

В.В. ИВАНОВ

ЭВРИСТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В
МАШИНОСТРОЕНИИ

МОНОГРАФИЯ

V. IVANOV

HEURISTIC MODELS IN
ENGINEERING

MONOGRAPH

В.В. ИВАНОВ

ЭВРИСТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

МОНОГРАФИЯ

Рекомендовано к печати ученым советом
Одесского национального политехнического университета
протокол № 2 от 23 октября 2012г.

Наука и техника 2012

УДК 621.081.001

ББК 34.42

1201

Рецензенти:

Л.В. Коломієць д.т.н. проф. (ректор Одеської державної академії технічного регулювання та якості)

А.В. Усов д.т.н. проф. (завідувач кафедри вищої математики та моделювання систем)

Іванов В.В., Евристичні моделі в машинобудуванні / В.В. Іванов. — Одеса: Наука і Техніка, 2012. — 234с. ISBN

Монографія адресована вченим, які працюють у царині моделювання систем, зокрема моделювання трансмісій; винахідникам, а також спеціалістам з проектування трансмісій. В монографії розглянуті три складові сучасного процесу проектування: евристичні методи, САПР та методи конструювання. Детально представлені евристичні методи орієнтовані на невелику групу проектувальників або, навіть, одного. Розроблені автором нові евристичні методи та модель процесу проектування проілюстровані на прикладах проектування варіатору, редукторів, передач, підшипників тощо.

Рекомендовано до друку вченою радою
Одеського національного політехнічного університету
протокол № 2 от 27 октября 2012г.

ISBN

В.В. Іванов

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....9

**ГЛАВА I. КЛАССИФИКАЦИЯ ЭВРИСТИЧЕСКИХ
МЕТОДОВ И ПРИЕМОВ, ПОНЯТИЕ ЭВРИСТИЧЕСКОЙ
МОДЕЛИ.....22**

1.1. Основные понятия и определения22

1.2. Классификация эвристических методов.....39

1.3. Классификация эвристических приемов.....51

1.4. Типы математических моделей применительно к
стадиям проектирования68

**ГЛАВА II. ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ
ЭВРИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ.....82**

2.1 Обобщенный и модифицированный методы активизации творческой деятельности82

2.2 Обобщенный и модифицированный методы исследования структуры проблемы.....104

2.3 Обобщенный и модифицированный методы оценки вариантов конструктивного решения.....117

2.4 Построение моделей коническо-цилиндрического редуктора и их оценка с использованием модифицированных методов.....130

2.5 Метод трансформации моделей трансмиссий с использованием графов144

2.6 Построение модели разрушения трансмиссии, с использованием модифицированного метода активизации творческой деятельности.....162

**ГЛАВА III. МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА
ПРОЕКТИРОВАНИЯ.....180**

3.1 Структура САПР используемых при проектировании трансмиссий.....180

3.2 Модель процесса проектирования.....201

3.3 Модели зубчатого вариатора на разных стадиях проектирования.....219

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ242

CONTENTS

INTRODUCTION.....	9
CHAPTER I. THE CLASSIFICATION OF HEURISTIC METHODS AND HEURISTIC TECHNIQUES, THE CONCEPT OF HEURISTIC MODEL.....	9
1.1. Basic concepts and definitions.....	22
1.2. The classification of heuristic methods.....	39
1.3. The classification of heuristic techniques.....	51
1.4. Types of mathematical models according to the stage designing.....	68

CHAPTER II. THE RESEARCH OF THE HEURISTIC METHODS STRUCTURE.....	82
2.1 Generalized and modified methods of enhancing creativity.....	82
2.2 Generalized and modified researching methods of structure and its problems.....	104
2.3 Generalized and modified methods of rating variational constructive solutions.....	117
2.4 The construction of a helical bevel gear models and theirs assessment according to the modified methods.....	130
2.5 Method of transmission transformational models using graphs.....	144
2.6 The construction of model of the transmission deconstruction, using a modified method of creativity activation.....	162
 CHAPTER III. THE MODEL OF DESIGNING PROCESS.....	 180
3.1 The Structure of CAD that is used by designing of transmissions.....	180
3.2 The model of designing process.....	201
3.2 The Model of CVT gear at different levels of the designing.....	219
 REFERENCES.....	 242

ВВЕДЕНИЕ

Термины «эвристика» и «эвристические методы» имеют много различных толкований и используются в таких отраслях знаний: САПР, машиноведении, педагогике, философии, психологии и т.д. Под эвристикой в философских работах понимают науку, предметом которой является процесс решения проблемы в условиях неопределенности. Другой аспект эвристики — раздел науки о мышлении. Еще одно толкование связано с педагогикой, так под эвристикой часто понимают способ обучения. Понятие эвристика, также широко используется в кибернетике, где оно трактуется как эвристический алгоритм. Также используется термин «эвристическое программирование» — способ написания программ для компьютера.

В нашем исследовании рассматривается еще один аспект понятия эвристики, используемый при проектировании в машиностроении. Необходимо сформировать терминологическую базу для данного аспекта, пригодную для

описания проектирования машиностроительных изделий, и в частности, трансмиссий.

В прошлое ушли регламентированные формы организации процесса проектирования с огромными коллективами сотрудников проектных бюро, в штате которых имелись патентные и библиотечные отделы. В настоящее время вместо них над проектом работают несколько или, иногда, один проектировщик. Как правило, в процессе работы над проектом конструктор испытывает дефицит информации и времени. Существует вероятность того, что конструкция, которую он разрабатывает, уже запатентована, и даже, возможно, готовится к выпуску машина, аналогичная его проекту. Однако, решение проектировщик должен принять здесь и сейчас, поэтому, как говорится, велосипед изобретался неоднократно и не раз еще будет изобретен.

Деятельность любого инженера проектировщика носит эвристический характер и он, по сути, является изобретателем, хотя, быть может, ни одного патента не имеет. Это дает нам право утверждать, что применение эвристических методов в процессе проектирования, является актуальным и будет повсеместно востребовано.

Наряду с использованием эвристических методов отличительной особенностью современного процесса проектирования является применение CAD/CAM/CAE систем. Так, программные комплексы, реализующие CAD, обеспечивают повышение производительности труда проектировщика, не внося изменений в процесс проектирования. Использование модулей CAE и библиотек стандартных: конструкционных материалов, деталей, технологических элементов позволяет на стадии технического предложения создать математическую модель проектируемой трансмис-

сии, без тщательной проработки вариантов ее схемы. А также, провести инженерные расчеты и решать задачи исследования (динамики механизмов, тепломассообмена, напряженно-деформированного состояния) для всех деталей и узлов трансмиссии до формирования эскизного проекта. Таким образом, проектировщик имеет в своем распоряжении расчетные возможности, которые не всегда необходимо использовать в полном объеме.

Программные комплексы автоматизированного проектирования и эвристические методы являются двумя неотъемлемыми составляющими современного процесса проектирования. Использование CAD/CAM/CAE систем освобождает проектировщика от рутинной работы и дает дополнительные возможности для математического моделирования трансмиссий. Эвристические методы позволяют рационально использовать высвободившееся время. Эти методы в сочетании с расчетными возможностями CAE систем позволяют создавать модели проектируемых трансмиссий на более ранних стадиях проектирования.

Считаем, что третьей составляющей процесса проектирования являются методы конструирования. Методам конструирования ранее уделялось большое внимание, однако, рекомендации по их использованию пока еще недостаточно формализованы, также отсутствуют четкие указания относительно последовательности применения тех или иных методов на различных стадиях проектирования.

С помощью традиционных методов очень сложно построить модель трансмиссии в условиях ограничения временных, материальных и трудовых ресурсов, поэтому в последние годы наблюдается повышенный научный и практический интерес к эвристическим методам построения моде-

лей трансмиссий. Эвристические методы могут быть использованы не только для построения моделей трансмиссий, но и для создания модели процесса проектирования. Модель процесса проектирования должна включать использование эвристических методов, модулей САЕ программных комплексов и методов конструирования, применительно к определенным стадиям проектирования. Именно такой интегральный подход к созданию модели процесса проектирования является, по нашему мнению, актуальным.

Исследователи по-разному определяют количество существующих эвристических методов. Одни называют лишь несколько методов, а другие — сотни. Известны разные подходы к классификациям эвристических методов. До сих пор не сформировано однозначное представление о структуре эвристического метода. Так, в зависимости от области применения метода, его составляющими считают набор принципов, совокупность шагов или операций. В психолого-педагогических исследованиях составляющие метода представляют собой эвристические приемы.

Для эффективного использования эвристических методов при проектировании трансмиссий необходима их четкая классификация. Нами разработана классификация, основанная на анализе структуры этих методов, с выделением эвристических приемов, которые в них используются. Такой анализ позволяет из большого количества эвристических методов, описанных в литературе, отобрать наиболее содержательные и оригинальные. Следующим фактором отбора эвристических методов является их пригодность для проектирования трансмиссий. Получив перечень эвристических приемов, используемых в пределах выбранной группы методов, нами сформирован один обобщенный метод,

включающий все методы данной группы. Обобщенный метод ориентирован на решение задач, соответствующих определенному этапу проектирования.

В публикациях английских и американских авторов процесс проектирования разделяется на три этапа: дивергенция, трансформация и конвергенция. В Украине по стандарту процесс проектирования делится на стадии: техническое задание; техническое предложение; эскизный проект; технический проект; рабочий проект. Соответственно эвристические методы привязаны либо к стадиям, либо к этапам проектирования. Необходимо установить соответствие между этапами и стадиями, а также соответствующими им группами методов и типами моделей.

С помощью созданной нами аксиоматической базы удалось разбить все известные методы на три группы: активизации творческой деятельности, исследования структуры проблемы и оценки вариантов конструктивного решения. Данные группы методов соотносятся со следующими стадиями проектирования: техническое предложение; эскизный проект и технический проект.

Представление эвристического метода, как совокупности эвристических приемов и процедур, позволило свести большое количество, описанных в литературе методов, к нескольким в пределах каждой группы. Часто различные эвристические методы содержат одни и те же эвристические приемы, так, например, методы фокальных объектов, гирлянд случайностей и ассоциаций, свободных ассоциаций, переключение стратегий и др. содержат эвристический прием — использование случайных ассоциаций. Методы гирлянд случайностей и ассоциаций, синектики, аналогий, эмпатии содержат эвристический прием — использование

четырёх типов аналогии. Методы гирлянд случайностей и ассоциаций, а также морфологического анализа, содержат эвристический прием — использование матриц.

