

В. А. НАСТАСЕНКО

МЕТОДОЛОГИЯ РЕШЕНИЯ НОВЫХ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ЗАДАЧ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Работа связана с развитием методологии решения научно-технических задач системными методами в сфере инструментального производства и предусматривает разработку структур и правил для анализа комплекса возникающих при этом проблем и путей поиска возможных решений. Для этого систематизирован процесс выбора и постановки задач на начальных этапах их решения с учетом уровня их сложности и потребности общества в данной разработке, создание которой может быть обеспечено при надлежащем уровне развития экономики, науки, техники и промышленного производства. Установлены структурные связи и принципы комбинаторики при выборе исходных параметров и схемы их варьирования для решения выбранных задач. Предложена система приемов и правил для расширения круга возможных решений с учетом общих критериев развития техники, а также охвата всех возможных решений и выбора лучших из них за счет использования метода морфологического анализа, функционально-стоимостного анализа и других системных методов. На этой базе разработана обобщенная структурная система из апробированных методов решения задач на всех этапах разработки и производства продукции и обоснованы правила их применения, что позволяет судить о создании методологии. Предложенные структурные схемы, принципы и приемы могут быть рекомендованы для использования при выборе и решении любых видов научно-технических задач.

Ключевые слова: методология и системные методы решения научно-технических задач.

В. О. НАСТАСЕНКО

МЕТОДОЛОГІЯ РІШЕННЯ НОВИХ НАУКОВО-ТЕХНІЧНИХ ЗАДАЧ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

Работа пов'язана з розвитком методології вирішення науково-технічних завдань системними методами і передбачає розробку структур і правил для аналізу комплексу проблем, що при цьому виникають і шляхів пошуку можливих рішень. Для цього систематизований процес вибору і постановки завдань на початкових етапах їх вирішення з урахуванням рівня їх складності та потреби суспільства в даній розробці, створення якої може бути забезпечене при належному рівні розвитку економіки, науки, техніки і промислового виробництва. Встановлено структурні зв'язки і принципи комбінаторики при виборі вхідних параметрів і схеми їх варіювання для вирішення обраних завдань. Запропоновано систему прийомів і правил для розширення кола можливих рішень з урахуванням загальних критеріїв розвитку техніки, а також охоплення всіх можливих рішень і вибору кращих з них за рахунок використання методу морфологічного аналізу, функціонально-вартісного аналізу та інших системних методів. На цій базі розроблена узагальнена структурна система з апробованих методів вирішення завдань на всіх етапах розробки і виробництва продукції і обґрунтовані правила їх застосування, що дозволяє судити про створення методології. Запропоновані структурні схеми, принципи і прийоми можуть бути рекомендовані для використання при виборі та вирішенні будь-яких видів науково-технічних задач.

Ключові слова: методологія і системні методи вирішення науково-технічних задач.

V. A. NASTASENKO

METHODOLOGY FOR SOLVING THE NEW SCIENTIFIC AND TECHNICAL PROBLEMS IN SPHERE CUTTING-TOOL PRODUCTION

This work is related to development of a methodology for solving the scientific and technical problems by systematic methods in sphere cutting-tool production and provides for development of structures and rules for analyzing the complex of problems, which appears in this case, and ways to find possible solutions. The process of selecting and setting problems is systematized for this purpose at the initial stages of its solving with taking into account the level of their complexity and the need of society in this development, the creation of which can be ensured at the proper level of development of the economy, science, technology and industrial production. Structural relations and principles of combinatorics are established at the choice of the initial parameters and the scheme of their variation for solving the selected problems. A system of techniques and rules is proposed to expand the range of possible solutions, taking into account the general criteria for the development of technology, and the coverage of all possible solutions and selection the best of them through the use of the method of morphological analysis, functional-cost analysis and other system methods. A generalized structural system from the tested methods of solving problems at all stages of development and production of products is developed on this base and the rules of their application are substantiated, which allows us to judge the creation of the methodology. The proposed structural schemes, principles and techniques can be recommended to use for selection and solving the scientific and technical problems of any kind.

Keywords: methodology and systematic methods of solving scientific and technical problems.

Введение. Работа относится к сфере создания и совершенствования методологии решения научно-технических задач в машиностроении, в частности – инструментальном производстве.

