

УДК: 004.42

DOI: <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2024-4-2-0242-0256>

EDN: EXAHZH



## Расширение ТРИЗ цифровым полем данных через интеллектуального технического агента человеко-машинного интерфейса

Е. Ю. Мерзлякова<sup>1</sup>, Д. С. Скотников<sup>2</sup>, Ю. В. Елтышев<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Новосибирск, Россия

<sup>2</sup>ООО КРОЙЛ, Красноярск, Россия

<sup>3</sup>НТИ РГУ им. А. Н. Косыгина, Новосибирск, Россия

**Аннотация.** Программный человеко-машинный интерфейс с мультиагентной системой восстановления дефицита исходных данных при разработке технических объектов высокого изобретательского уровня предназначен для обеспечения непрерывности преобразования цифровых данных между концептуальными решениями и традиционными инженерными процессами. Данная статья посвящена поиску параметров признаков, обладающих свойством двойственности внутри технического объекта, необходимых для восстановления неизвестной функции с помощью функции «посредника». При разработке теории решения данного уровня задач авторы руководствовались аксиомами научного метода, в частности – бритва Оккама. Такой подход позволяет минимизировать изобретательство собственных постулатов, но максимально использовать установившиеся фундаментальные представления.

**Ключевые слова:** CALS, CAD, ТРИЗ, изобретение, человеко-машинный интерфейс.

**Для цитирования:** заполняется редакцией

---

## Extension of TRIZ with a digital data field through an intelligent technical agent of the human-machine interface

E. Yu. Merzlyakova<sup>1</sup>, D. S. Skotnikov<sup>2</sup>, Yu. V. Eltyshv<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Siberian State University of Telecommunications and Information Science,  
Novosibirsk, Russia

<sup>2</sup>KROYL LLC, Krasnoyarsk, Russia

<sup>3</sup>Novosibirsk Institute of Technology, Branch of Kosygin Russian State University,  
Novosibirsk, Russia

**Abstract.** A software human-machine interface with a multi-agent system for recovering the deficit of initial data in the development of technical objects of a high inventive level is designed to ensure the continuity of digital data conversion between conceptual solutions and traditional engineering processes. This article is devoted to the search for feature parameters that have the property of duality within a technical object, necessary to restore an unknown function using the “intermediary” function. When developing a theory for solving this level of problems, the authors were guided by the axioms of the scientific method, in particular Occam’s razor. This approach allows us to minimize the invention of our own postulates, but make maximum use of established fundamental concepts.

**Keywords:** CALS, CAD, TRIZ, invention, human-machine interface.

**For citation:** filled in by editorial.

---

## ВВЕДЕНИЕ

Ограничения на рынке лицензированных зарубежных программных продуктов для проектирования, работающих в области машиностроения и приборостроения, затронули не только крупные предприятия и корпорации России, но и предприятия малого бизнеса, работающие в сфере производства инновационных продуктов и производства средств производства. Отечественное инженерное пространство вынуждено уйти в области использования САД-программных продуктов Российских разработчиков, которые известны. Но их технологии, при создании технических объектов на уровне изобретений, подразумевают использование предварительно созданных концептуальных решений.

В области создания концептов на высоком изобретательском уровне может быть использовано отечественное направление развития ТРИЗ технологий [1, 2]. Одним из главных достоинств ТРИЗ является высокая степень нахождения практически приемлемых решений в нетривиальных творческих задачах и многократное сокращение времени на решение подобных задач [3, 4]. Это сокращение достигается вычерчиванием узкой полосы «незнания» при поиске решения технических задач, что позволяет притягивать специальные компетенции не масштабно, а точно.

Есть причины, по которым на территории России классические технологии ТРИЗ используются не в полной мере. В [5-9] рассматривается одна из основных причин, препятствующих прохождению концептуальных решений изобретательского уровня до ассимиляции с традиционными инженерными процессами. Особенно это касается малых предприятий, где отсутствуют научно-технические подразделения, а численность инженерного персонала ограничена.

