерігається те, що апріорне завдання одного з основних критеріїв ефективності (придатності, оптимальності, адаптивності) приводить до виділення, як правило, деякої множини «негірших» альтернатив [12]. В цьому випадку для однозначного вибору кращої альтернативи потрібне формування складеного критерію – вирішального правила, що включає як формальні, так і неформальні приписи з винесення судження [13]. Це вирішальне правило і задається елементами моделі переваг  $P$  на множинах  $G - \rho_G, Y - \rho_r, W - \rho_W$  і так далі.

Взаємозв'язок вказаних компонент моделі проблемної ситуації наведений на рис. 1.

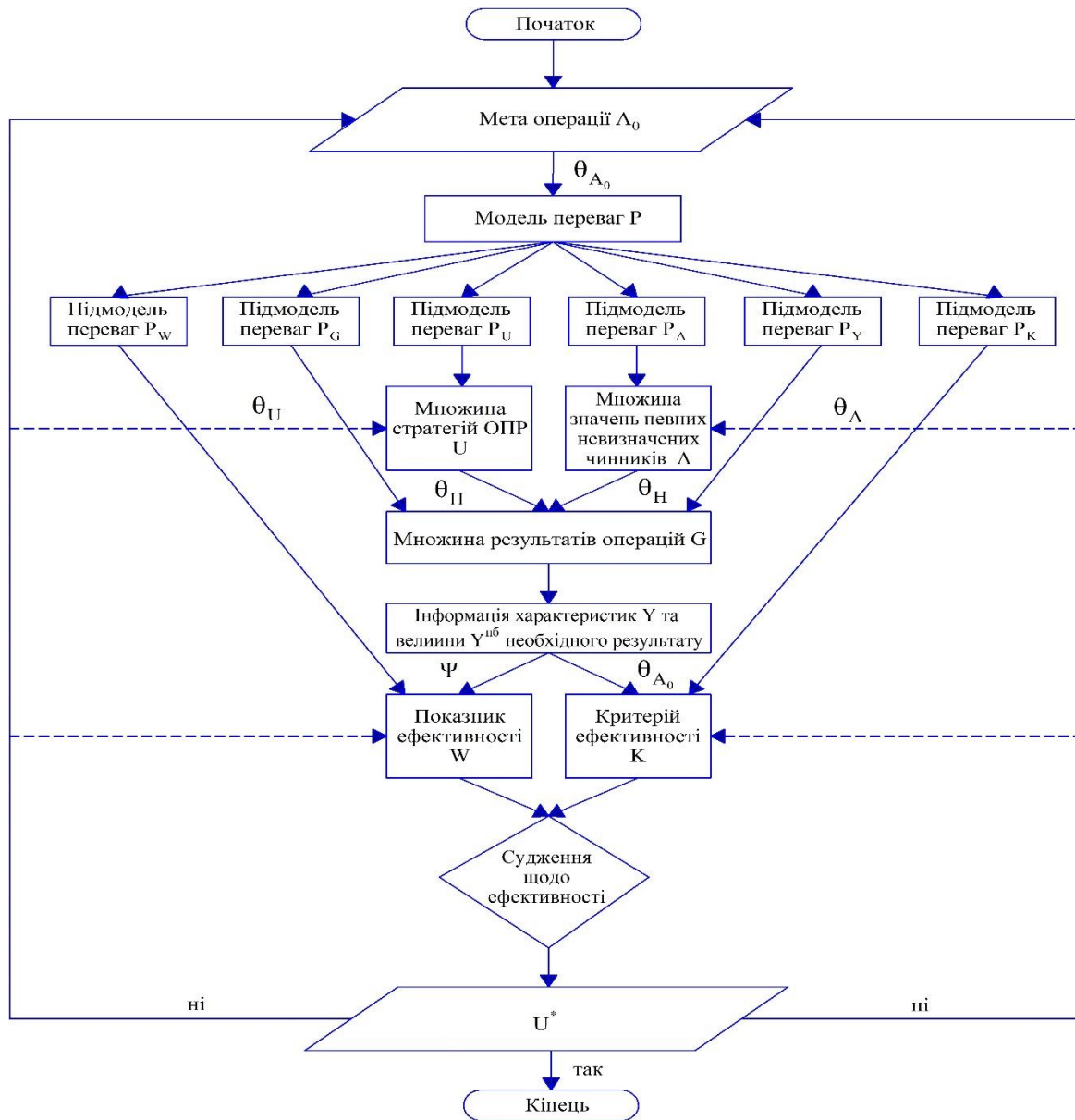


Рис. 1. Блок-схема алгоритму побудови моделі проблемної ситуації в транспортній системі