В настоящее время сложность научно-технических задач растет, а большое количество ранее известных решений затрудняет поиск новых. Поэтому успешное решение новых научно-технических задач требует разработки системных принципов и методологий [1], облегчающих процесс поиска решений на всех этапах работ, от начальных – выбора и постановки задачи, до получения конечного результата. При этом разработка методологии включает методы и правила отбора и преобразования исходной информации в создаваемый конечный продукт, что облегчает процесс мышления

пользователя, который достаточно сложен и зависит от его креативных (творческих) способностей.

Решению данных проблем посвящено большое количество научных работ, библиография которых содержит десятки наименований, большинство из них приведено в [1, 2]. Однако в сфере инструментального производства они решены недостаточно полно, поэтому в данной работе основное внимание уделено ранее выполненным в данной сфере работам автора [3, 4], в которых созданы отдельные элементы методологии, однако в общем виде она до сих пор не представлена.

Анализ состояния проблемы, выбор цели и задач исследований. Общая разработка методологии предусматривает создание строгой иерархической системы, состоящей из применяемых методов, методик и

правил их применения. Одним из наиболее сильных системных методов является предложенный в работе [3] метод комплексной алгоритмической разработки и производства продукции (КАРПП). Его достоинством является обязательный учет на начальном этапе решения поставленных задач запросов и возможностей технико-экономического уровня развития общества (рис. 1), которые обеспечиваются:

1. Уровнем потребления.
2. Уровнем экономики.
3. Уровнем науки.
4. Уровнем техники.
5. Уровнем производства.

Только учет всех этих факторов обеспечивает возможность успешного решения поставленных задач. При этом их влияние является не только комплексным, но и взаимосвязанным, поскольку новые запросы вызывают развитие новых возможностей, а новые возможности – расширяют комплекс запросов, в т.ч. в социально-культурной и общественно-политической сферах, которые вытекают из общих требований реальной жизни. Степень их развития влияет на фактор времени в решении возникающих научно-технических задач – чем выше потребность общества, уровень развития его экономики, науки, техники и технологий, тем быстрее может быть решена выбранная задача.

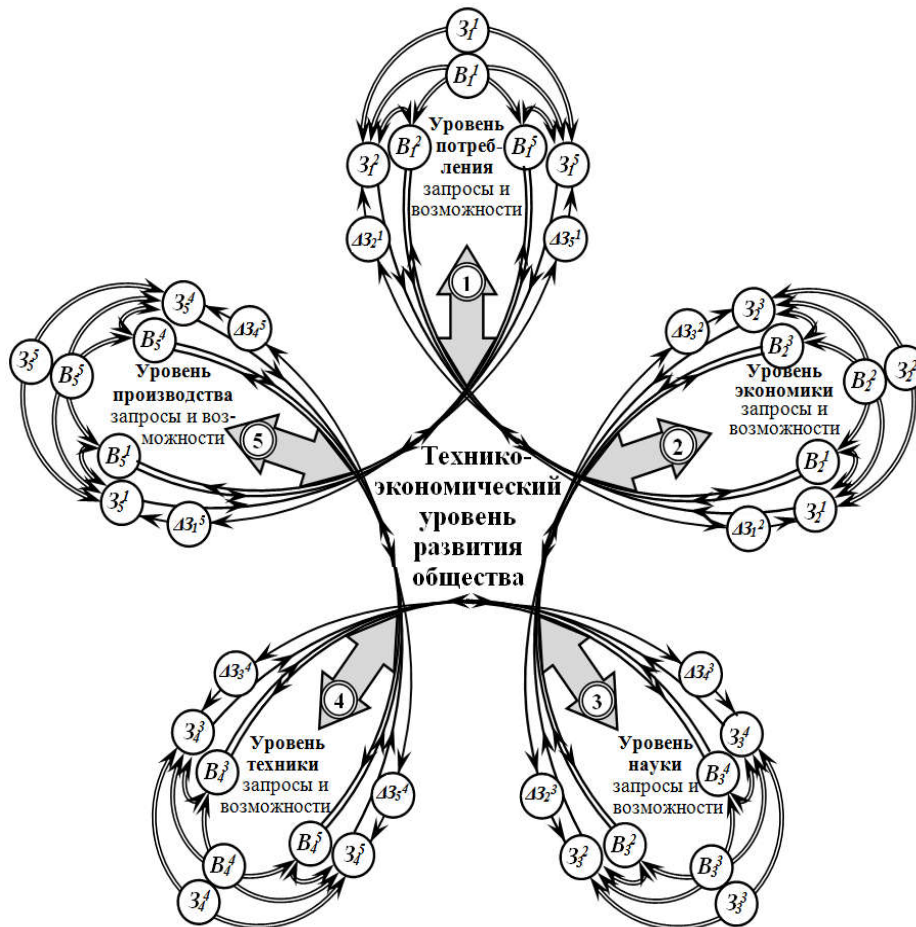


Рис. 1 – Многолепестковая обобщенная структурная модель макросистемы технико-экономического развития общества