Методы, относящиеся к соответствующей группе, состоят из ограниченного набора эвристических приемов. Так, в группе методов активизации творческой деятельности таких приемов шесть. Учитывая, что число эвристических приемов, используемых во всех методах активизации творческой деятельности, невелико, можно рекомендовать применение данных шести приемов в одном методе. Это позволило сформулировать обобщенный метод активизации творческой деятельности, заменяющий все рассмотренные эвристические методы и включающий все выявленные приемы, применяемые в определенной последовательности.

Проектирование трансмиссий одним или несколькими проектировщиками накладывает определенные ограничения на использование обобщенного метода активизации творческой деятельности. С учетом этих ограничений предложены модифицированные варианты обобщенных эвристических методов для каждой стадии проектирования.

При решении поставленной задачи проектировщик выполняет определенную последовательность действий. Эти действия, в зависимости от отрасли знаний, называют приемами, операциями или процедурами. Нами дано следующее определение: эвристический прием это процедура, содержащая операции, которые требуют участия проектировщика.

Определённую последовательность действий принято называть алгоритмом. Проектировщик выполняет набор процедур, некоторые из них — эвристические приемы. Од-

нако последовательность, включающая эвристический прием не может быть реализована в виде программы, так как содержит процедуры, выполняемые непосредственно проектировщиком, поэтому такое множество процедур точнее назвать эвритмом.

Множество процедур, выполняемых проектировщиком, будет различным при проектировании подъемного крана или металлорежущего станка. Но существует некое инвариантное к объекту проектирования множество процедур, которое выполняется всегда. В данной книге рассмотрено инвариантное множество процедур для проектирования трансмиссий

Для решения специфических задач проектирования инвариантное множество должно быть объединено с дополнительным множеством для создания модели конкретного типа трансмиссии.

В качестве примера рассмотрен процесс проектирования зубчатого вариатора, который включает в себя его различные модели на соответствующих стадиях проектирования. Рассмотрены примеры применения разработанных модифицированных методов при проектировании и анализе отказов трансмиссий. Представлены эвристические модели редукторов на разных стадиях проектирования, с использованием модифицированных методов.

Применение разработанных методов позволило создать новые конструкции редукторов, подшипников, передач. Построена модель судовой винто-рулевой колонки, с использованием модифицированного метода активизации творческой деятельности и дан анализ причин возникновения повреждений.

INTRODUCTION

The terms "heuristic" and "heurisms" or heuristic methods have a lot of different interpretations and are used in such branches of knowledge as: CAD, Engineering, pedagogy, philosophy, psychology, etc. Philosophy sees the heuristics as a science, which object deals with the process of solving problems in the indefiniteness. The science of thinking is another one aspect of the heuristic. According to the pedagogical point of view the heuristic is the teaching method. The concept "heuristics" is also widely used in cybernetics, where it is treated as a heuristic algorithm. It is also often used a term "heuristic programming, which means a way to write computer programs.

In our research, we also consider another aspect of the concept "heuristics" that is used by the designing of mechanical engineering. It is necessary to establish the terminology base for this aspect, suitable for describing the design of engineering

products, and in particular, for describing the design of transmissions.

The regulated forms of organization of the design process with huge groups of employees in project offices, where there used to be big library departments have gone. Nowadays instead of that huge bunch of people, a few or sometimes even only one designer could work on a project. As a rule while working on a project a designer always has lack of time and information. There is a possibility that the construction that he works on, has been already patented, and even a mechanism (a machine) which is alike his project, might be getting ready to be released. However, the designer has to take a decision here and now, so to say, the bicycle has been invented time to time and it will be surely invented all over again.

Activities of any engineer designer is heuristic and it is, in fact, is the inventor, though, perhaps, he doesn't have any patent. That allows us to affirm that the use of heuristics in the design process is relevant and will be still in demand.

Along with the use of heuristic methods distinguishing feature of the modern design process is the use of CAD/CAM /CAE systems. Thus, software systems that implement CAD, improve designer's labour productivity, without changes to the design process. Using modules and libraries of standard CAE: construction materials, components, technology elements allows to create a mathematical model of the planned transmission already at stage of technical proposal, without careful consideration of the scheme options. And also, it allows to prosecute engineering analysis and problem solving research (of dynamics of mechanisms, of heat and mass transfer, of the stress-strain state) for all parts and components of the transmission to the formation of conceptual design (draft). In

such way, the designer has features that are not always necessary to use in their whole size.

CAD software systems and heuristic methods are the two essential components of the modern design process. Heurism allows using the released time rationally. These techniques, combined with design features CAE systems allow you to create models of a transmission in the earlier stages of design.

We believe that the methods of construction are the third component of the designing process. It didn't used to pay much attention to the methods of construction however, recommendations how to use them haven't been formed enough yet, there are also no clear guidelines how and in which order to use different methods at different stages of the designing.

It is quite difficult to build a transmission model on conditions of a limited time, lack of material and human resources, so in recent years there has been increased scientific and practical interest to heuristic methods of modeling transmissions. Heuristic methods can be used not only for modeling transmissions, but also to create a model of the design process. Model of the design process should include the use of heuristic methods, modules, CAE software systems and construction methods by certain stages of designing. In our opinion namely such an integrated approach by creating a model of the design process is topical.

Different researchers define different number of heuristic methods. Some of them call only few methods, and others - hundreds. There are different approaches how to classify heuristic methods. There hasn't been formed a clear idea of the structure of the heuristic method yet. So, depending on where this method is going to be used, its constituents consider to be a set of principles, a set of steps or operations. In psychological

and educational research the heuristic techniques are main constituents of this method.

To make heuristic methods by the designing of transmissions more efficient, it is better to use a clear classification. We have worked up a classification based on the analysis of the structure of these methods we also have highlighted the heuristic techniques that are widely used in them. Such analysis allows you to choose of a large number of heuristic methods described in the literature, to select the most informative and original. Another one factor to choose the heuristic methods is the selection of heuristics is that they suit perfectly by designing of transmissions. After completing a list of heuristic techniques, used within the selected group of methods, we formed one generalized method, which includes all of the methods of this group. The generalized method is focused on the tasks corresponding to a certain stage of design.

In the publications of British and American authors the designing process is divided into three phases: divergence, transformation and convergence. In Ukraine the designing process is divided into such stages: requirements specification, technical proposal, preliminary design, detail design, working project. Accordingly, heuristic methods are attached to either the stages or to the designing phases. It is also very important to set a correspondence between the steps and stages, as well as their corresponding methods and model types.

With a help of our own established base axiomatic we managed to defeat all known methods into three groups: 1) methods to enhance creativity, 2) methods of studying the structure of the problem and optional evaluate of constructive solutions. These groups of methods correspond to the following methods of designing stages: technical proposal, conceptual design and technical design.

The presentation of heuristic method as a set of heuristic techniques and procedures made it possible to reduce a large number of the methods that has been already described in the literature, to several within each group. Often various heuristic methods contain the same heuristic techniques, for example, focal objects method, the method of garlands of coincidences and associations, free association, switching strategies etc. all of them include such a heuristic technique as a random associations. Garlands accidents and associations methods, synthetics, analogies, empathy contain heuristic techniques that inquire the use of four types of analogies. Garlands accidents and associations methods, as well as morphological analysis, contain such heuristic techniques as the use of matrices.

Method and techniques that are related to a certain group relevant to the group consist of a limited set of heuristic techniques. So there are six of techniques in the enhancing creativity techniques group. As though that the number of heuristic methods used in all methods of enhancing creativity is small, we can recommend the use of these six receptions in a single method. It made it possible to formulate a generalized method of enhancing creativity, that can replace all heuristic methods and it also includes all known techniques that are used in a certain sequence.

The designing of the transmission by one or several designers put some restrictions on the use of the generalized method of enhancing creativity. According to these restrictions there are certain modified variants of the generalized heuristic methods for each stage of the designing.

To solve some certain the problem the designer has to do some special sequence of actions. These actions, According to the branch of knowledge these actions might be called methods, operations or procedures. We use the following definition: a

heuristic technique is a procedure that contains the operations that require the participation of the designer

The term “algorithm” means a sequence of actions. Every designer performs a range of procedures some of them are the heuristic techniques. However, the sequence which includes heuristic techniques, can't be realized as a program, because it contains the procedures that should be done directly by the designer, that is why it is better to call such multitude of procedures an heuristic rhythm.

The number of procedures performed by the designer will be different in the design of the crane or machine tool. But according to the designing object there is some invariant of many procedures that are always to be done. This book examines the invariant set of procedures for the design of transmission.

The invariant multitude has to be combined with an additional multitude, that allows us to solve special designing tasks and to create a specific type of model transmission.

A very nice example is the process of designing a gear variator, which includes its various models at the certain stages of designing. We have also studied the examples how to use those modified methods while designing and analyzing of failure transmissions. There are some heuristic models of gear at different designing stages that use modified techniques.

With the help of the developed methods a new designing, gearboxes, bearings, gears were created. There was built a model of the ship's rudder and steering column, using a modified method for enhancing creativity and the analysis of the causes of damage.

ГЛАВА I

КЛАССИФИКАЦИЯ ЭВРИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ И ПРИЕМОВ, ПОНЯТИЕ ЭВРИСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

1.1 Основные понятия и определения

Понятие — эвристические методы используется в различных отраслях знаний: САПР, машиноведение, педагогика, философия, психология и имеет много толкований. В связи с этим рассмотрим отдельно понятия метод и эвристика. Понятие метод трактуется в энциклопедических словарях примерно однозначно.

«Метод (от греч. μέθοδος — «путь сквозь») — систематизированная совокупность шагов, которые необходимо

предпринять, чтобы выполнить определенную задачу или достичь определенной цели, способ постижения истины» [39].

«Метод (от греч . methodos - путь исследования теория, учение) — способ достижения какой-либо цели, решения конкретной задачи; совокупность приемов или операций, практического или теоретического освоения (познания) действительности» [126].

Для нашего исследования является важным упоминание того факта, что метод имеет определенную структуру, т.е. состоит из совокупности шагов или из совокупности приемов и операций. Дадим нашу трактовку определению понятия метода, оперируя терминами, принятыми в технических науках и, в частности, САПР.

Метод — это путь решения конкретной задачи, включающий совокупность приемов или операций.

Понятие эвристика также имеет большое число толкований.

В первую очередь необходимо отметить, что под эвристикой в философских работах понимают науку о возникновении новых идей, либо «методологическую науку, предметом которой есть решение проблемы в условиях неопределенности» [42].

Другой аспект эвристики это, несомненно, специальный раздел науки о мышлении. Именно такое понимание эвристики отражено в энциклопедических словарях.