В указанных работах авторами определены границы неформализованной области, препятствующей реализации сильных решений, полученных на уровне ТРИЗ технологий. Приведена обобщенная четырехслойная модель пошагового прохождения неизвестных параметров отличительных признаков через неформализованную область. Разработана модель взаимодействия пользователя с технической системой посредством программного человеко-машинного интерфейса (ЧМИ). Математические модели, связывающие входные и выходные параметры разрабатываемого технического объекта, предложено представлять, как неизвестные функции  $\hat{F}(x)$  и решать задачи их восстановления [10, 11]. Приведены примеры построения алгоритма восстановления неизвестной функции на базе функции «посредника», параметров признаков, обладающих свойством двойственности, и библиотеки функций. Построение функции «посредника» позволяет пользователю на третьем слое четырехслойной модели выйти на уровень построения фрагментов математических моделей физических процессов без специальных знаний в этой области.

## ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Наиболее сложным уровнем в четырехслойной модели траектории прохождения проекта внутри неформализованной области является третий слой построения фрагментов математических моделей и связности параметров с матрицей целевых показателей, см. рисунок 1. Математические модели, например  $M_a$ , представляем, как неизвестную функцию, которую необходимо восстановить по некоторому количеству точек.

Последовательность восстановления неизвестной функции с использованием функции «посредника» построена на присутствии в техническом объекте параметров признаков, обладающих свойством двойственности. Поиск таких параметров не может основываться на выборках случайных параметров и поочередной их проверке на наличие указанных свойств, и эти свойства должны быть определены.



Рисунок 1. Фрагмент четырехслойной модели траектории продвижения проекта внутри неформализованной области.

Figure 1. The fragment of four-layer model of the trajectory of project progress within an unformalized area.

Параметр признака, обладающего свойством двойственности, например, параметр  $l$ , должен иметь следующие функциональные связи:

- быть элементом фрагмента математической модели выходного параметра  $A$ , например  $A_1$

$$A_1 = f_1(\dots, l); \quad l = f_2(\dots, A_1); \quad A_1 \in A.$$

Выходной параметр технического объекта представляет собой анонсированный выходной показатель, заложенный в концептуальное решение проектируемого объекта. Выходной параметр задается в виде упорядоченного числового множества, вписанного в границы допустимого отклонения.

- содержать в своем фрагменте математической модели параметр неизвестной функции, например  $a$ .

$$l = F_1(\dots, a).$$

Параметр неизвестной функции является искомым входным параметром технического объекта. Он характеризует один из отличительных признаков, которого ранее в техническом объекте не было. Этот признак появился в концептуальном решении

в результате разрешения технического противоречия. После восстановления неизвестной функции параметр  $a$  будет представлять биективное отображение упорядоченного множества числовых значений заданного выходного параметра разрабатываемого технического объекта.

Можно предположить, что наибольшая плотность размещения параметров признаков, обладающих свойством двойственности внутри технического объекта, расположена в непосредственной близости к оперативной зоне. Согласно терминологии ТРИЗ оперативной зоной называется та область технического объекта, в которой было сосредоточено техническое противоречие. Эта область сохраняет свое название и в концептуальном решении, где это противоречие устранено и ее состав изменился. В таком случае обнаружение параметров, обладающих свойством двойственности, может быть построено на поочередном описании разнообразия их свойств на базе библиотеки ЧМИ.

## РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ

Авторами разработан встречный метод поиска параметров, обладающих свойством двойственности, который обладает преимуществом направленного поиска, ориентированного на параметр неизвестной функции  $a$  от матрицы целевых показателей создаваемого технического объекта. Встречный поиск параметров признаков, обладающих свойством двойственности, основан на пошаговом раскрытии формул, описывающих выходные параметры  $A$  средствами библиотеки и неоднократном раскрытии формул, описывающих переменные ранее раскрытых формул. Такое пошаговое раскрытие производится до тех пор, пока среди переменных не обнаружится совпадение с параметром неизвестной функции. На рисунке 2 отображены основные информационные переходы внутри интеллектуального технического агента (ИТА) и их взаимодействия с данными библиотеки функций ЧМИ на встречном движении данных к неизвестной функции.

