

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Транспортные и технологические машины»

# ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

*Методические рекомендации к практическим занятиям  
для студентов специальности  
1-36 11 01 «Инновационная техника для строительного  
комплекса (по направлениям)»  
очной формы обучения*



Могилев 2023

УДК 001.891  
ББК 39.33  
О 62

Рекомендовано к изданию  
учебно-методическим отделом  
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Транспортные и технологические машины»  
«19» июня 2023 г., протокол № 10

Составитель ст. преподаватель Е. В. Заровчатская

Рецензент канд. техн. наук А. П. Прудников

Методические рекомендации к практическим занятиям по дисциплине  
«Основы научных исследований» предназначены для студентов специальности  
1-36 11 01 «Инновационная техника для строительного комплекса (по  
направлениям)» очной формы обучения.

Учебное издание

## ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Ответственный за выпуск	И. В. Лесковец
Корректор	И. В. Голубцова
Компьютерная верстка	М. М. Дударева

Подписано в печать 19.09.2023 . Формат 60×84 /16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.  
Печать трафаретная. Усл. печ. л. 2,33. Уч.-изд. л. 2,38. Тираж 26 экз. Заказ № 1027.

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования  
«Белорусско-Российский университет».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/156 от 07.03.2019.  
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский  
университет, 2023

## Содержание

Введение .....	4
1 Практическое занятие № 1. Научное исследование: цели и задачи. Объекты научных исследований в области автомобилестроения .....	5
2 Практическое занятие № 2. Структура и особенности научного познания. Роль науки в познании .....	10
3 Практическое занятие № 3. Методы инженерного творчества .....	16
4 Практическое занятие № 4. Основные этапы исследований при выполнении научно-технической задачи.....	21
5 Практическое занятие № 5. Проведение экспериментальных исследований .....	23
6 Практическое занятие № 6. Ошибки измерения в экспериментальных исследованиях.....	27
7 Практическое занятие № 7. Патентная экспертиза заявки на изобретение .....	30
8 Практическое занятие № 8. Охрана труда при выполнении экспериментальных исследований .....	35
Список литературы .....	38

## **Введение**

Целью преподавания дисциплины «Основы научных исследований» является формирование у студентов комплекса знаний, умений и навыков о методах построения технического объекта, методах и приемах технического творчества, способах проведения патентных исследований и составления заявок на изобретения и полезные модели.

В процессе обучения студент ознакомится с принципами построения технических объектов, основными методами технического творчества, способами проведения патентных исследований и составления заявок на изобретения.

## **1 Практическое занятие № 1. Научное исследование: цели и задачи. Объекты научных исследований в области автомобилестроения**

**Цель занятия:** ознакомиться с понятием научного исследования. Изучить цели и задачи научного исследования. Освоить объекты научных исследований в сфере автомобилестроения.

### ***Общие сведения***

Цель научного исследования – всестороннее, достоверное изучение объекта, процесса или явления; их структуры, связей и отношений на основе разработанных в науке принципов и методов познания, а также получение и внедрение в производство (практику) полезных для человека результатов.

Любое научное исследование имеет свой объект и предмет. Объектом научного исследования является материальная или идеальная система. Предмет – это структура системы, закономерности взаимодействия элементов внутри системы и вне ее, закономерности развития, различные свойства, качества и т. д.

Очень важно правильно выбрать объект научного исследования. Объектами исследования в области автомобилестроения и технической эксплуатации автотранспортных средств могут быть:

- механизмы и системы автотранспортных средств и мобильных машин (ММ), выпускаемые предприятием автомобилестроения;
- марки машин, ассортимент выпускаемой техники;
- производственная организация или предприятие обслуживания техники;
- документация: нормативные акты, инструкции, техническая документация, сопроводительные документы, протоколы испытаний и т. д.;
- контролирующие организации, осуществляющие деятельность по обеспечению качества и безопасности эксплуатации техники (центры стандартизации, метрологии и сертификации, органы по сертификации продукции и услуг, аккредитованные испытательные лаборатории и т. д.).