«Эвристика — наука организации процесса продуктивного творческого мышления (эвристическая деятельность). В этом представлении эвристику понимают как совокупность присущих человеку механизмов, с помощью кото-

рых порождаются процедуры, направленные на решение творческих задач [145].

«Эвристика (др.-греч. εὐρίσκω «отыскиваю», «открываю») — наука, изучающая творческую деятельность [101]. Еще более определенно высказывается Я.А.Пономарев: «Психология научного творчества это эвристика» [124].

Психологическим основам творчества посвящены работы В.И.Андреева, П.Я.Гальперина, В.И.Крутецкого, Ю.М.Кулюткина, Д.А.Поспелов, А.Я.Пономарева, В.Н.Пушкина, Н.Роджерса и др.

Близок к такому пониманию эвристики и математик Д.Пойа, в его представлении эвристика это специальная отрасль знаний, которая раскрывает структуру творческого мыслительного процесса, используя личный опыт в решении задач и наблюдение за тем, как решают задачи другие люди [121].

Д.Пойа рассуждая об общих правилах, лежащих в основе поиска решений, опирался на проблемы, возникающие при решении математических задач [121].

На междисциплинарный статус эвристики обращал внимание Г.Я.Буш "Эвристика — это общенаучная теория решения проблемных задач, возникающих в человеческой деятельности и общении" [38].

Еще одно толкование эвристики связано с педагогикой. Под эвристикой часто понимают способ обучения, берущий свои истоки от сократовской майевтики «специальный метод обучения (сократовские беседы)», «эвристическое обучение, исторически начатое Сократом, состоит в предложении ученикам серии наводящих вопросов и примеров» [145].

В толковом словаре английского языка [182] под эвристикой понимают, в частности, метод дискуссии, одна из

трактовок термина «эвристический» дана как: «вдохновляющий человека, чтобы изучать, обнаруживать, понимать или решать проблемы по-своему, как экспериментируя, оценивая возможные ответы или решения, так и методом проб и ошибок: эвристический обучающий метод».

Такое понимание эвристики разделяют многие ученые-педагоги, А.В.Хуторской [148; 149], особо подчеркивает важность эвристической беседы, в ходе которой учащиеся подводятся к определенному выводу с помощью системы вопросов. Разработкой эвристики как психолого-педагогической проблемы занимались Ю.П.Кулюткин [107], В.И.Андреев [26;27], Ю.А.Палант [120].

Понятие эвристика, также широко используется в кибернетике. Начало работы по эвристическому программированию было положено американскими исследователями А.Ньюэллом, Г.Саймоном, Дж.Шоу, [177; 179]. Под эвристикой в кибернетике понимают эвристический алгоритм, также используется термин эвристическое программирование — способ написания программ для компьютера. В ряде публикаций [97; 99; 109; 104; 117; 128; 129; 133] отмечается, что именно использование компьютера дало мощный толчок применению эвристических методов в проектировании и подняло эвристику на новый уровень.

Взаимодействие эвристики и кибернетики действительно очень интересно и продуктивно, но не для эвристики, а для кибернетики. Почти во всех определениях подчеркивается, что эвристика это наука о законах мышления, о творчестве «эвристическая истина — это интуитивный ответ, который приходит в голову в виде идеи, приходит как озарение [51]. Постоянно противопоставляют интуитивное оза-

рение, свойственное только человеку, и логические, формальные процедуры.

По признаку детерминированности методы можно делить на эвристические и алгоритмические [37], инструментальные (эвристические) и рациональные (логические) методы [62].

Исследователи, которые занимаются эвристикой, добиваются формализации творческих задач и замены человека-проектировщика машинной программой. Но как только такой успех достигнут, как только какая-то часть процесса проектирования выполняется компьютером, то эта область задач проектирования, больше не изучается эвристикой. Так как эвристика это, в первую очередь: «Совокупность присущих человеку механизмов, с помощью которых порождаются процессы построения нового действия, направленного на достижение цели в новой для построенной системы ситуации» [22].

Сама же кибернетика постоянно использует алгоритмы принятия решений, свойственные человеку и живой природе вообще. Это касается наиболее общей проблемы кибернетики — создание искусственного интеллекта.

Эвристическими являются программы, которые моделируют интеллектуальную деятельность человека в процессе решения задачи. Однако термин эвристический используется и для программ поиска решений реализующих так называемые лабиринтные методы [109; 108; 109; 114].

Согласно лабиринтной модели задача представляется проектировщику в виде лабиринта возможных вариантов решения. Благодаря механизмам мышления человека, происходит быстрое отсекание всех неперспективных вариантов, и остаются варианты, содержит путь к выходу — рацио-

нальной конструкции. Однако данные психологии показывают, что решение задачи состоит отнюдь не только в выборе одного варианта из нескольких возможных. Более того, как отмечает В.Н. Пушкин, такая форма принятия решения не является типичной для человека. Решение творческой задачи, по-существу, представляет собой экстраполяцию в неопределенную область поиска [127].

Таким образом, термин эвристический для алгоритмов, реализующих лабиринтные методы, нам кажется не совсем оправданным, так как эвристическими являются задачи, решаемые на основе моделирования механизмов мышления человека либо задачи, решение которых не под силу компьютеру. Если задача находит решение посредством использования машинной программы, то такая задача перестает быть эвристической.

Подводя итог обзора понятий, связанных с эвристикой выделим различные аспекты этого понятия. Е.И.Скафа считает, что таких аспектов три: «кибернетический, который имеет направление на построение машинных программ; изобретательский, который служит для выдвижения творческих идей, научно-технических, рационализаторских и конструкторских решений; образовательный, основанный на философских и психолого-педагогических концепциях и связанный с разработкой методов организации продуктивной учебной деятельности обучаемых» [135].

Нам кажется, что философский и психологический аспекты необходимо рассматривать отдельно, и они являются наиболее общими — базовыми для других аспектов. Трудно сказать, можно ли выделить отдельно кибернетический аспект эвристики, хотя эвристический аспект кибернетики наверняка имеет право на существование. Может быть,

можно говорить о психолого-кибернетическом аспекте эвристики.

Несомненно, существует педагогический аспект, причем область применения наработок созданных учеными педагогами намного шире собственно процесса обучения. И, наконец, последний аспект связан с проектированием, частным проявлением проектирования является изобретательство. Философский и психологический аспект являются базой для кибернетического, педагогического и проектного аспектов. В нашем исследовании мы, конечно, будем рассматривать применение эвристики в процессе проектирования, но идеи и методы, существующие в других аспектах эвристики, должны быть тщательно изучены и по возможности использованы. Так, философский аспект предоставляет методологию построения эвристики, как научной дисциплины, психологический аспект дает представления о законах мышления человека, кибернетический аспект дает возможность постоянно сужать круг задач решаемых человеком, педагогический аспект является поставщиком методов изучения информации. Описанное взаимодействие данных пяти аспектов показано на рисунке 1.1.1 [160].

Е.И.Скафа употребляет термин изобретательский аспект. Многие исследователи понятие эвристический связывают с понятиями изобретение, изобретательский [135]. Так что, если в процессе проектирования не ставится задача получить решение, обладающее патентной чистотой, то в процессе проектирования не решаются эвристические задачи? Нет, это не так!

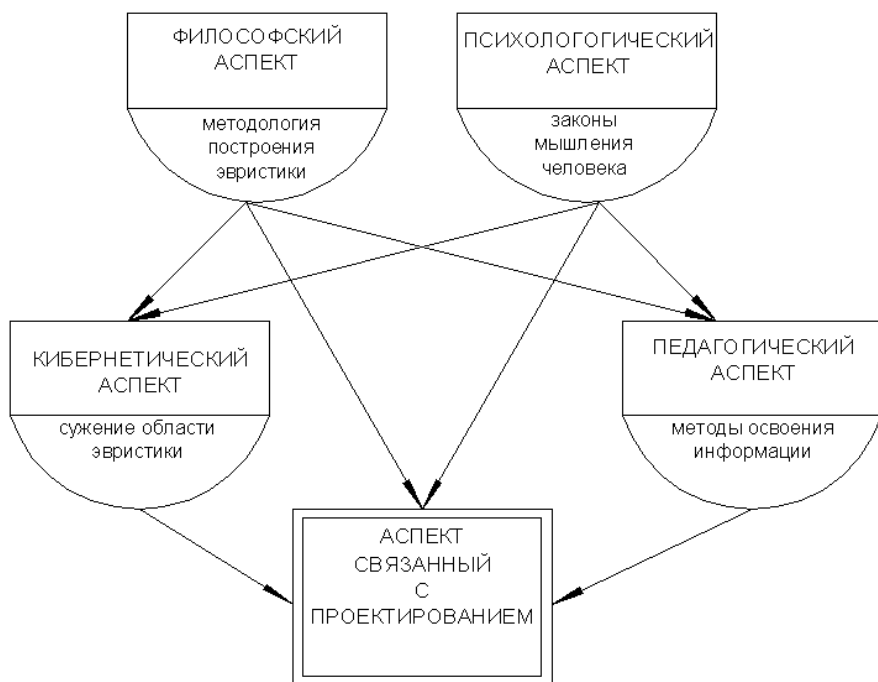


Рис.1.1.1. Взаимосвязь аспектов эвристики

Инженер-проектировщик поставлен в жесткие временные рамки. Кроме того, в прошлое ушли огромные коллективы проектных бюро, в штате которых были патентные и библиотечные отделы. В процессе работы над проектом инженер всегда испытывает дефицит информации и времени. Да действительно, может быть конструкция, которую он разрабатывает, запатентована в Бразилии. И, может даже, на одном из российских заводов готовится к выпуску машина основные отличительные особенности, которой, совпадают с техническими идеями машины, над которой работает конструктор. Но, решение проектировщик должен принять

здесь и сейчас. Поэтому велосипед изобретался неоднократно и не раз еще будет изобретен.

Деятельность любого инженера проектировщика эвристическая и он изобретатель, хотя, быть может, ни одного изобретения не имеет. Это дает нам право утверждать, что решение эвристических аспектов в процессе проектирования, является актуальным и будет повсеместно востребовано.

Возвращаясь к определению понятия, эвристика отметит, что для нас наиболее продуктивным являются определения связывавшие понятия эвристики и понятия метода, именно такое определение эвристики ближе всего к проблематике задач решаемых в процессе проектирования. Вновь обратившись к энциклопедическим словарям, находим такое толкование эвристики: «специальные методы решения задач (эвристические методы) которые обычно противопоставляются формальным методам решения, которые опираются на точные математические модели» [42], «метод ... изучения эвристической процедуры (методики)» [153], «специальные методы используемые в процессе открытия нового». [126], «методы, используемые при открытии новых концептов, идей и взаимосвязей между объектами и совокупностями объектов» [103].