По пути движения информации в виде показателей происходит её наполнение формулами из соответствующих разделов физики, раскрывающими их связи с другими параметрами, оказывающими прямое влияние на их числовые значения.

Состав библиотеки функций ЧМИ и доступ к ее данным должен быть организован следующим образом.

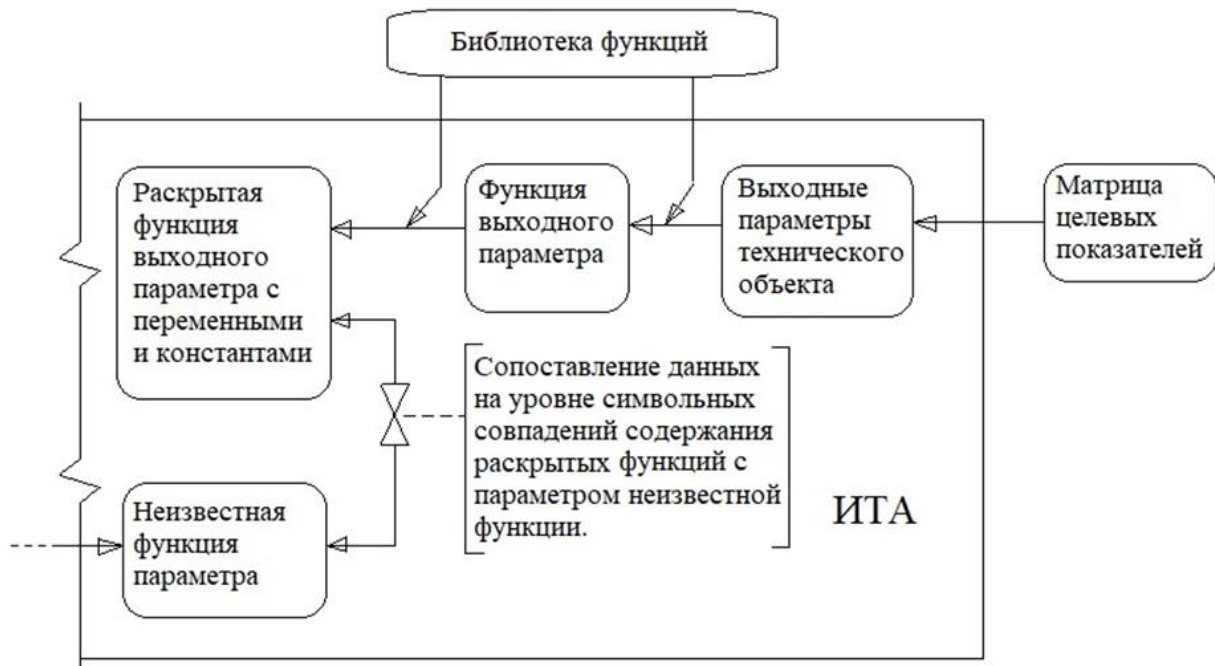


Рисунок 2. Фрагмент блок-схемы встречного информационного перехода данных целевых показателей технического объекта внутри множества ИТА ЧМИ.

Figure 2. The block diagram fragment of the counter information transition of target indicator data of a technical object within a set of HMI ITAs.

$B$  - соответствует тому, что существует множество данных, например, функций, состоящих из переменных и констант, входящих в библиотеку. Функции представляют собой формулы физики, из различных ее разделов, и математики, в частности, ее разделов геометрии.

$B \supset f, C$  - множеству  $B$  принадлежат подмножества:

$f$  - множество известных функций или фрагментов математических моделей;

$C$  - множество констант из различных разделов физики, геометрии.

$f = \{f_1, \dots, f_r\}$  -  $r$  - элементное множество функций из различных разделов физики, геометрии.

$C = \{C_1, \dots, C_v\}$  -  $v$  - элементное множество констант из различных разделов физики, геометрии.