Вторым достоинством КАРПП является учет всех этапов жизненного цикла создаваемых технических систем в 2-х триединых взаимосвязанных комплексах: 1) проектировании, конструировании и производстве, 2) эксплуатации, ремонте и утилизации (рис. 2), которые вытекают из принципов, предложенных в работе [5].

Третьим достоинством метода КАРПП является использование АРИЗ [6], метода морфологического анализа [7], функционально-стоимостного анализа [8] и других системных методов поиска решений [9, 10].

На этой базе *первый раздел в предлагаемой методологии* включает выбор задачи и определение ее социально-экономической потребности для общества, которая влияет на фактор времени ее решения. Однако в работе [4] начальный этап КАРПП был дополнен анализом 5-ти уровней сложности решаемых задач, схема

которых показана в табл. 1 и составляет *второй раздел в предлагаемой методологии*.



Рис. 2 – Обобщенная структурная схема жизненного цикла объектов техники и их взаимного влияния

Таблица 1 – Иерархия уровней сложности основных типов научно-технических задач и их сущность

Уровень сложности	Характеристика творческих задач данного уровня сложности	Компоновка блоков и правил их составления
1	Решаемая задача может быть скомпонована из известных исходных элементов и блоков А, Б, но неизвестен результат этих компоновок и их комбинаций.	
2	Требуется компоновка известных исходных элементов и блоков А, Б в комбинации по еще неизвестным правилам.	
3	Нет полного набора известных исходных элементов и блоков А, Б, но есть подобные а, б и известны правила, по которым их можно преобразовать в исходные.	
4	Нет полного набора известных исходных элементов и блоков А, Б, но есть подобные а, б, однако правила, по которым их можно преобразовать в исходные, неизвестны.	
5	Неизвестны ни элементы, ни блоки, ни правила, по которым можно сформировать исходные блоки, а также правила их преобразования в новые блоки и их комбинации, есть лишь условия непротиворечивости известным законам природы и общим принципам развития материального мира (уровень научных открытий).	

Согласно схем, приведенных в данной таблице, найдены структурные формулы (1)...(5), отражающие сущность творческого мышления (ТМ), сложность которого возрастает с 1-го (+) по 5-й (5+) уровни:

$$1\text{-й уровень} \quad \text{ТМ} = (A + B = ?)^+ \quad (1)$$

На 1-м уровне известна исходная информация А, Б и правила (символ +) для ее комбинирования, а неизвестны (символ ?) результаты комбинирования и полученные при этом свойства и признаки новых систем.

$$2\text{-й уровень} \quad \text{ТМ} = (A ? B = ?)^{2+} \quad (2)$$

На 2-м уровне правила (способы) комбинирования признаков А, Б неизвестны, поэтому их необходимо создать.

$$3\text{-й уровень} \quad \text{ТМ} = (a \rightarrow A ? b \rightarrow B = ?)^{3+} \quad (3)$$

На 3-м уровне элементы А и Б неизвестны, но их можно создать на базе подобных а, б, по известным правилам (символ →).

$$4\text{-й уровень} \quad \text{ТМ} = (a ? A ? b ? B = ?)^{4+} \quad (4)$$

На 4-м уровне правила преобразования подобных элементов а, б в исходные А и Б неизвестны и их требуется создать.

$$5\text{-й уровень} \quad \text{ТМ} = (?????? = ?)^{5+} \quad (5)$$

Для задач 5-го уровня сложности – исходная информация А, Б, а, б и процедуры поиска решений являются нечеткими и неопределенными (?), поэтому принято считать, что их поиск полностью зависит от уровня знаний, интуиции и психологической готовности разработчика к восприятию и созданию новых идей (креативности), что сложно поддается формализации в рамках создания методологических систем.