Понятие эвристика раскрывается, с использованием понятия метод, также в публикациях [36; 62; 114; 103; 127; 145; 156]. Так, например, «связанный с разработкой методов организации продуктивной учебной деятельности обучаемых» [127], «эвристикой ... называют совокупность методов поиска решения задачи» [103], «метод поведения, помогающий достижению цели, но который не может быть четко охарактеризован, поскольку мы знаем, чего хотим, но не

знаем, как этого достичь, где лежит решение» [31]. Вместе с тем наряду с термином метод используются термины: эвристический алгоритм или просто эвристика, эвристический прием — эвристика, правило решения — эвристика, эвристика есть способ нахождения решения [125; 134; 160] Нам представляется, что более уместно использовать термин метод как более общий. Мы под эвристикой будем понимать следующее.

Эвристика — это совокупность методов интенсификации и организации мышления проектировщика.

Конечно, данное определение не исчерпывает всех аспектов понятия эвристика, Е.Е. Семенов сформулировал «аксиомы эвристики», которые в какой-то мере являются ее развернутым определением:

- эвристика есть способ нахождения большого набора задач, аналогия между которыми довольно далека от тождественности;
- эвристика дает возможность выбора различных вариантов решения, методов тех или других алгоритмов;
- понятие эвристики субъективно;
- эвристики позволяют ученику осуществлять обучение на более высоком уровне его познавательных возможностей.

Разберемся в понятии эвристические методы, которые исследователи понимают по-разному, не в последнюю очередь, из-за того, что являются представителями различных научных дисциплин. Кибернетический подход отстаивают И. Мюллер и Г.Я.Буш [36 — 39; 114]. Так согласно И. Мюллеру эвристические методы – последовательность предписаний или процедур обработки информации [114]. Г.Я Буш под эвристическими методами также понимает процедуры,

причем направленные на сокращение перебора вариантов, что соответствует лабиринтным методам эвристического программирования [37]. Наряду с сокращением перебора вариантов эвристическое программирование реализует также индуктивные методы решения задач «иногда в психологической и кибернетической литературе эвристические методы понимаются как любые методы, направленные на сокращение перебора, или как индуктивные методы решения задач» [98]. Также отмечается, что использование эвристических методов (эвристик) сокращает время решения задачи по сравнению с методом полного ненаправленного перебора возможных альтернатив; получаемые решения не являются, как правило, наилучшими, а относятся лишь к множеству допустимых решений» [98].

Как нам кажется, хотя такое понимание эвристических методов в программировании является общепринятым, сокращение перебора вариантов, реализуемое в лабиринтных методах, не соответствует понятию эвристического метода.

Не соответствует, в полной мере, пониманию эвристического и универсальный метод решения задач, предложенный Р.Декартом. Данный метод состоит из трех этапов:

- задача любого вида сводится к математической задаче;
- математическая задача любого вида сводится к алгебраической задаче;
- любая алгебраическая задача сводится к решению одного единственного уравнения.

Если задачу можно свести к математической, то есть построить математическую модель, то решение такой задачи под силу компьютеру.

Гораздо ближе к пониманию эвристического метода в других дисциплинах, определение, данное Д.А. Поспеловым и В.Н.Пушкиным [125 — 127]. «Если при обычном программировании программист перекодирует готовый математический метод решения в форму, понятную компьютеру, то в случае эвристического программирования он пытается формализовать тот интуитивно понимаемый метод решения задачи, которым, по его мнению, пользуется человек при решении подобных задач».

Важное указание, связывающее эвристический метод с реализацией опыта работы проектировщика содержится в энциклопедии: «Эвристическим программированием называют методы поиска оптимальных решений, основу которых составляют формализованные эвристики, причем под эвристикой понимаются методы отыскания нового». Под эвристическим приемом, эвристическим методом принято понимать прием, метод, представляющие стратегию принятия решения, найденные проектировщиком на основе своего опыта, имеющихся знаний и интуиции, позволяющие наиболее эффективно решать некоторый класс слабоструктурированных задач» [104]. Можно согласиться с такой схемой разработки методов эвристического программирования [109]:

- 1) изучение содержания соответствующего класса задач;
- 2) изучение приемов решения задач данного класса проектировщиком;
- 3) выявление закономерностей в решении человеком задач рассматриваемого класса;

4) формализация выявленных стратегий и приемов и построение, на этой основе, модели решения задач данного класса;

5) алгоритмическая реализация построенной модели.

Здесь каждый пункт является процедурой процесса проектирования метода (эвристического программирования), которая может содержать эвристические приемы — эвристики. Термин эвристический в таком случае оправдан, так как пункты 2—4 связаны с работой проектировщика, причем пункт два связан с аспектом проектировочно-эвристическим, пункт три с аспектом психолого-эвристическим, а пункт четыре и есть главная задача кибернетико-эвристического аспекта.

Педагогический подход к понятию эвристического метода отстаивает В.И. Андреев [26]. По его мнению, эвристические методы — это система эвристических правил деятельности педагога (методы преподавания) и деятельности ученика (методы учения). В.А. Оганесян эвристическим методом называет "наиболее общую систему подхода к решению данных заданий и проблем, которая направлена на приобщение учащихся к самостоятельным открытиям новых для них закономерностей в процессе познавательной деятельности, причем по правилам, аналогичным научному творчеству" [125]. Таким же образом дается определение данному понятию в энциклопедии [126] «Эвристический метод – применяется при обучении; он состоит в том, что ученика путем ряда вопросов наводят на решение проблемы, подлежащей рассмотрению. Этот метод применим во всех случаях, когда учитель имеет в виду не только выпросить ученика относительно затверженного, но и возбудить в ученике способность комбинировать известные данные».

Интересным представляется определение эвристического метода, данное Генри Армстронгом "эвристический метод ставит учащих в положение исследователя и позволяет открывать научные факты, вместо того, чтобы только слышать о них" [28]. В такой постановке, рекомендации, наработанные на основе применения эвристических методов в процессе обучения, могут быть непосредственным образом использованы, как для обучения проектировщиков, так и при знакомстве их с информацией необходимой для проектирования.

Исторически эвристические методы в машиностроении, в первую очередь, связывались с изобретательством и конструированием. По признаку детерминированности методы можно делить на эвристические и алгоритмические [37]. Эвристические методы это неполные алгоритмы, рекомендации, предписания, не обладающие свойствами детерминированности и обязательной результативности, в настоящее время являются основными при решении изобретательских задач [38]. Методы конструирования это эвристические методы решения творческо-конструкторских задач [62]. Эвристические методы используются с целью поиска новых более рациональных конструктивных решений [36].

Необходимо отметить, что «эвристические методы увеличивают вероятность получения работоспособного, но не всегда оптимального — решения творческой задачи, возникшей, например, из-за не разработанности конкретной теории, неполноты или недостоверности исходных данных» [156]. Эвристические методы позволяют найти решение, но найденная конструкция будет рациональной, а вовсе не оптимальной. «Задача, для которой невозможно построить математическую модель, поддающуюся решению методами оптимизации, может быть решена эвристическими метода-

ми, при этом решение не будет оптимальным, но оно точно будет найдено и оно будет лучше, чем без использования эвристических методов» [107].

Два очень важных свойства эвристических методов отмечены в данном определении, это стратегии и стимуляция мышления. «Эвристические методы решения творческих задач — это система принципов и правил, которые задают наиболее вероятностные стратегии и тактики деятельности решающего» [107]. «Стимулирующие его интуитивное мышление в процессе решения, генерирование новых идей и на этой основе существенно повышающие эффективность решения определенного класса творческих задач» [107].

Ю.М.Кулюткин отождествляет эвристический метод и эвристику: "Методы, с помощью которых человек открывает новые способы решения, строит нестереотипные планы и программы, мы будем называть эвристическими: эвристики — это, так сказать, метаспособы, с помощью которых отыскиваются конкретно-содержательные методы решения" [107]. Это не соответствует понятию эвристики в эвристическом программировании с таким отождествлением нельзя согласиться. На понятии эвристики мы остановимся ниже.

Подводя итоги проведенного обзора понятия, эвристические методы отметим, что часть определений рассматривает эвристические методы в первую очередь как методы обучения «... это система эвристических правил деятельности педагога», «... применяется при обучении ...». Такое понимание имеет право на существование, но не соответствует задачам, которые ставятся в исследовании.

Другие определения акцентируют внимание на том, что эвристические методы не являются детерминированными. «По признаку детерминированности методы ... можно

делить на эвристические и алгоритмические». «Методы подразделяются на логические ... и эвристические». «Эвристические методы ... по эффективности они уступают точным алгоритмическим подходам». «Эвристическая истина — это интуитивный ответ...». «Эвристические (интуитивные) методы...». «Инструментальные (эвристические) и рациональные (логические) методы...». «Эвристические методы ... не обладающие свойствами детерминированности...». «Задача, для которой невозможно построить математическую модель ... может быть решена эвристическими методами» [39; 42; 103; 114; 127; 145; 156].

С нашей точки зрения недетерминированными являются не методы, а характер задач решаемых эвристическими методами, а сам метод может использовать «логические правила анализа, сравнения, обобщения, классификации, индукции, дедукции», которые обычно связывают с алгоритмическими методами и быть жестко детерминированным, как, например метод Е.Метчетта [175]. Ряд определений жестко ограничивают область применения эвристических методов выбором одного из ряда вариантов «Под эвристическими методами понимаются различные процедуры, направленные на сокращение перебора вариантов», однако эвристические методы позволяют не только выбирать из ряда вариантов, но и генерировать новые варианты. В определениях обязательно содержится указание на то, что эвристические методы стимулируют, и организует мышление проектировщика «...стимулирующие его интуитивное мышление в процессе решения, генерирование новых идей...», «...методы генерирования новых идей...», «...путем ряда вопросов наводят на решение проблемы...», «возбудить ... способность комбинировать известные данные» [39; 103; 114; 156].

Отличительной чертой большинства определений является указание на наличие структуры методов: «эвристические методы — последовательность предписаний или процедур обработки информации», «эвристические методы решения творческих задач это система принципов и правил...», «эвристические методы (неполные алгоритмы, рекомендации, предписания)» [42; 103; 127; 145]. Из терминов, используемых в САПР, здесь содержится термин процедуры, однако, данный термин является, в определенном смысле, более общим, чем термин метод [34; 35]. В процессе проектирования могут выполняться процедуры включающие использование эвристических методов, а могут быть процедуры включающие использование алгоритмических методов, например оптимизации.