При семантическом совпадении названий выходного параметра  $A_1$  с известной функцией из библиотеки ЧМИ определяется состав этой функции, например  $f_4$ . Выходные параметры разрабатываемого технического объекта необходимо выделить из целевых показателей. Выходные параметры должны быть простыми, измеряемыми и сопоставимыми хотя бы с одним из разделов физики или геометрии. При раскрытии выбранной функции, например  $f_4$ , анализируется ее состав переменных и констант. Часть переменных может являться параметрами отличительных признаков оперативной зоны технического объекта. Но символьные обозначения переменных раскрытой функции не всегда совпадает с символьными обозначениями параметров признаков при их полной физической или геометрической идентичности.

Из полученного состава функций выделяются символьные обозначения параметров признаков, их названия и определения. Эти параметры могут принадлежать семантическим множествам:

$t$  - множество отличительных признаков в оперативной зоне;

$g$  - множество ограничительных признаков в оперативной зоне;

$q$  - множество признаков, которые после устранения противоречия исчезли из оперативной зоны.

Если хотя бы одна принадлежность выявлена, то при семантическом совпадении названия переменной с известной функцией из библиотеки ЧМИ, определяется состав этой функции. Наличие в ее составе параметра неизвестной функции является вторым и достаточным признаком свойства двойственности.

Такой короткий путь поиска параметра с двумя функциональными связями для построения функции «посредника» является исключением. Для решения более сложных задач на третьем слое предлагаемой четырехслойной модели авторами разработана технология поиска необходимого параметра на неоднократном определении состава функции выходного параметра, см. рисунок 3.

Преимущество варианта встречного поиска параметров, обладающих свойством двойственности, заключается в том, что одна функциональная связь искомого параметра уже определена. Это связь с одним из выходных параметров технического объекта. Если в одном из шагов раскрытия содержания формул средствами библиотеки функций ЧМИ откроется символ, соответствующий искомому параметру неизвестной функции, то это



будет обозначать, что вся цепочка раскрытых формул будет являться основой для построения функции «посредника».