Стрілками показані взаємовідносини між елементами проблемної ситуації. Символом  $A_0$  на рис. 1 позначена мета операцій. Узгодившись з інформацією  $\theta_{A_0}$  про мету операції, ОПР послідовно формує множини  $U$  і  $\Lambda$  на основі інформації  $\theta_U$  і  $\theta_\Lambda$ , спираючись на підмоделі  $P_U$  і  $P_\Lambda$ , моделі переваг  $P$ .

Аналогічно на основі підмоделей переваг  $P_G$  і  $P_Y$  і з урахуванням інформації  $\theta_H$  про наявні засоби побудови моделей  $H$  вибираються характеристики  $Y$  результату  $G$  і встановлюється вид відповідності  $H:U \cdot \Lambda \rightarrow Y(G)$ , а також формується величина необхідного результату  $Y^{нб}$ .

Далі за інформацією  $Y$ ,  $Y^{нб}$ , з урахуванням переваг  $P_w$  про вид показника ефективності, встановлюється один з можливих видів метрики  $\rho(Y, Y^{нб})$  і формується модель  $\psi$  «результат - показник». Одночасно формується критерій  $K$  за інформацією  $\theta_{A_0}$  і підмоделлю переваг  $P_k$ , яка може задавати критерій у формі вирішального правила.

На основі судження про міру досягнення мети операції або здійснюється вибір кращої альтернативи з множини  $U^{opt} \in U$ , або здійснюється повернення і корекція елементів моделі проблемної ситуації.

Завдання, що відповідають двом основним процесам ухвалення рішень при дослідженні ефективності, формуються на основі моделі проблемної ситуації і мають вигляд:

- для процесу отримання результатів

$$\psi : \left\{ YH : U \cdot \Lambda \rightarrow Y(G) \right\}^{\theta} \rightarrow W ; \quad (5)$$

- для процесу аналізу результатів

$$\rho \rightarrow K : U \rightarrow U^{opt} . \quad (6)$$

У формулі (5) запис  $H:U \cdot \Lambda \rightarrow Y(G)$  означає множинність моделей, що відповідають системним рівням дослідження. При цьому, виходячи з концепції метацелі (зовнішнього доповнення), інформація для нижчих рівнів ієрархії може бути отримана або з верхнього рівня або сформована на основі інформації від ОПР даного системного рівня. У виразі (6) символом  $U^{opt}$  позначена підмножина «найкращих» з точки зору ОПР стратегій, з яких остаточно вибирають рішення, що реалізовується,  $u^{opt} \in U^{opt}$ .

## Висновки

1. Запропоновано підхід до побудови моделі проблемної ситуації в транспортній системі.
2. Представлено блок-схему алгоритму побудови моделі проблемної ситуації в транспортній системі.
3. Наведено етапи проблеми дослідження ефективності операції в транспортній системі та зроблено низку припущень, щодо процесу отримання оцінок ефективності за результатами моделювання.
4. Виявлено наявність певної компоненти, як самостійного елемента в моделі проблемної ситуації, що припускає обов'язкове встановлення зовні множини значень невизначених чинників при розробці рішень, або відшукування цих значень як самостійного завдання.
5. Сформовано перелік дій щодо вирішення окремих завдань на основі даної моделі.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] В. В. Аулін, Д. В. Голуб, «Математичний апарат оцінки надійності багатофункціональних транспортних систем» на Міжнародна науково-практична інтернет-конференція. *Інноваційні технології розвитку та ефективності функціонування автомобільного транспорту*, Кропивницький, 2018, с. 33-41.
- [2] О. Н. Моргунова, Е. П. Моргунов, «Теория эффективности сложных систем: некоторые вопросы и предложения» на Х Международная научно-практическая конференция. *Системный анализ в проектировании и управлении*, Санкт-Петербург, 2006, ч. 1, с. 119-122.
- [3] Е. В. Шикин, *Исследование операций*. М.: ТК Велби Проспект, 2006.
- [4] К. А. Аксенов, Н. В. Гончарова, *Моделирование и принятие решений в организационно-технических системах*. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015, ч. 1.
- [5] В. В. Аулін, В. В. Біліченко, Д. В. Голуб, А. С. Замуренко, «Особенности дослідження ефективності транспортних систем на етапах життєвого циклу», *Вісник машинобудування та транспорту*, № 13(1), с. 4-12, 2021.
- [6] В. В. Аулін, Д. В. Голуб, А. В. Гриньків, С. В. Лисенко, *Методологічні і теоретичні основи забезпечення та підвищення надійності функціонування автомобільних транспортних систем*. Кропивницький: КОД, 2017.
- [7] А. Н. Ангамошкин, О. Н. Моргунова, Е. П. Моргунов, «Методика исследования эффективности сложных иерархических систем», *Вестник Сиб. гос. аэрокосмич. ун-та*, вып. 2 (9), с. 9-13, 2006.