Что касается термина принцип, то метод может скорее основываться на каком-либо принципе, а не включает его. Можно говорить, что метод содержит правила, рекомендации, предписания, однако нам кажется, более оправданным использование термина, широко используемого в публикациях посвященных эвристике — прием. Так как метод состоит не только из приемов, то для обозначения действий проектировщика будем использовать термин операция, данный термин широко используемого в педагогике — операционный состав метода. Тогда наше определение метода будет таким.

Эвристический метод это совокупность эвристических приемов и операций позволяющая интенсифицировать и организовать мышление проектировщика.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. А. с. 750187 СССР, МПК F 16 Н 3/00. Зубчатый вариатор скорости / Б. М. Щекин, В. В. Иванов (СССР). — 2593830/25 — 28; заявл. 23.03.78; опубл. 23.07.80, Бюл. № 27. — 4с.

2. А. с. 1196567 СССР, МПК F 16 Н 1/26. Конический редуктор / К. И. Заблонский, Б. М. Щекин, В. В. Иванов, А. В. Окунь (СССР). — 3767794/25—28; заявл. 06.07.84; опубл. 07.12.85, Бюл. № 45. — 2 с.

3. А. с. 1196717 СССР, МПК G 01 М 13/02. Способ исследования распределения нагрузки в зубчатых передачах / К. И. Заблонский, Б. М. Щекин, В. В. Иванов, А. В. Окунь

(СССР). — 3613616/25—26; заявл. 12.04.83; опубл. 07.12.85, Бюл. № 45. — 2 с.

4. А. с. 1330490 СССР, МПК G 01 M 13/02. Устройство для исследования распределения нагрузки в зубчатых передачах / В. М. Бессараб, В. В. Иванов (СССР). — 4022331/25—28; заявл. 14.02.86; опубл. 15.08.87, Бюл. № 30. — 3 с.

5. А. с. 1362993 СССР, МПК G 01 M 13/02. Устройство для исследования распределения нагрузки в зубчатых передачах / В. В. Иванов, В. М. Бессараб (СССР). — 4075302/25—28; заявл. 28.03.86; опубл. 30.12.87, Бюл. № 48. — 3 с.

6. А. с. 1441168 СССР, МПК G 01 B 5/20. Способ сборки конических зубчатых передач / В. В. Иванов, В. М. Бессараб, А. В. Окунь (СССР). — 4204210/25—28; заявл. 02.03.87; опубл. 30.11.88, Бюл. № 44. — 2 с.

7. А. с. 1441115 СССР, МПК F 16 H 7/06. Цепная передача / В. В. Иванов, В. М. Бессараб (СССР). — 4194846/25—28; заявл. 16.02.87; опубл. 30.11.88, Бюл. № 44. — 4 с.

8. А. с. 1523808 СССР, МПК F 16 H 57/04. Многоступенчатый редуктор / В. М. Бессараб, А. М. Харсун, В. В. Иванов. (СССР). — 4338054/25—28; заявл. 04.12.87; опубл. 23.11.89, Бюл. № 43. — 3 с.

9. А. с. 1580092 СССР, МПК F 16 H 1/16, F16 H 57/04. Червячный редуктор со смазыванием / В. М. Бессараб, В. В., Иванов (СССР). — 4331757/25—28; заявл. 23.10.87; опубл. 23.07.90, Бюл. № 27. — 2 с.

10. А. с. 1625571 СССР, МПК B 21 H 5/02. Устройство для обработки зубчатых колес / В. В. Иванов, В.М. Бессараб

(СССР). — 4190053/27; заявл. 25.12.86; опубл. 07.02.91, Бюл. № 5. — 4 с.

11. А. с. 1732033 СССР, МПК F 16 C 19/52. Двухъярусный упорный подшипник качения / Н. В. Олейник, В. М. Бессараб, В.В. Иванов, А. А. Чегодарь (СССР). — 4751456/27; заявл. 23.10.89; опубл. 07.05.92, Бюл. № 17. — 4 с.

12. А. с. 1734966 СССР, МПК В 23 F 19/02. Способ притирки зубчатых колес / В. М. Бессараб, Н. В. Олейник, В. В. Иванов (СССР). — 4696994/08; заявл. 19.04.89; опубл. 23.05.92, Бюл. № 19. — 4 с.

13. Абакумов В. Как правильно выбрать САПР / В. Абакумов [Электронный ресурс] / Интернет-журнал «Открытые системы». — 1997. — Вып. 2. — Режим доступа: <http://www.osp.ru/os/1997/03/088651/>

14. Автоматизация поискового конструирования (искусственный интеллект в машинном проектировании) / А.И. Половинкин, Н. К. Бобков, Г. Я. Буш и др.; под ред. А. И. Половинкина. — М.: Радио и связь, 1981. - 344 с.

15. Автоматизация схемотехнического проектирования / В. Н. Ильин, В. Т. Фролкин, А. И. Бутко и др.; под ред. В. Н. Ильина — М: Радио и связь, 1987. — 368 с.

16. Ажогин В. В. Автоматизированное проектирование математического обеспечения АСУ ТП / В. В. Ажогин, М. З. Згуровский. — К.: Вища школа, 1986. - 335 с.

17. Алгоритмы оптимизации проектных решений / Под ред. А. И. Половинкина. — М.: Энергия, 1976. — 264 с.

18. Александров Е. А. Основы теории эвристических решений. Подход к изучению естественного и построению

искусственного интеллекта / Под ред. П. Г. Кузнецова. М.: Сов. радио, 1975, — 256 с.

19. Александров К. К. Электротехнические чертежи и схемы / К. К. Александров, Е. Г. Кузьмина. — М.: Энергоатомиздат, 1990. — 288 с.

20. Алиев Ч. А. Система автоматизированного проектирования технологии горячей объемной штамповки / Ч. А. Алиев, Г. П. Тетерин. — М.: Машиностроение, 1987. — 224 с.

21. Альтшулер Г. С. Творчество как точная наука / Г.С.Альтшуллер. — М: Сов. радио, 1979. — 296 с.

22. Альтшулер Г. С. Поиск новых идей: от озарения к технологии (Теория и практика решения изобретательских задач) / Г. С. Альтшулер, Б. Л. Злотин и др. — Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1989.

23. Алямовский А. Solid Works / Cosmos Works 2006/2007. Инженерный анализ методом конечных элементов / А. Алямовский — Москва: ДМК — Пресс, 2007.

24. Алямовский А. Интегрированная система поддержки жизненного цикла / А. Алямовский [Электронный ресурс] / Открытые системы. — Москва. - 2001. — Вып. 4. - Режим доступа: <http://www.osp.ru/os/2001/04/118141/>

25. Амбарцумянц Р. В. Графы и механизмы / Р. В. Амбарцумянц. — Одесса: Полиграф, 2007.

26. Андреев В. И. Эвристика для творческого саморазвития / В. И. Андреев. — Казань, 1994. — 247 с.

27. Андреев В. И. Эвристическое программирование учебно-исследовательской деятельности / В. И. Андреев. — М.: Высш. шк., 1981. — 240 с.

28. Армстронг Г. Эвристический метод обучения, или

искусство представлять детям самим доходить до познания предметов / Г. Армстронг // Пер. А. П. Павлова. — М., 1990. — 23 с.

29. Базаров Б. М. Модульная технология в машиностроении / Б. М. Базаров. — М.: Машиностроение, 2001. — 368 с.

30. Белоус В. А Исследование изгибных напряжений в галтели циклоидальных зубьев с использованием МКЭ и МГЭ / В. А. Белоус, В. В. Иванов, Н. В. Чумак // Научно-виробничий журнал «Проблеми техніки» Одеського національного морського університету. — 2009 — № 2. — С. 93 - 100.

31. Бир С. Мозг фирмы / С. Бир. — М.: «Едиториал УРСС», 2005 г., с. 58-59. [Электронный ресурс] — Режим доступа: http://www.treko.ru/show_dict_210

32. Богатиков С. Технологии PDM на крыльях Туполева / С. Богатиков, С. Долидзе, А. Слободчиков [Электронный ресурс] / Интернет-журнал «Открытые системы». — 2001. — Вып. 4. — Режим доступа: <http://www.osp.ru/os/2001/04/118143/>

33. Богоявленский Д. Н. Формирование приемов умственной работы учащихся как путь развития в активизации мышления / Д. Н. Богоявленский // Вопросы психологии. — 1962. — №4. — С. 13 — 17.

34. Бойченко Е. В. Методы схемотехнического проектирования распределенных информационно-вычислительных микропроцессорных систем / Е. В. Бойченко. — М.: Энергоатомиздат, 1988. — 128 с.

35. Брунер Дж. Исследование развития познавательной деятельности / Дж. Брунер. — М.: Педагогика, 1971. — 321с.

36. Буш Г. Я. Методы технического творчества / Г. Я. Буш. — Рига: «Лиесма», 1972. — 36 с.
37. Буш Г. Я. Рождение изобретательских идей / Г. Я. Буш. — Рига, 1976. — 168 с.
38. Буш Г. Я. Эвристика и диалогика решения конструкторско-изобретательских задач / Г. Я. Буш. — Рига: Зинатне, 1983. — 167с.
39. Буш Г. Я. Стратегии эврилогии / Г. Я. Буш. — Рига: Общество «Знание» ЛатвССР, 1986. — 64 с.
40. Быков В.П. Методическое обеспечение САПР в машиностроении. - Л: Машиностроение, 1989. - 255 с.
41. Вязгин В. А. Математические методы автоматизированного проектирования / В. А. Вязгин, В. В. Федоров. — М.: Высшая школа, 1989. — 186 с.
42. Гончаренко С. У. Український педагогічний словник / С. У. Гончаренко. — К.: Либідь, 1997. — 376с.
43. ГОСТ 2.103-68 Единая система конструкторской документации. Стадии разработки.
44. Грувер М. САПР и автоматизация производства / М. Грувер, Э. Зиммерс — М.: Мир, 1987. — 528с.
45. Дащенко А. Ф. Трансформация конструкции машин с использованием метода графов / А. Ф. Дащенко, В. В. Иванов // Збірник наукових праць «Теорія і практика процесів подріблення, розділення, змішування і ущільнення». — 2008. — Вип. 13. — С. 34 — 43.
46. Дащенко А. Ф. Методологические основы проектирования машин / А. Ф. Дащенко, В. В. Иванов // Науково-виробничий журнал «Проблеми техніки» Одеського національного морського університету. — 2009 —

№ 2. — С. 85 — 92.