Таким образом, сложность решения научных задач от уровня к уровню нарастает. Если на 1-м уровне сложности формализация процесса поиска новых решений может быть решена на основе известных исходных данных А и Б путем перебора в матрице 1 всех возможных вариантов комбинаций и их анализа, то для задач 2-го уровня сложности требуется синтез матрицы 2 – действий (способов преобразований). На 3-м уровне кроме матрицы 1 желаемых элементов А, Б формируется матрица 3 – из подобных элементов *a*, *b*. Однако процесс их поиска затруднен неочевидностью связи элементов *a*, *b* с элементами А, Б, что в свою очередь усложняет выбор правил их преобразования. На 4-м уровне – сложность решения дополнительно повышается неопределенностью правил преобразования исходных данных *a*, *b* в требуемые А, Б, что требует учета и составления всех возможных вариантов и их комбинаций в матрице 4.

Для задач 5-го уровня сложности нет требуемых исходных элементов и информации для выбора путей их преобразования, что связывает их с научными от-

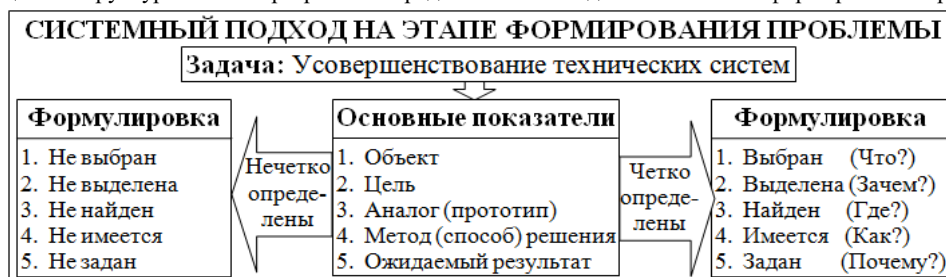
крытиями. Однако выбор исходной информации А, Б, *a*, *b* и процедур поиска решений возможен в рамках общих принципов непротиворечивости новых данных известным ранее достоверным законам материального мира и общим принципам его структурирования по уровням, а также логичности развития новых данных на базе известных ранее.

Примеры решения таких задач предложены автором в работах [11, 12]. Переход от макро уровня к микро- и нано уровню технологического воздействия предложен в рамках функционально-ориентированных технологий (ФОТ), приведенных в работе [13].

При этом следует учесть, что в основном сфера инструментального производства ограничена 1–3-м уровнями сложности решаемых научно-технических задач.

Третий раздел предлагаемой методологии связан с систематизацией действий на этапе формирования решаемой проблемы, предусматривающий выделение ее основных исходных показателей, которые должны быть четко определены (табл. 2).

Таблица 2 – Структурная схема разработки предлагаемой методологии на этапе формирования проблемы



Четвертый раздел в предлагаемой методологии предусматривает уточнение цели, задач и возможных результатов решаемой проблемы с учетом реальных факторов, влияющих на ее решение. Он наиболее сложен в формализации при разработке методологии и зависит от опыта, широты взглядов исследователя и способности его к обдуманному риску, поэтому данный этап разрабатывается им самостоятельно.

Пятый раздел в предлагаемой методологии предусматривает расширение круга возможных задач решаемой проблемы путем комбинаторики исходных данных, общие принципы которой рассмотрены в работе [4]. Количество новых решаемых задач при этом существенно расширяется.

Шестой раздел в предлагаемой методологии предусматривает анализ экономических возможностей решения поставленной проблемы и обоснование лучшего из возможных вариантов экономии средств.

Седьмой раздел в предлагаемой методологии предусматривает анализ известных научно-технических путей решения поставленной проблемы и разработку возможных вариантов на базе новых научных идей.

Восьмой раздел в предлагаемой методологии предусматривает анализ имеющейся производственной базы для решения поставленной проблемы и разработку новых возможных вариантов.

Девятый раздел в предлагаемой методологии предусматривает выбор критериев совершенствования разрабатываемой техники на базе структурной схемы, приведенной в табл. 3, с ранжированием критериев по общим принципам [14]. При этом наивысший ранг

должны иметь социальные критерии – безопасность, экологичность, эргономичность и утилизируемость выпускаемой продукции, включая технологии ее производства и эксплуатации. Затем ранжируются функциональные критерии, т.к. в первую очередь техническая система должна выполнять свои функции, а далее ранжируются экономические критерии.