Выбор объекта исследования зависит от темы исследования, поставленной цели и задач. Одним из основных требований, предъявляемых к выбору объектов исследования, является обеспечение их достаточной количественной и качественной представительности.

*Классификации научных исследований. Виды научных исследований.* Научные исследования классифицируют по видам связи с общественным производством и степени важности для народного хозяйства; целевому назначению; источникам финансирования и длительности ведения исследования. Рассмотрим две из них более подробно.

*По видам связи с общественным производством* научные исследования подразделяются на работы, направленные на создание новых технологических

процессов, машин, конструкций, повышение эффективности производства, улучшение условий труда, развитие личности человека и т. д.

В области товароведения и экспертизы это могут быть исследования, связанные с повышением эффективности работы торгового предприятия, организации труда товароведов и других работников торговли, повышением культуры обслуживания и т. д.

По целевому назначению выделяют три вида научных исследований: фундаментальные, прикладные и разработки (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 – Классификация научных исследований по целевому назначению

*Фундаментальные исследования* направлены на открытие и изучение новых явлений и законов природы, на создание новых принципов исследования. Их целью является расширение научного знания общества, установление того, что может быть использовано в практической деятельности человека. Такие исследования ведутся на границе известного и неизвестного, обладают наибольшей степенью неопределенности.

К фундаментальным исследованиям в автомобилестроении можно отнести изучение физических свойств рабочих тел (жидкости, газа, материалов); исследование физических процессов взаимодействия тел, происходящих при функционировании объекта (механизма, системы); изучение внешних и внутренних факторов, влияющих на свойства объекта. Фундаментальные исследования в области экспертизы – это разработка научных основ экспертизы качества функционирования или эксплуатации объекта и т. д.

Фундаментальные исследования в автомобилестроении часто проводятся на стыке с другими науками (материаловедением, физикой, математикой, химией, экономическими науками и др.).

*Прикладные исследования* направлены на нахождение способов использования законов природы для создания новых и совершенствования существующих средств и способов человеческой деятельности. Цель прикладных исследований – установление того, как можно использовать научные знания, полученные в результате фундаментальных исследований, в практической деятельности человека.

В результате прикладных исследований на основе научных понятий создаются технические понятия и определения, проводится классификация и т. д. Прикладные исследования, в свою очередь, подразделяются на поисковые, научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы.

*Поисковые исследования* направлены на установление факторов, влияющих на объект, отыскание путей создания новых технологий и техники на основе способов, предложенных в результате фундаментальных исследований.

В результате *научно-исследовательских работ* создаются новые технологии, опытные установки и образцы, устройства, приборы и т. д.

Целью *опытно-конструкторских работ* является подбор конструктивных параметров и характеристик, заложенных в основе конструкции.

В результате фундаментальных и прикладных исследований формируется новая научная и научно-техническая информация. Целенаправленный процесс преобразования такой информации в форму, пригодную для освоения на практике, а именно в автомобильной промышленности, принято называть *разработкой*. Она направлена на создание новой техники, материалов, технологии или совершенствование существующих. Конечной целью разработки является подготовка материалов прикладных исследований к внедрению.

Научные исследования в автомобилестроении в современную эпоху неуклонно движутся вперед в соответствии с научно-техническим прогрессом. Их эффективность зависит от уровня развития производительных сил общества, которые достигли определенных высот.

Характерные особенности развития науки в автомобилестроении: динамичность, активное внедрение информационных технологий, передовых методов и средств передачи и обработки информации, насыщенность микроэлектроникой. Эти новые технологии с каждым днем непрерывно видоизменяются и совершенствуются. Транспортные средства становятся все более мобильными и электронизированными. Увеличивается количество автоматизированных функций и рабочих операций, что значительно повышает качество выполнения транспортных работ, увеличивая производительность. Машины оснащаются бортовой микроэлектроникой, средствами автонавигации и телекоммуникации, что обеспечивает широкий спектр сервисных возможностей, увеличивает комфорт и повышает безопасность.