47. Дащенко А. Ф. Исследование прочности сварного обода зубчатого колеса / А. Ф. Дащенко, В. В. Иванов, Д. Б. Крыжный // Наукowo-виробничий журнал «Проблеми техніки» Одеського національного морського університету. — 2009 — № 3. — С. 91 — 96.

48. Дащенко А. Ф. Поисковое конструирование с использованием метода графов / А. Ф. Дащенко, В. В. Иванов // Актуальные задачи машиноведения, деталей машин и приборотехники: Труды международной научно-технической конференции 27 — 28 апреля 2010г. / Балт. гос. техн. ун-т. - Санкт-Петербург, 2010. — С. 74 — 79.

49. Дащенко А. Ф. Напряженно-деформированное состояние сварного обода зубчатого колеса / А. Ф. Дащенко, В. В. Иванов, Д. Б. Крыжный // Актуальные задачи машиноведения, деталей машин и приборотехники: Труды международной научно-технической конференции 27 — 28 апреля 2010г. / Балт. гос. техн. ун-т. — Санкт-Петербург, 2010. — С. 44 — 48.

50. Денбновецкий С. В. Основы автоматизированного проектирования электронных приборов / С. В. Денбновецкий, Л. Д. Писаренко, В. К. Резниченко. — К.: Вища школа, 1987. — 336 с.

51. Джонс Дж. Методы проектирования / Дж.. Джонс. — М.: Мир, 1986. — 326 с.

52. Диалоговые системы схемотехнического проектирования / В. И. Анисимов, Г. Д. Дмитриевич, К. Б. Скобельцын и др. — М.: Радио и связь, 1987. — 288 с.

53. Добров Г. М. Прогнозирование науки и техники / Г. М. Добров. — М.: Наука, 1977. — 262 с.

54. Долгуши М. Д. Эвристические методы квантовой химии или о смысле научных занятий / М. Д. Долгуши. — М.: Знание, 2001. — 208 с.

55. Дридзе Т. М. Прогнозное проектирование в социальной сфере как фактор ускорения социально-экономического и научно-технического прогресса: теоретико-методологические и технологические аспекты / Т. М. Дридзе // Теоретико-методологические проблемы социального прогнозирования и проектирования в условиях ускорения научно-технического прогресса. — М., 1986. — С. 92 — 99.

56. Дубова Н. Словарь терминов по PDM / Н. Дубова, И. Островская / [Электронный ресурс] / Интернет-журнал «Открытые системы». — 1997. — Вып. 3. — Режим доступа: <http://www.osp.ru/os/1997/03/178132/>

57. Егер С. М. Основы автоматизированного проектирования самолетов / С. М. Егер, Н. К. Лисейцев, О. С. Самойловнч. — М.: Машиностроение, 1986. — 234 с.

58. Емельянов С. В. Многокритериальные методы принятия решений / С. В. Емельянов, О. И. Ларичев. — М.: Знание. Сер. "Математика, кибернетика", 1985. — № 10. — 48 с.

59. Заблонский К. И. Расчет коэффициента концентрации нагрузки в зацеплении конических зубчатых передач / К. И. Заблонский, В. В. Иванов, Ф. Бауманн // Детали машин: респ. межвед. науч.-техн. сб. — К.: Техніка, 1989. — Вып. 48. — С. 15 — 18.

60. Заблонский К. И. Влияние деформации отжима обода конического колеса на распределение нагрузки в зацеплении. / К. И. Заблонский, В. В. Иванов // Детали машин: респ. межвед. науч.-техн. сб. — К.: Техніка, 1989. —

Вып. 49. — С. 7 - 13.

61. Заблонский К.И. Оптимальное распределение нагрузки в конических передачах с круговыми зубьями // Детали машин: Респ. межвед. науч.-техн. сб. — К.: Техніка, 1990. — Вып. 50. — С. 8 — 11.

62. Заенчик В. М. Основы творческо-конструкторской деятельности: Методы и организация / В. М. Заенчик, А. А. Карачев, В. Е. Шмелев — М.: Машиностроение, 1978. — 136 с.

63. Зайченко Ю. П. Исследование операций / Ю. П. Зайченко. — К: Вища школа, 1988. — 552 с.

64. Замірець О. М. Моделі та методи інформаційної підтримки організаційних структур управління створенням виробів приладобудування: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06 / О. М. Замірець; Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харк. авіац. ін-т". — Х., 2006. — 21 с.

65. Иванов В. В. Экспериментальная проверка методики расчета распределения нагрузки с учетом податливости опор / В.В. Иванов С. В. Пешенко // Детали машин: респ. межвед. науч.-техн. сб. — Киев, 1988. — Вып.47. — С. 128 — 130.

66. Иванов В. В. Оптимизация распределения нагрузки в конических передачах с круговыми зубьями / В. В. Иванов // Zbornik radova XV JUPITER konferencija. 1989g. Cavtat, Jugoslavija. — Cavtat. — 1989. — S. 91 — 96.

67. Иванов В. В. Исследование концентрации нагрузки в конических передачах с учетом податливости опор / В. В. Иванов, А. И. Ливинский // Труды Одесского политехнического университета. — Одесса. — 1999. — Вып. 4. — С. 48 — 50.

68. Иванов В. В. Оптимизация распределения нагрузки с учетом случайного характера погрешностей монтажа / В. В. Иванов // Труды Одесского политехнического университета. – Одесса. – 2000. – Вып. 1(10). – С. 50 – 53.

69. Иванов В. В. Влияние деформации обода на распределение нагрузки в конических передачах / В. В. Иванов // Труды Одесского политехнического университета. – Одесса. - 2000. – Вып. 2(11). – С. 39 – 42.

70. Иванов В. В. Исследование тепловых процессов в зубчатых передачах / В. В. Иванов // Zbornik radova 2nd International Conference «Research and development in mechanical industry» RADMI 2002 g. Vrnjachka Banja, Yugoslavija. – Vrnjachka Banja. – 2002. – S. 222 – 225.

71. Иванов В. В. Автоматизация проектирования механических приводов / В. В. Иванов, Б. В. Мотулько, А. М. Харсун. – Одесса: АО Бахва, 2003. – 135с. – ISBN 966-7079-5-0.

72. Иванов В. В. Влияние перекоса осей на коэффициент трения при гидродинамическом режиме работы в контакте качения / В. В. Иванов // Труды Одесского политехнического университета. – Одесса. – 2003. – Вып. 1(19). – С. 26 – 28.

73. Иванов В. В. Влияние перекоса осей на коэффициент трения при гидродинамическом режиме работы подшипника скольжения / В. В. Иванов // Труды Одесского политехнического университета. – Одесса. – 2003. – Вып. 2(20). – С. 28 – 30.

74. Иванов В. В. Анализ изгибной прочности зубьев с циклоидальным профилем / В. В. Иванов, В. М. Кочмар // Труды Одесского политехнического университета. – Одесса.

— 2003. — Вып. 2(20). — С. 30 — 32.

75. Иванов В. В. Сравнительный анализ изгибной прочности зубьев нарезанных рейкой и долбяком / В. В. Иванов, А. И. Ливинский, Д. А. Калинин // Труды Одесского политехнического университета. — Одесса. — 2004. — Вып. 1(21). — С. 28 — 30.

76. Иванов В. В. Исследование тепловых процессов в зубчатых передачах / В. В. Иванов // Труды Одесского политехнического университета. — Одесса. — 2004. — Вып. 2(22). — С. 31 — 34.

77. Иванов В. В. Проектування деталей машин з використанням AutoCAD: навч. посібник / В. В. Иванов, Б.В.Мотулько, А. М. Харсун; МОН України. — Одеса: Наука і техніка, 2004. — 125 с.

78. Иванов В. В. Анализ изгибной прочности зубьев с цевочным профилем / В. В. Иванов, И. А. Чумаченко // Сборник доклада от първа конференция с международно участие «Машинознание и машински елементи 4—6 ноември 2004 /Под. ред. Л. Димитров. — София, България. — София - 2004. — С. 165 — 169.

79. Иванов В. В. Проектирование деталей и узлов машин в среде Mechanical Desktop: учебное пособие / В. В. Иванов, И.И.Сидоренко, — Одеса: Наука и техника, 2005. — 272 с.

80. Иванов В. В. Анализ изгибной прочности зубьев с цевочным профилем / В. В. Иванов, И. А. Чумаченко // Труды Одесского политехнического университета. — Одесса. — 2005. — Вып. 1(23). — С. 29 — 32.

81. Иванов В. В. Анализ изгибной прочности зубьев с циклоидальным профилем / В. В. Иванов, И. А. Чумаченко

// Сборник доклада от XII международна научно-техническа конференция 23-25 ноября 2005, Велико Тырново / — София 2005. — Том. 3. — С. 11 — 12.

82. Иванов В. В. Надежность мелкомодульных открытых зубчатых передач / В. В. Иванов, Н. В. Андросюк // Сборник материалов II Международной конференции «Стратегия качества в промышленности и образовании», 2-9 июня 2006 г., Варна. Болгария. — «Пороги» — ТУ — Варна. — 2006. — Том 1. — С. 396 — 399.

83. Иванов В. В. Исследование изгибной прочности циклоидального зацепления / В. В. Иванов, Н. В. Андросюк // Сборник материалов III Международной конференции «Стратегия качества в промышленности и образовании», 1—8 июня 2007 г., Варна. Болгария. — «Фортуна» — ТУ— Варна. — 2007. — Том 1. — С. 237 — 339.

84. Иванов В. В. Сравнительный анализ изгибной прочности циклоидальных зубьев с различной геометрией профиля / В. В. Иванов, Н. В. Андросюк // Научно-производственный журнал «Проблемы техники» Одесского национального морского университета. — 2008. — № 3. — С. 41 — 46.

85. Иванов В. В. Сравнительный анализ изгибной прочности циклоидальных и эвольвентных зубьев / В. В. Иванов, Н. В. Андросюк // Труды Одесского политехнического университета. — 2008. — № 2. — С. 16 — 19.

86. Иванов В. В. Сравнительный анализ изгибной прочности передач циклоидальных и шестеренчатых насосов / В. В. Иванов, Н. В. Андросюк // Холодильная техника и технология. — 2008. — №3. — С. 82 — 84.