Десятый раздел в предлагаемой методологии предусматривает применение метода морфологического анализа для решения поставленных проблем в рамках систем, предложенных в работах [7, 15]. При этом обеспечивается возможность полного охвата всех возможных вариантов технических решений и выбор лучших из них. Рекомендуется также усиление метода морфологического анализа элементами АРИЗ [6, 15] и другими системными методами [9, 10].

Одиннадцатый раздел в предлагаемой методологии предусматривает применение метода функционально-стоимостного анализа для решения поставленных проблем в рамках систем, например предложенных в работе [8].

Двенадцатый раздел в предлагаемой методологии предусматривает выбор лучших конечных результатов по отдельно выбранным критериям и их совокупности, в рамках общих принципов решения оптимизационных задач, например предложенных в работе [16]. В первую очередь должны отбираться найденные решения, которые полностью реализуют поставленную цель проектирования. Общая структурная схема взаимосвязи основных разделов предлагаемой методологии и их содержание приведены на рис. 3. Исключение какого-либо из этапов и разделов разрушает ее целостность.

Таблица 3 – Структурная схема основных критериев для проектирования технических систем в КАРПП

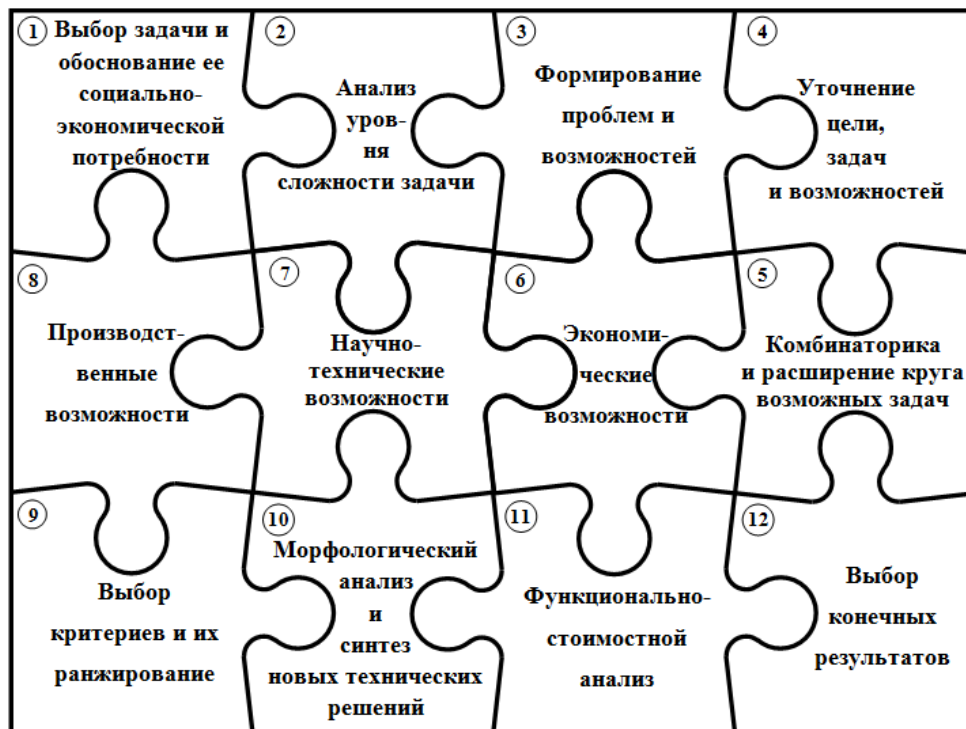


Рис. 3 – Структурная схема предлагаемой методологии проектирования технических систем

Структурная схема предлагаемой методологии является открытой и допускает дальнейшее развитие и усовершенствование. Ее применение существенно облегчает процесс разработки и производства новых технических систем и возможно не только в сфере инструментального производства, но и в других сферах, связанных с проектированием и производством продукции машиностроения. Поэтому она может быть рекомендована для широкого внедрения.

Выводы:

1. Проектирование и производство технических систем наиболее эффективно при использовании системных методов поиска новых технических решений, учитываю-

щих социально-экономические потребности общества, уровень его экономического и научно-технического развития. Для этого необходима разработка методологии, которая охватывает все этапы жизненного цикла технических систем, включая их проектирование, конструирование, производство, эксплуатацию, ремонт и утилизацию.