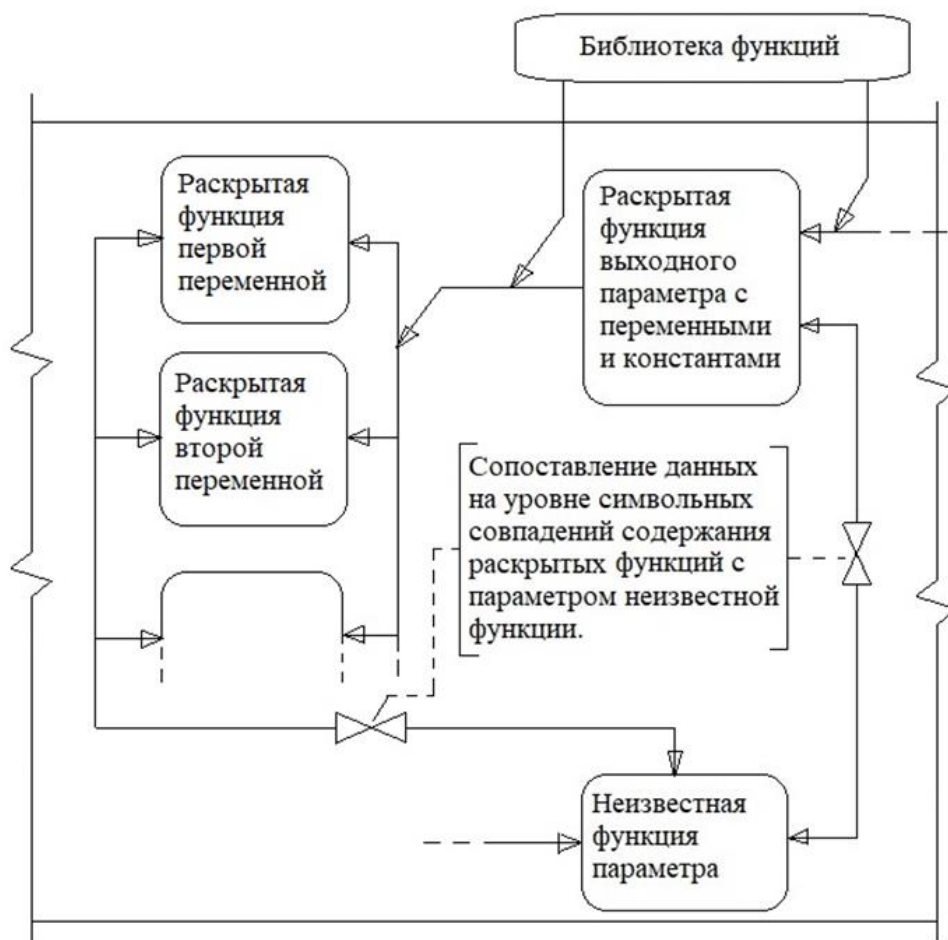


Рисунок 3. Продолжение фрагмента блок-схемы встречного информационного перехода данных целевых показателей технического объекта внутри множества ИТА ЧМИ.

Figure 3. Continuation of the block diagram fragment of a counter information transition of target indicator data of a technical object within a set of HMI ITAs.

Для оптимизации процесса построения фрагментов математических моделей физических процессов в технических объектах предлагается упрощенный метод построения функции «посредник», которая сравнительно проста в описании, но дает удовлетворительные результаты при подстановке численных значений. В этой функции



отсутствуют какие-либо физические параметры, кроме одной переменной в виде искомого параметра и констант, полученные эмпирическим путем.

### ПРИМЕР ПРИМЕНЕНИЯ ИТА

В качестве примера применения разрабатываемого алгоритма восстановления неизвестной функции предлагается рассмотреть развитие технического объекта через разрешение технического противоречия устройства разматывания рулонных длинномерных материалов с постоянной линейной скоростью [7]. Для разрешения технического противоречия в разрабатываемом устройстве была определена оперативная зона, содержащая техническое противоречие, см. рисунок 4. Так как нормальная составляющая давления рулонного материала на опорную ленту  $N$  зависит как от веса рулонного материала  $G$ , так и от угла наклона движущейся опорной ленты  $\lambda$ , для решения задачи был применен «принцип предварительного действия». Он заключался в том, что при каждом обороте рулона во время разматывания, его вес уменьшался, а наклон опорной ленты, или консолей, должен был уже измениться. Угол наклона  $\lambda$  должен становиться меньше, что вызовет изменение нормальной составляющей  $N$  в сторону увеличения.

Для определения закона изменения угла наклона консолей определим неизвестную функцию.

$$\lambda_i = \hat{F}(\varphi_i),$$

где:  $\varphi_i$  - угол поворота рулона вокруг своей оси во время разматывания.

Желаемым результатом создаваемой конструкции устройства будет являться равенство сил трения  $F$  между опорной лентой и рулонным материалом в начале и конце процесса размотки.

$$F_0 = F_i; \text{ или } N_0 \cdot f = N_i \cdot f,$$

где:  $f$  - коэффициент трения между поверхностью рулона и опорной лентой.

Из геометрических соотношений элементов конструкции устройства равенство сил трения можно представить, как:

$$\frac{G_0 \cdot f}{2 \sin \lambda_0} = \frac{G_i \cdot f}{2 \sin \lambda_i}; \quad \text{или} \quad \frac{G_0}{\sin \lambda_0} = \frac{G_i}{\sin \lambda_i}. \quad (1)$$