87. Иванов В. В. Сравнительный анализ шестеренчатых насосов с эвольвентным и циклоидальным профилем зубьев / В. В. Иванов, Н. В. Андросюк // Сборник материалов IV Международной конференции «Стратегия качества в промышленности и образовании», 30 мая — 6 июня 2008 г., Варна. Болгария. — «Пороги» — ТУ — Варна. — 2008. — Том 1. — С. 254 — 257.

88. Иванов В. В. Коэффициент перекрытия в эвольвентно-цевочном зацеплении / В. В. Иванов, А. И. Чумаченко // Сборник материалов V Международной конференции «Стратегия качества в промышленности и образовании», 6 - 13 июня 2009 г., Варна. Болгария. — «Пороги» — ТУ — Варна. — 2009. — Том 1. — С. 183 — 185.

89. Иванов В. В. Методология проектирования машин / В. В. Иванов // Сборник материалов V Международной конференции «Стратегия качества в промышленности и образовании», 6 — 13 июня 2009 г., Варна. Болгария. — «Пороги» — ТУ — Варна. — 2009. — Том 2. — С. 793 — 797.

90. Иванов В. В. Эвристические методы при проектировании машин / В. В. Иванов, А. М. Харсун // Научно-виробничий журнал «Проблеми техніки» Одеського національного морського університету. — 2010 — № 1. — С. 49 — 58.

91. Иванов В. В. Речная передача системы подачи очистного комбайна / В. В. Иванов, Д. Б. Крыжный, И. А. Чумаченко // Научно-виробничий журнал «Проблеми техніки» Одеського національного морського університету. — 2010 — №3. — С. 81 — 88.

92. Иванов В. В. Математична модель циклоїдального зацеплення В. В. Иванов, Н. В. Чумак, Я. Я. Данило / Вісник

НУ «Львівська політехніка». «Динаміка, міцність та проектування машин і приладів» — 2011 — № 701. — С. 29 — 34.

93. Иванов В. В. Обобщенный метод активизации творческой деятельности / В. В. Иванов // Научно-производственный журнал «Проблемы техники» Одесского национального морского университета, Хмельницкого национального университета. — 2011 — № 1. — С. 48 — 56.

94. Иванов В. Застосування узагальнених евристичних методів у проектуванні трансмісій / В. Иванов // Десятий міжнародний симпозіум українських інженерів-механіків у Львові: Праці. — Львів: КІНПАТРИ ЛТД. — 2011. — С. 195 — 196.

95. Иванов В. Узагальнені евристичні методи проектування трансмісій / В. Иванов // Десятий міжнародний симпозіум українських інженерів-механіків у Львові: Праці. — Львів: КІНПАТРИ ЛТД. — 2011. — С. 196 — 198.

96. Калмыкова З. И. Продуктивное мышление как основа обучаемости / З. И. Калмыкова. — М.: Педагогика, 1981. — 200с.

97. Калниболотский Ю. М. Автоматизированное проектирование электронных схем / Ю. М. Калниболотский, К. С. Сундучков, А. И. Солодовник. — К: Техніка, 1987. — 301 с.

98. Камаев В. А. Поискное конструирование / В. А. Камаев, С. В. Никитин, Ф. Я. Залевская // Сер. Техническая кибернетика М.: ВИНТИ, 1986. — Т. 19. — С. 142 — 189.

99. Капустин И. М. Автоматизация конструкторского и технологического проектирования. Системы автоматизированного проектирования: В 9 кн./ И. М. Капустин, Г. Н. Васильев. Кн. 6. — М.: Высшая школа, 1986. — 191 с.

100. Кафаров В. А. Математические основы автоматизированного проектирования химических производств / В. А. Кафаров, В. П. Мешалкин, В. Л. Перов — М.: Химия, 1979. — 320 с.

101. Кондаков Н. И. Логический словарь-справочник / Н. И. Кондаков. — 2-ое изд. — М.: Наука, 1975. — 674 с.

102. Кострова Г. В. Схемотехнічне проектування у машинобудуванні / Г. В. Кострова, Т. В. Лисенко, О. Л. Становський. — Одеса: ОДПУ, 1994. - 147 с.

103. Корячко В. П. Теоретические основы САПР / В.П.Корячко, В. М. Курейчик, И. П. Норенков. — М.: Энергоатомиздат, 1987. — 400 с.

104. Краснощеков П. С. Информатика и проектирование / П. С. Краснощеков, А. А. Петров, В. В. Федоров. М.: Знание. Сер. "Математика, кибернетика", 1986 — № 10. — 73с.

105. Краюшкин В. Современный рынок систем PDM / В. Краюшкин [Электронный ресурс] / Интернет-журнал «Открытые системы». — 2000. — Вып. 9. — Режим доступа: <http://www.osp.ru/os/2000/09/178132/>

106. Кузьмин П. К. Автоматизация функционального проектирования / П. К. Кузьмин, В. Б. Маничев. Системы автоматизированного проектирования; В 9 кн. Кн 5. — М.: Высшая школа, 1986. — 134 с.

107. Кулюткин Ю. Н. Эвристические методы в структуре решений / Ю. Н. Кулюткин. М.: Педагогика, 1970. — 232 с.

108. Курейчик В. М. Эволюционные алгоритмы: генетическое программирование. Обзор / В. М. Курейчик, С. И. Родзин. // Известия РАН: ТИСУ, 2002. — №1. — С. 127 - 137.

109. Курейчик В. М. Генетические алгоритмы. Состояние. Проблемы. Перспективы / В. М. Курейчик // Известия РАН: ТиСУ, 1999. — №1. — С. 144 — 160.
110. Малышев Н. Г. Основы оптимального управления процессами автоматизированного проектирования / Н. Г. Малышев, Н. В. Мицук — М.: Энергоатомиздат, 1990. — 224с.
111. Мацевитый Ю. М. Электрическое моделирование нелинейных задач технической теплофизики / Ю. М. Мацевитый. — К.: Наукова думка, 1977. — 256 с.
112. Михалевич В. С. Вычислительные методы исследования и проектирования сложных систем / В. С. Михалевич, В.А.Волкович. М.: Наука, 1982. — 156с.
113. Мотулько Б. В. АТЛАС. Курсовое проектирование по деталям машин с использованием AutoCAD / Б. В. Мотулько, В.В. Иванов, А. М. Харсун. — Одесса: Астропринт, 2002. — 88с. — ISBN — 966-549-736-7.
114. Мюллер И. Эвристические методы в инженерных разработках /Пер. с нем. — М.: Радио и связь, 1984. — 215 с.
115. Ногин В. Д. Принятие решений при многих критериях. Учебно-методическое пособие / В. Д. Ногин. — Санкт-Петербург, 2007. — 126 с.
116. Ногин В. Д. Введение в оптимальное управление. Учебно-методическое пособие / В. Д. Ногин. — Санкт-Петербург, 2008. — 58 с.
117. Норенков И. П. Введение в автоматизированное проектирование технических устройств и систем / И. П. Норенков. — М : Высшая школа, 1986. — 304 с.

118. Норенков И. П. Принципы построения и структура. Системы автоматизированного проектирования. / И. П. Норенков. В 9 кн. Кн. 1 — М.: Высш. школа, 1986. — 127 с.

119. Орлов П. И. Основы конструирования: Справочно-методическое пособие / П. И. Орлов. — М.: Машиностроение, 1988. — 560 с.

120. Палант Ю. А. Эвристика как интегральная дисциплина / Ю. А. Палант, А. Я. Бейгельзимер, Я. Е. Бейгельзимер // Эвристика и дидактика точных наук. — Донецк: ТЕАН. — 1997. — Вып. 6. — С. 4 — 9.

121. Пойа Дж. Математическое открытие / Дж. Пойа — 2-е изд. М.: Наука, 1976. — 448 с.

122. Половинкин А. И. Метод оптимального проектирования с автоматическим поиском схем и структур инженерных конструкций / А. И. Половинкин. — Науч. Труды / ЦНИИС, 1970. — Вып. 34. — С. 162 — 165.

123. Половинкин А. И. Основы инженерного творчества: Учеб. пособие для студентов втузов / А. И. Половинкин. — М.: Машиностроение, 1988. — 368 с.

124. Пономарев Я. А. Психология творчества / Я. А. Пономарев. — М.: Наука, 1990. — 222 с.

125. Поспелов Д. А. Мышление и автоматы / Д. А. Поспелов, В. Н. Пушкин. — М.: Полтиздат, 1972. — 45 с.

126. Поспелов Д. А. Эвристика. — БСЭ, 3-е изд. — М.: Сов Энциклопедия, 1978. — Т. 29. — 559 с.

127. Пушкин В. Н. Эвристика — наука о творческом мышлении / В. Н. Пушкин. — М.: Политиздат, 1967. — 207 с.

128. Прохоров А. Ф. Конструктор и ЭВМ / А. Ф. Прохоров. — М.: Машиностроение, 1987. — 272 с.

129. Ризкин И. Х. Машинный анализ: проектирование технических систем — М.: Наука, 1985. — 160 с.
130. Родионов И. Б. Теория систем и системный анализ / И. Б. Родионов / [Электронный ресурс] / Курс лекций. — Режим доступа: <http://eidos.ru/journal/1998/0781.htm>
131. Рубинштейн С. Л. О мышлении и путях его исследования / С. Л. Рубинштейн. — М.: Изд-во АПН РСФСР, 1958. — 147 с.
132. САПР изделий и технологических процессов в машиностроении / Р. А. Аллик, В. И. Бородянский, А. Г. Бурин и др. — Л.: Машиностроение, 1986. — 319 с.
133. Селютин В.А. Машинное конструирование электронных устройств / В. А. Селютин. — М.: Советское радио, 1977. — 384 с.
134. Семенов Е. Е. Размышления об эвристиках / Е. Е. Семенов // Математика в школе. — №6. — 1995. — С. 39 — 43.
135. Скафа Е.И. Эвристическое обучение математике: теория, методика, технология. Монография / Е. И. Скафа. — Донецк: Изд-во ДонНУ, 2004. — 439 с.
136. Скурихин В. И. Математическое моделирование / В. И. Скурихин, В. Б. Шифрин, В. В. Дубровский. — К.: Техніка, 1988. — 270 с.
137. Смирнов С. Л. САПР: Формирование и функционирование проектных модулей / С. Л. Смирнов, С. Н. Падалко, С. А. Пиявский — Машиностроение, 1987. — 272 с.
138. Советов В. Я. Моделирование систем / В. Я. Советов, С. А. Яковлев. — М.: Высш. школа, 1985. — 271 с.
139. Советский энциклопедический словарь / Гл. ред.