2. Разработка эффективной методологии должна предусматривать простую для использования систему, содержащую строгие методы и правила их применения на всех этапах работ, от начальных – выбора и постановки задачи при проектировании, до получения конечного результата при производстве продукции.

3. При выборе технического объекта необходимо определять уровень его сложности, с последующим

уточнением всех составляющих его элементов, их функций и показателей для достижения желаемых и реальных возможностей, с выделением и уточнением возникающих при этом проблем и задач.

4. Комбинаторика составляющих элементов и их свойств расширяет поле возможных новых технических решений, а учет функциональных, технологических, экономических и социальных критериев – уточняет реальные возможности их совершенствования.

5. Для охвата всего поля возможных вариантов решений предлагаемая методология предусматривает применение метода морфологического анализа, усиленного элементами АРИЗ, а для окончательного выбора конечных результатов – дополнительного применения функционально-стоимостного анализа для лучших вариантов.

6. Предлагаемая методология повышает научно-технический уровень разработок любых систем и одновременно облегчает этот процесс. При этом возможно создание принципиально новых материалов и техники с заранее неизвестными признаками и свойствами на уровне научных открытий, для которых пока еще не найдены ни компоновочные элементы, ни технологии их производства и сферы их применения, и недостаточны сведения о входящей, промежуточной и исходящей информации.

Список литературы

- Кузнецов Ю. М., Скляр Р. А. *Прогнозування розвитку технічних систем*. Київ: ТОВ "ЗМОК" – ПП "ГНОЗИС", 2004. 323 с.
- Прокопчук Ю. Н. *Набросок формальной теории творчества*. Днепр: ГВУЗ "ПГАСА", 2017. 452 с.
- Настасенко В. А. Основные принципы синтеза системы комплексно-ориентированной разработки и производства продукции (КОРПП). *Вісник національного ун-ту "ХПИ". Серія "Проблеми механічного приводу"*. Харків, 2016. № 23 (1195). С. 108–114.
- Настасенко В. А. Системные принципы начального этапа выбора и разработки научно-технических задач. *Вісник національного ун-ту "ХПИ". Серія "Проблеми механічного приводу"*. Харків, 2017, № 25(1247). С. 114–119.
- Половинкин А. И. *Основы инженерного творчества*. Москва: Машиностроение, 1988. 368 с.
- Альтшуллер Г. С. *Алгоритм изобретения*. Москва: Московск. рабочий, 1973. 296 с.
- Zwicky F. *Discovery, Invention, Research through the morphological Approach*. New-York: Macmillan Co., 1969. 265 p.
- Чумаченко Н. Г., Дегтярева В. М., Игумнов Ю. С. *Функционально-стоимостной анализ*. Київ: Вища шк. 1985. 223 с.
- Чус А. В., Данченко В. Н. *Основы технического творчества*. Київ: Вища шк. 1983. 184 с.
- Дитрих Я. *Проектирование и конструирование: Системный подход*. Москва: Мир, 1981. 456 с.
- Настасенко В. О. Аналіз гранично можливих шаруватих структур. *Фізика і хімія твердого тіла*. Івано-Франківськ: Прикарп. нац. ун-т, 2006. Т.7, №4. С.793–797.
- Настасенко В. О., Настасенко О. В. Аналіз максимально можливої швидкодії та пам'яті комп'ютерів. *Фізика і хімія твердого тіла*. Івано-Франківськ: Прикарп. нац. ун-т, 2006. Т.7, №2. С.381–385.
- Михайлов А. Н. *Основы синтеза функционально-ориентированных технологий машиностроения*. Донецк: ДонНТУ, 2009. 346 с.
- Мушик Э., Мюллер П. *Методы принятия технических решений. Пер. с нем.* Москва: Мир, 1990. 208 с.
- Настасенко В. А. *Морфологический анализ – метод синтеза тысяч изобретений. Изд 2-е, перераб и доп.* Херсон: Изд-во Айлант, 2015. 100 с.
- Адлер Ю. П., Маркова Е. П., Грановский Ю. В. *Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий*. Москва: Наука, 1971. 284 с.