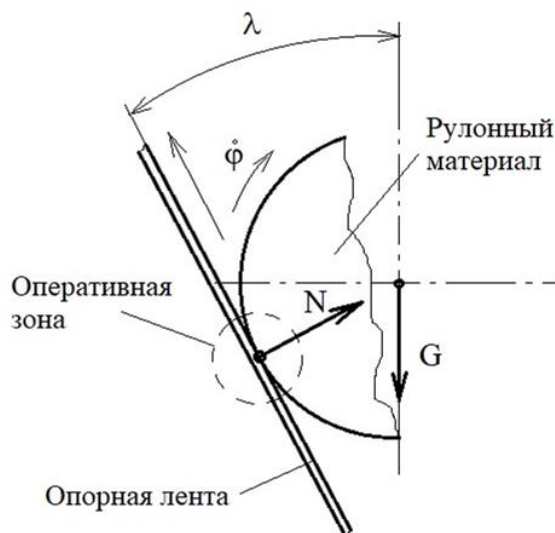


Рисунок 4. Схема взаимодействия разматывающего устройства с рулонным материалом.

Figure 4. Interaction scheme of the unwinding device with the rolled material.

В полученном выражении присутствует параметр, совпадающий с параметром неизвестной функции. Решаем выражение (1) относительно  $\lambda_i$  и получаем основу для построения функции «посредник».

$$\lambda_i = \arcsin\left(\frac{G_i \cdot \sin \lambda_0}{G_0}\right). \quad (2)$$

Из библиотеки функций извлекаем выражение  $G_i$  текущего значения веса рулона в процессе размотки.

$$G_i = G_0 - 9,8\rho \cdot B \cdot \delta \cdot \left(\frac{D_0}{2} \cdot \varphi_i - \frac{\delta \cdot \varphi_i^2}{4\pi}\right), \quad (3)$$

где:  $G_0$  - начальное значение веса рулонного материала;

$\rho$  - объемная плотность материала;

$B$  - ширина материала в рулоне;

$\delta$  - толщина одного слоя материала;

$D_0$  - начальное значение диаметра рулонного материала;

$\varphi_i$  - суммарное значение угла поворота рулона вокруг своей оси при размотке на текущий момент времени.

Решаем систему полученных уравнений (2) и (3).

$$\begin{cases} \varphi_i = (0;50;\dots;300); \\ G_i = G_0 - 9,8\rho \cdot B \cdot \delta \cdot \left( \frac{D_0}{2} \cdot \varphi_i - \frac{\delta \cdot \varphi_i^2}{4\pi} \right); \\ \lambda_i = \arcsin\left( \frac{G_i \cdot \sin \lambda_0}{G_0} \right); \end{cases}$$

При подстановке известных данных получаем ряд значений  $\lambda_i$  в виде биективного множества.

$$\lambda_i = \{45;34;26;18;13;8;6\}.$$

По полученным значениям восстановление функции может быть произведено любым известным способом. Функция «посредник» определена.

$$\lambda_i = 48,29 \cdot 0,99^{\varphi_i}.$$

Закон изменения угла наклона консолей разматывающего устройства, удовлетворяющий условиям поставленной задачи, определен за один проход по предлагаемой четырехслойной модели.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанный алгоритм восстановления неизвестной функции с использованием функции «посредника» позволяет пользователям со средними знаниями в области математики создавать фрагменты математических моделей, связывающих входные и выходные параметры разрабатываемых технических объектов до начала процесса проектирования. Построение функции «посредник» является результатом поиска параметров, обладающих свойством двойственности. Организация процессов,