[8] В. В. Аулін, А. В. Гриньків, А. О. Головатий, С. В. Лисенко, Д. В. Голуб, *Методологічні основи проектування та функціонування інтелектуальних транспортних і виробничих систем*, під заг. ред. д. т. н., проф. В. В. Ауліна. Кропивницький: ФОП В. Ф. Лисенко, 2020.

[9] Е. П. Моргунов, О. Н. Моргунова, «Многомерная классификация сложных объектов на основе оценки их эффективности», в *сб. науч. тр. Вестник НИИ СУВПТ*, Н. В. Василенко, Ред. Красноярск: НИИ СУВПТ, 2003, вып. 14, с. 222–240.

[10] В. В. Аулін, Д. В. Голуб, В. В. Біліченко, Д. О. Великодний, «Методологія підходів до дослідження шляхів і сукупності факторів забезпечення належного рівня ефективності і надійності транспортних систем», *Вісник машинобудування та транспорту*, № 2, с. 4-14, 2017.

[11] Г. И. Просветов, *Математические методы в логистике*. М.: РДЛ, 2006.

[12] В. В. Аулін, Д. В. Голуб, В. В. Біліченко, А. С. Замуренко, «Формування показників оцінки ефективності транспортного процесу перевезень», *Вісник машинобудування та транспорту*, № 11(1), с. 4-10, 2020.

[13] В. В. Аулін, Д. В. Голуб, «Реалізація фізико-інформаційного підходу дослідження проблеми підвищення надійності та ефективності функціонування транспортних систем», *Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету*. Харків: ХНАДУ, вып. 81, с. 3-10, 2018.

**Аулін Віктор Васильович** – д-р. техн. наук, професор, професор кафедри експлуатації та ремонту машин, e-mail: [AulinVV@gmail.com](mailto:AulinVV@gmail.com).

**Голуб Дмитро Вадимович** – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри експлуатації та ремонту машин, e-mail: [Dimchik529@gmail.com](mailto:Dimchik529@gmail.com).

**Замуренко Артем Сергійович** – аспірант кафедри експлуатації та ремонту машин.

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

**Біліченко Віктор Вікторович** – д-р. техн. наук, професор, ректор, e-mail: [bilichenko.v@gmail.com](mailto:bilichenko.v@gmail.com).

Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

**V. Aulin<sup>1</sup>**  
**D. Golub<sup>1</sup>**  
**V. Bilichenko<sup>2</sup>**  
**A. Zamurenko<sup>1</sup>**

## Building a model of a problem situation in transport systems

<sup>1</sup>Central Ukrainian National Technical University

<sup>2</sup>Vinnitsa National Technical University

*The approach to construction of model of a problem situation in transport system is resulted, the block diagram of its algorithm is developed. It is revealed that the transition stage from the problem to the formulation of formal tasks is a problem situation, and the tasks can be solved in different ways, forming a set of strategies.*

*It is noted that in the general case the result of operations is uncertain, which is caused by the uncertainty of the conditions of the operation and the action of factors of different nature. It is revealed that the acquisition of values of indicators that characterize one or another result of the operation is associated with the solution of the problem of modeling operations.*

*The stages of the problem of studying the efficiency of the operation in the transport system are given. A number of assumptions are made about the process of obtaining results, which is associated with the formation of the operation model and obtaining efficiency estimates based on modeling results, as well as the process of analyzing the results, which involves solving the selection problem based on the established efficiency criterion or system of such criteria.*

*It is found that the model of the problem situation in transport systems reflects the relationship of the main elements of the decision-making process and the sequence of formation of partial tasks and is built to cover the problem of decision-making as a whole, to present its main elements to be finalized. about the strategy of the operation.*