References (transliterated)

- Kuznetsov Yu. M., Sklyarov R. A. *Prognozuvannya rozvitku tekhnichnykh system* [Forecasting the development of technical systems]. Kiev, TOV "ZMOK" – PP "GNOZIS" Publ., 2004. 323 p.
- Prokopchuk Y. N. *Nabrosok formal'noy teorii tvorchestva* [Outline of the formal theory of creativity]. Dnepr: GVUZ "PGASA" Publ., 2017. 452 p.
- Nastasenko V. A. *Osnovnyye printsipy sinteza sistemy kompleksno-orientirovannoy razrabotki i proizvodstva produktsii (KORPP)* [The basic principles of synthesis of a system of complex-oriented development and production (CODP)]. *Vestnik NTU "KPI". Seriya: Systemnyy analysis, management i informacionnye tehnologii* [Bulletin of NTU "KPI". Series: System analysis, management and information technologies]. Kharkov, NTU "KPI" Publ., 2016. No. 23 (1195). Pp. 108–114.
- Nastasenko V. A. *Sistemnyye printsipy nachalnogo etapa vybora i razrabotki nauchno-tekhnicheskikh zadach* [System principles of the initial stage of selection and development of scientific and technical problems]. *Vestnik NTU "KPI". Seriya: Systemnyy analysis, management i informacionnye tehnologii* [Bulletin of NTU "KPI". Series: System analysis, management and information technologies]. Kharkov, NTU "KPI" Publ., 2017. No. 25 (1247). Pp. 114–119.
- Polovinkin A. I. *Osnovih inzhenernogo tvorchestva*. [Fundamentals of engineering creativity] Moscow, Mashinostroenie Publ., 1988. 368 p.
- Aljtshtuller G. S. *Algoritm izobreteniya* [Algorithm invention]. Moscow, Moskovskijskiy rabochiy Publ., 1973. 296 p.
- Zwicky F. *Discovery, Invention, Research through the morphological Approach*. New-York: Macmillan Co., 1969. 265 p.
- Chumachenko N. G., Degtyareva V. M., Igumnov Yu. S. *Funkcional'no-stoimostnoy analiz*. [Functional-cost analysis]. Kyev, Vyscha shkola Publ., 1985. 223 p.
- Chus A. V., Danchenko V. N. *Osnovih tekhnicheskogo tvorchestva*. [Fundamentals of technical creativity]. Kyev: Vyscha shkola Publ., 1983. 184 p.
- Ditrikh Ya. *Proyektirovaniye i konstruirovaniye: Sistemnyy podhod*. [Design and construction: Systemic expedition]. Moscow, Mir Publ., 1981. 456 p.
- Nastasenko V. O. *Analiz predelno mozlivih sharuvatih structures*. [Analyze of the most possible layered structures]. *Fizika i himiya tverdogo tila* [Physics and Chemistry of Solid State]. Ivano-Frankivsk, Prykarp. nat. Un. Publ., 2006. T.7. No. 4, pp.793–797.
- Nastasenko V. O., Nastasenko O. V. *Analiz maksimalno mozlivoi shvidkodii ta pam'jati computeriv*. [Analyze maximal possible of computer speed and memory]. *Fizika i himiya tverdogo tila*. [Physics and Chemistry of Solid State]. Ivano-Frankivsk, Prykarp. nat. Un. Publ., 2006. T.7. No. 2, pp. 381–385.
- Mikhayjlov A. N. *Osnovih sinteza funkcional'no-orientirovannikhk tehnologiy mashinostroeniya*. [Fundamentals of synthesis functionally oriented technologies]. Doneck: DonNTU Publ., 2009. 346 p.
- Mushik E., Myuller P. *Metody prinyatiya tekhnicheskikh resheniy* [Methods of making technical decisions] Per. s nem. Moscow, Mir Publ., 1990. 208 p.
- Nastasenko V. A. *Morfologicheskij analiz – metod sinteza tihsyach izobreteniy*. [Morphological analyze – methods synthesis thousand's of inventions]. Kherson, Ayjlant Publ., 2015. 100 p.
- Adler Yu. P., Markova Ye. P., Granovskiy Yu. V. *Planirovaniye eksperimenta pri poiske optimal'nykh usloviy*. [Planning of the experiment in the search for optimal conditions]. Moscow, Nauka Publ., 1971. 284 p.

Поступила (received) 16.06.2018

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Настасенко Валентин Олексійович (Настасенко Валентин Алексеевич, Nastasenko Valentin Alexeevich) – кандидат технических наук (PhD in Eng. S.), доцент, Херсонська державна морська академія, професор кафедри транспортних технологій; м. Херсон, Україна; тел.: +38-050-807-91-99; e-mail: nastasenko2004@ukr.net