протекающих внутри интеллектуального технического агента человеко-машинного интерфейса, представляет пользователю инструменты для точного определения неизвестных входных данных разрабатываемой технической системы на базе ее выходных данных. Основным направлением для дальнейших исследований является организация доступа к данным библиотеки функций, являющейся частью человеко-машинного интерфейса.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Альтшуллер Г.С. Найти идею: Введение в ТРИЗ – теорию решения изобретательских задач. 5-е изд. М.: Альпина Паблишер; 2012. 440.
- [2] Bertocelli Tiziana, Mayer Oliver, Lynass Mark. Creativity, Learning Techniques and TRIZ. *Procedia CIRP*. 2016; 39: 191-196. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.01.187>
- [3] Nahler Horst, Gronauer Barbara, Bertocelli Tiziana, Beckmann Hartmut, Mayer Oliver. Modelling of Software and IT systems in TRIZ. *TRIZ-Anwendertag 2022*; 2023. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-66201-4\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-662-66201-4_1)
- [4] Вивич Е. ТРИЗ и институты: школа Альтшуллера. Проблемы деятельности ученого и научных коллективов. 2022; 8(38): 349-358. DOI 10.24412/2414-9241-2022-8-349-358
- [5] Мерзлякова Е.Ю., Елтышев Ю.В. Анализ траектории прохождения разработки наукоемких технических объектов. *Научные исследования XXI века*. 2021; 1(9): 150-156.
- [6] Мерзлякова Е.Ю., Елтышев Ю.В., Никитин Г.И. Построение четырехслойной модели на траектории прохождения наукоемких проектов в неформализованной зоне. *Инновационная наука*. 2021; 3: 33-39.
- [7] Мерзлякова Е.Ю., Сибиряков В.Г., Елтышев Ю.В. Цифровая трансформация национальной идеи инженерного пространства. *Вестник Новосибирского государственного университета: Информационные технологии*. 2022; 20(2): 50-59. <https://doi.org/10.25205/1818-7900-2022-20-2-50-59>
- [8] Мерзлякова Е.Ю., Сибиряков В.Г., Реутов С.Н., Елтышев Ю.В. Организация интерфейса в зоне интеграции разделённых кластеров инженерии наукоемких технических объектов. *Вестник СибГУТИ*. 2021; 4(56): 32-42. <https://doi.org/10.55648/1998-6920-2021-15-4-32-42>
- [9] Мерзлякова Е.Ю., Сибиряков В.Г., Реутов С.Н., Елтышев Ю.В. Фреймовое представление интеллектуального технического агента человеко-машинного

интерфейса для создания инновационных проектов. Вестник СибГУТИ. 2023; 17(1): 33-45. <https://doi.org/10.55648/1998-6920-2023-17-1-33-45>

[10] Петров Е.Н. Восстановление простых линейных и итерационных функций средствами MATLAB. Молодой ученый. 2017; 5(139): 52-55.

[11] Розенберг В.Л. Задача динамического восстановления неизвестной функции в линейном стохастическом дифференциальном уравнении. Автоматика и телемеханика. 2007; 11: 76-87.

[12] Железняков А.С., Соколовский А.Р., Веретено В.А. Теория множеств и инновации в задачах производства и повышения качества швейных изделий. Новосибирск: СГУБТ; 2016. 149.

## REFERENCES

[1] Al'tshuller G.S. Najti ideyu: Vvedenie v TRIZ – teoriyu resheniya izobretatel'skih zadach. 5-e izd. M.: Al'pina Publisher; 2012. 440. (in Russian)

[2] Bertocelli Tiziana, Mayer Oliver, Lynass Mark. Creativity, Learning Techniques and TRIZ. Procedia CIRP. 2016; 39: 191-196. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.01.187>

[3] Nahler Horst, Gronauer Barbara, Bertocelli Tiziana, Beckmann Hartmut, Mayer Oliver. Modelling of Software and IT systems in TRIZ. TRIZ-Anwendertag 2022; 2023. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-66201-4\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-662-66201-4_1)

[4] Vivich E. TRIZ i instituty: shkola Al'tshullera. Problemy deyatel'nosti uchenogo i nauchnyh kollektivov. 2022; 8(38): 349-358. DOI 10.24412/2414-9241-2022-8-349-358 (in Russian)

[5] Merzlyakova E.Yu., Eltyshev Yu.V. Analiz traektorii prohozheniya razrabotki naukoemkih tekhnicheskikh ob"ektov. Nauchnye issledovaniya XXI veka. 2021; 1(9): 150-156. (in Russian)

[6] Merzlyakova E.Yu., Eltyshev Yu.V., Nikitin G.I. Postroenie chetyrekhslojnoj modeli na traektorii prohozheniya naukoemkih proektov v neformalizovannoj zone. Innovacionnaya nauka. 2021; 3: 33-39. (in Russian)