*It is shown that the presence of a certain component as an independent element in the model of the problem situation assumes that the set of values of uncertain factors in the development of solutions will be either set externally, or finding these values will be an independent task.*

*A list of actions for solving partial problems based on this model is presented. It is shown that in many practical cases it is observed that the a priori task of one of the main criteria of efficiency leads to the selection of some set of alternatives. Therefore, the choice of the best alternative requires the formation of a compound criterion, which includes both formal and informal prescriptions for making a judgment on the basis of which the selection or return and correction of elements of the model of the problem situation.*

**Key words:** transport system, model, problem situation, strategy, operation, element, efficiency.

**Aulin Viktor** – Dr. Sc. (Eng.), Professor, Department of Operation and Repair of Machines, e-mail: [AulinVV@gmail.com](mailto:AulinVV@gmail.com).

**Golub Dmitro** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor, Department of Operation and Repair of Machines, e-mail: [Dimchik529@gmail.com](mailto:Dimchik529@gmail.com).

**Bilichenko Viktor** – Dr. Sc. (Eng.), Professor, Rector, e-mail: [bilichenko.v@gmail.com](mailto:bilichenko.v@gmail.com).

**Zamurenko Artem** – Postgraduate student of the Department of Operation and Repair of Machines.

**В. В. Аулин<sup>1</sup>**  
**Д. В. Голуб<sup>1</sup>**  
**В. В. Биличенко<sup>2</sup>**  
**А. С. Замуренко<sup>1</sup>**

## **Построение модели проблемной ситуации в транспортных системах**

<sup>1</sup>Центральноукраїнський національний технічний університет

<sup>2</sup>Вінницький національний технічний університет

*Приведен подход к построению модели проблемной ситуации в транспортной системе, разработана блок-схема его алгоритма. Выявлено, что переходным этапом от проблемы к постановке формальных задач является проблемная ситуация, а поставленные задачи могут быть решены различными способами, которые образуют множество стратегий.*

*Отмечено, что в общем случае результат операций является неопределенным, что вызвано неопределенностью условий проведения операции и действием факторов различной природы. Выявлено, что получение значений показателей, характеризующих тот или иной результат операции, связано с решением задачи моделирования операций.*

*Приведены этапы проблемы исследования эффективности операции в транспортной системе. Сделан ряд предположений относительно процесса получения результатов, который связан с формированием модели операции и получением оценок эффективности по результатам моделирования, а также процесса анализа результатов, предполагающий решение задачи выбора на основе сформированного критерия эффективности или системы таких критериев.*

*Выяснено, что модель проблемной ситуации в транспортных системах отражает взаимосвязи основных элементов процесса разработки решений и последовательность формирования частных задач и строится для того, чтобы охватить проблему разработки решений в целом, представить ее основные элементы, которые необходимо сформировать для получения окончательного решения о стратегии проведения операции.*

*Показано, что наличие определенной компоненты как самостоятельного элемента в модели проблемной ситуации предполагает, что множество значений неопределенных факторов при разработке решений будет или обязательно установлен извне, или отыскания этих значений будет представлять самостоятельное задание.*

*Представлен перечень действий по решению частных задач на основе данной модели. Показано, что во многих практических случаях наблюдается то, что априорное задание одного из основных критериев эффективности приводит к выделению некоторого множества альтернатив. Поэтому для выбора наилучшей альтернативы необходимо формирование составленного критерия, включающего как формальные, так и неформальные предписания по вынесению суждения, на основе которого и осуществляется выбор или возврат и коррекция элементов модели проблемной ситуации.*

**Ключевые слова:** транспортная система, модель, проблемная ситуация, стратегия, операция, элемент, эффективность.

*Аулин Виктор Васильевич* – д-р. техн. наук, профессор, профессор кафедры эксплуатации и ремонта машин, e-mail: [AulinVV@gmail.com](mailto:AulinVV@gmail.com).

*Голуб Дмитрий Вадимович* – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры эксплуатации и ремонта машин, e-mail: [Dimchik529@gmail.com](mailto:Dimchik529@gmail.com).

*Биличенко Виктор Викторович* – д-р. техн. наук, профессор, ректор, e-mail: [bilichenko.v@gmail.com](mailto:bilichenko.v@gmail.com).

*Замуренко Артем Сергеевич* – аспирант кафедры эксплуатации и ремонта машин.