- А.М.Прохоров. — М.: Сов. энциклопедия, 1985. — 1600 с.
140. Соен Ф. Внутренний мир *AutoCAD*. Версия 13с4 / Ф.Соен, Д. Питцер, Г. Фалмер. — ДиаСофт, 1977. — 704 с.
141. Справочник по САПР / А. П. Будя, А. Е. Кононюк, Г.П. Куцеико и др. К.: Техніка, 1988. — 375 с.
142. Становский А. Л. Схемотехническое проектирование объектов литейного производства / А. Л. Становский, Л.А.Иваиова. — М.: ВНИИТЭМР, 1989. — 52 с
143. Столяров А. И. Методологические основы изобретательского творчества / А. И. Столяров. — М.: ВНИИПИ, 1989. — 56 с.
144. Теория выбора и принятия решений / И. М. Макаров, Т. М. Виноградская, А. А. Рубчинский и др. — М.: Наука, 1982. — 328 с.
145. Техническое творчество: теория, методология, практика. Энциклопедический словарь-справочник. / Под ред. А.И.Половинкина, В. В. Попова. М.: НПО "Информ-система", 1995. — 264 с.
146. Трудоношин В. А. Математические модели технических объектов / САПР: в 9 кн. / В. А. Трудоношин, И. В. Пивоварова. Кн. 4 — М.: Высш. школа, 1986. — 160 с.
147. Хорошев А. Н. Введение в управление проектированием механических систем: Учебное пособие / А. Н. Хорошев — Белгород, 1999. — 372 с.
148. Хуторской А. В. Эвристическое обучение: Теория, методология, практика / А. В. Хуторской. — М.: Международная педагогическая академия, 1998. — 226 с.

149. Хуторской А. В. Как обучать творчеству / А.В. Хуторской [Электронный ресурс] / Интернет-журнал «Эйдос». — Режим доступа: <http://eidos.ru/journal/2001/0105.htm>
150. Челищев Б. Е. Автоматизация проектирования технологии в машиностроении / Б. Е. Челищев, И. В. Боброва, А. Гонсалес-Сабатер. — М.: Машиностроение, 1987. — 264с.
151. Шатров Б. Автоматизация инженерных работ и научных исследований / Б. Шатров, С. Иванников / [Электронный ресурс] / Интернет-журнал «Открытые системы». — 1997. — Вып. 2. — Режим доступа: <http://www.osp.ru/os/1997/02/179112/>
152. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем - искусство и наука / Р. Шеннон. — М.: Мир, 1978. — 418 с.
153. Шпур Г. Автоматизированное проектирование в машиностроении / Г. Шпур, Ф. Краузе. — М.: Машиностроение, 1988. — 648 с.
154. Щекин Б. М. Зубчатый вариатор скорости / Б. М. Щекин, В. В. Иванов // Детали машин: респ. межвед. науч.-техн. сб. — Киев, 1980. — Вып. 31. — С. 43 — 50.
155. Щекин Б. М. Методика повышения качества сборки прямозубых конических передач с применением контрольно-обкатных станков / Б. М. Щекин, В. В. Иванов // Металлорежущие станки: респ. межвед. науч.-техн. сб. — Киев, 1987. — Вып. 15. — С. 80 — 86.
156. Электронный словарь тренера и консультанта [Электронный ресурс] — Режим доступа: http://www.treko.ru/show_dict_199

157. Alexander C. Notes of the synthesis of form Harvard University / C. Alexander. — Press Cambridge, — 1964.

158. Archer L. B. The structure of design processes / L.B.Archer. — Royal College of Art London, — 1988.

159. Corke, P. Handbook of Robotics / P. Corke, J. Roberts, J. Cunningham, P. Hainsworth, D. Springer. — Berlin: Heidelberg. — 2008.

160. Fogel D. B. Evolutionary Computation. Toward a New Philosophy of Machine Intelligence / D. Fogel — N.Y.: IEEE Press, 1995. — 225 p.

161. Georgieva B. Theoretical aspects of application of engineering value analysis to evaluation of design products / B.Georgieva // Machines, technologies, materials 2011 8th International Congress PROCEEDINGS 19-21 September 2011. — Varna, Bulgaria. — 2011.

162. Ingenersko — mashinski priruchnik /Red. Zoran Savich. — Beograd: Zavod za udgbenike i nastavna sredstva, 1987. — Knijga II. — 236 s.

163. Ivanov V. Influence of axes' cocking on friction coefficient in hydrodynamic type of bearing functioning / V. Ivanov // Zbornik radova 29 naucno-strucnog skupa sa medunarodnim ucesecem HIPNEF 2004 g. Vrnjachka Banja, Jugoslavija. — Vrnjachka Banja. — 2004. — S. 273 — 278.

164. Ivanov V. Methodological basic design of machine / V. Ivanov // Сборник доклада от втора конференция с международно участие «Машинознание и машински елементи» 23-25 ноември 2005 / Под. ред. Л. Димитров. — София, България. — София — 2005. — С. 305 — 312.

165. Ivanov V. Comparative analysis of the bending

strength of cycloid and involute teeth / V. Ivanov, D. Karaivanov, N.Androsjuk // The 3rd International conference «Power Transmissions 2009». 1–2 October 2009 / Editor: Athahanassions Mihalidis. — Kalltthea, Greece. — Kalltthea, 2009. — P. 106 — 113.

166. Ivanov V. Study of the geometry of rack train of a shearer loader's haulage system / V. Ivanov, D. Karaivanov, I.Chumachenko // The International Conference Mechanical Engineering in XXI Century PROCEEDINGS 25 — 26 November 2010 / University of Niš Faculty of Mechanical Engineering Niš, Serbia, 2010. — P. 137 — 140.

167. Ivanov V. Improvement of hollow gear wheel design / V.Ivanov, D. Karaivanov, D. Krugnuj // Machines, technologies, materials 2011 8th International Congress PROCEEDINGS 19–21 September 2011. — Varna, Bulgaria, 2011 — P. 88–91.

168. Jonson T. Inclusive education / T. Jonson. — Geneva: UN, 1994. — 158 p.

169. Kalajdgich M. Metod konacnih elemenata / M.Kalajdgich // IAMA Beograd, 1978. — 214 s.

170. Kalinin D. Bending capacity assessment for tooth was made rack and gear-shaper cutter. / D. Kalinin, V. Ivanov // Annals of DAAAM for 2004 & PROCEEDINGS of the 15th International DAAAM Symposium. — Vienna. — 2004. — S. 195 — 196.

171. Kemp R. Reflective Intelligence and Mathematics / R. Kemp // The British Journal of Educ, Psichd. — 1961. — №1. — P. 45 — 55.

172. Kolonits P. Applying Blok's flash temperature model to variable meshing conditions / P. Kolonits — Proceedings vol.

B // World symposium on gears and gear transmissions. — P.151 — 160.

173. Larson L. Problem-Solving Through Problems. — Springer — Verlag, New York, Berlin, Heidelberg, Tokyo, 1983. — 344 p.

174. Litvin F. Computerized Developments in Design, Generation, Simulation of Meshing, and Stress Analysis of Gear Drives / F.Litvin, D. Vecchiato, E. Gurovich, A. Fuentes, I. Gonzalez-Perez, K.Haiasaka, K. Yukishima. — *Meccanica*, 40 (2005). — P. 291 — 324.

175. Matchett E. FDM — A means of controlled thinking and personal growth / E. Matchett // *Proceedings of the state conference of designers*. — CSSR: Prague. — 1987.

176. Mikhalev O. Main principles of automation of designing of technological processes for creation of intellectual CAD/CAM — systems and the organizations of virtual manufacture / O. Mikhalev, A. Yanyushkin // *Machines, technologies, materials 2011 8th International Congress PROCEEDINGS 19—21 September 2011*. — Varna, Bulgaria. — 2011.

177. Newell A. The processes of creative thinking / A. Newell, J. Shaw, H. Simon. — In: *contemporary approach, to creative thinking*. — New York — 1962.

178. Osborn A. F. How to become more creative / A.F.Osborn. — New York — 1964.

179. Simon H. Heuristic problem solving / H. Simon, A. Newell A. // *Operational Res.*, №1, 1958.

180. Tickoo S. SolidWorks 2008 for Mechanical Engineers / S.Tickoo, D. Saravanan. Belgrade: Mikro knjiga. — 2008. — 380p.

181. Vetadzokoska E. Application of signal flow graphs to the kinematics analysis of the planetary gear trains / E. Vetadzokoska // The international conference of power transmissions. — Beograd. — 1998.

182. Webster's Encyclopedic Unabridged Dictionary of the English Language. — London: Random House. — 1996. — 169p.

183. БДС EN ISO 9000-2001. Системи за управление на качеството. Основни принципи и речник. — София: ДАСМ — 2001.

184. Динев П. Flow diagrams of the technology hierarchy / П. Динев // Machines, technologies, materials 2011 8th International Congress PROCEEDINGS 19—21 September 2011. — Varna, Bulgaria. — 2011.

185. Динев П. Съвременни аспекти на технологията, изразени чрез един пирамидален модел. Втора научна конференция на Електротехническият факултет, Созопол, България, 1 — 3.10.2011. Годишник на Техническият университет — София. — т. 60. — кн. 1. — 2011. — С. 97 — 111.

186. Лепаров М. Основи за инженерното проектиране: учебник / М. Лепаров, М. Вячева, А. Георгиев. — Изд. Софттрейд, — 2008.

187. Лепаров М. Метод «Класификации» за решаване на евристични задачи / М. Лепаров. // 16 Нац. науч. техн. конф. с межд. участие автоматизация на дискретното производство. — АДП: Семково. — 2007.

188. Лепаров М. Мегаметод «Фокуси» за решаване на евристични задачи / М. Лепаров. // Българско списание за Инженерно проектиране. — № 3. — 2009. — С. 16 — 24.

189. Тодоров Г. Определяне параметрите на надеждност чрез симулационен модел в етапа на проектиране / Г. Тодоров, К. Камберов // Сп. Машиностроене, бр. 1 – 2. – София, 2002. – С. 21 – 24.

Верстка та обкладинка

Вовчек Т.В., www.tvovchek.com

Підписано до друку 23.10.12. Формат 60×84/16. Ум. друк. арк. 10,03.

Обл.-вид. арк. ___ Наклад 300. Зам. № 17 ___.

Видавець та виготовлювач АО БАХВА

(свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 145 від 11.08.2000)

65044, Україна, м. Одеса, пр-т. Шевченка, 1, корп.5

тел./факс (048) 777-43-50, e-mail: mail@bahva.com

www.bahva.com, www.vuzkniga.ua

ДЛЯ ЗАМЕТОК