[7] Merzlyakova E.Yu., Sibiryakov V.G., Eltyshev Yu.V. Cifrovaya transformaciya nacional'noj idei inzhenernogo prostranstva. Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo universiteta: Informacionnye tekhnologii. 2022; 20(2): 50-59. DOI 10.25205/1818-7900-2022-20-2-50-59 <https://doi.org/10.25205/1818-7900-2022-20-2-50-59> (in Russian)

- [8] Merzlyakova E.Yu., Sibiryakov V.G., Reutov S.N., Eltyshev Yu.V. Organizaciya interfejsa v zone integracii razdelyonnykh klasterov inzhenerii naukoymkih tekhnicheskikh ob"ektov. Vestnik SibGUTI. 2021; 4(56): 32-42. <https://doi.org/10.55648/1998-6920-2021-15-4-32-42> (in Russian)
- [9] Merzlyakova E.Yu., Sibiryakov V.G., Reutov S.N., Eltyshev Yu.V. Frejmovoe predstavlenie intellektual'nogo tekhnicheskogo agenta cheloveko-mashinnogo interfejsa dlya sozdaniya innovacionnykh proektov. Vestnik SibGUTI. 2023; 17(1): 33-45. <https://doi.org/10.55648/1998-6920-2023-17-1-33-45> (in Russian)
- [10] Petrov E.N. Vosstanovlenie prostykh linejnykh i iteracionnykh funkcyj sredstvami MATLAB. Molodoj uchenyj. 2017; 5(139): 52-55. (in Russian)
- [11] Rozenberg V.L. Zadacha dinamicheskogo vosstanovleniya neizvestnoj funkcyj v linejnom stohasticheskom differencial'nom uravnenii. Avtomatika i telemekhanika. 2007; 11: 76-87. (in Russian)
- [12] Zheleznyakov A.S., Sokolovskij A.R., Vereteno V.A. Teoriya mnozhestv i innovacii v zadachah proizvodstva i povysheniya kachestva shvejnykh izdelij. Novosibirsk: SGUVT; 2016. 149. (in Russian)

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Мерзлякова Екатерина Юрьевна**, к.т.н., доцент кафедры прикладной математики и кибернетики, Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики (СибГУТИ, 630102, Новосибирск, ул. Кирова, д. 86)

**Скотников Дмитрий Сергеевич**, инженер-экономист, изобретатель, специалист ТРИЗ, директор по персоналу и коммуникациям, ООО «КРОЙЛ» (ООО «КРОЙЛ», Россия, 660021, Красноярск, Проспект Мира, 128, офис 140)

**Елтышев Юрий Васильевич**, старший преподаватель кафедры мехотронных систем технологических машин и материалов, Новосибирский технологический институт, филиал РГУ им. А. Н. Косыгина (НТИ (филиал) РГУ им. А. Н. Косыгина, 630099, Новосибирск, ул. Патанинская, 5)

**Ekaterina Yu. Merzlyakova**, Candidate of technical sciences; Docent of the Department of Applied Mathematics and Cybernetics, Siberian State University of Telecommunications and Information Science (SibSUTIS, Russia, 630102, Novosibirsk, Kirov St. 86)

**Dmitry S. Skotnikov**, Engineer economist, inventor, TRIZ expert, HR & Communications Director, KROYL LLC (KROYL LLC, Russia, 660021, Krasnoyarsk, Prospekt Mira, 128, office 140)

**Yuri V. Eltyshev**, Senior Lecturer of the Department of Mechatronic Systems of Technological Machines and Materials, Novosibirsk Institute of Technology, Branch of Kosygin Russian State University (NTI (branch) Kosygin Russian State University, 630099, Novosibirsk, Pataninskaya str., 5)



*Статья поступила в редакцию 20.05.2024; одобрена после рецензирования 27.05.2024; принята к публикации 27.05.2024.*

*The article was submitted 20.05.2024; approved after reviewing 27.05.2024; accepted for publication 27.05.2024.*