Учебная исследовательская и научная исследовательская работа студентов в области автомобилестроения в основном носит характер прикладных исследований или разработок. Прикладные исследования могут быть поисковыми (по установлению факторов, влияющих на свойства объекта в различных условиях, или исследованию показателей качества путем решения оптимизационных задач; могут быть направлены на модернизацию техники или материалов изготовления деталей на основе новых технологий и полученных результатов фундаментальных исследований и др.), научно-исследовательскими (путем получения новых технологий, создания опытных установок, устройств и образцов, разработки новых конструкций и т. п.).

Разработки могут быть направлены на создание и утверждение конструкторской, технологической, нормативной документации и т. д.

*Основные научные направления. Структурные единицы научного направления: комплексные проблемы, проблемы, темы и научные вопросы. Требования к выбору темы научного исследования.* Каждую научно-исследовательскую работу (НИР) можно отнести к определенному направлению. Под *научным направлением* понимается наука или комплекс наук, в области которых ведутся исследования. Различают техническое, биологическое, социальное, физико-техническое, историческое и другие научные направления с возможной последующей детализацией. Автомобилестроение относится к направлению «Технические науки».

Структурными единицами научного направления являются: комплексные проблемы, проблемы, темы и научные вопросы. Комплексная проблема представляет собой совокупность проблем, объединенных единой целью; проблема – это совокупность сложных теоретических и практических задач, решения которых назрели в обществе. Проблема возникает тогда, когда человеческая практика встречает затруднения или даже наталкивается на «невозможность» в достижении цели. Проблема может быть глобальной, национальной, региональной, отраслевой, межотраслевой, что зависит от масштаба возникающих задач.

К глобальным проблемам можно отнести проблему войны и мира. Национальные проблемы – это те, которые характерны для всей страны в целом: проблема безработицы, распространения наркомании, демографические проблемы (снижение рождаемости, уменьшение средней продолжительности жизни) и т. д. Региональные проблемы для населения того или иного региона – экологическое неблагополучие, высокий уровень отдельных видов заболеваний и т. д.

Отраслевые проблемы – те, которые можно отнести к отдельной отрасли промышленности, например проблемы автомобильной промышленности. Межотраслевые проблемы являются общими для различных отраслей промышленности, сельского хозяйства и др. Например, проблема обеспечения качества сырья и его доставки для производства пищевых продуктов относится и к сельскому хозяйству, и к автомобильной промышленности.

При выборе проблемы, с целью разрешения которой планируется выполнение научного исследования, важно уметь отличать научные проблемы от псевдопроблем (мнимых, ложных проблем). Наибольшее количество псевдопроблем связано с недостаточной информированностью научных работников, поэтому иногда возникают необоснованные проблемы, целью которых оказываются ранее полученные результаты. Это приводит к напрасным затратам средств и труда ученых.

*Научная задача* – это некоторая часть проблемы, требующая определенного решения. Процесс решения технических задач связан с поисковыми работами по выбору нужных вариантов и комбинаций, требуемых схем, обоснованию конструктивных решений, определению оптимальных и рациональных параметров объекта (механизма), синтезу алгоритмов и т. д. При



этом учитываются знания, закономерности, зависимости, технологии и методики, которые уже получены на предыдущих этапах НИР.

Тема научного исследования является составной частью проблемы или задачи. В результате исследования по теме получают ответы на определенный круг научных вопросов, охватывающих часть проблемы и выбранную задачу. Обобщение результатов ответов по комплексу тем может дать решение научной проблемы или задачи.

Под *научными вопросами* обычно понимают мелкие научные задачи или часть задач, что относится к конкретной теме научного исследования.

Выбор направления, проблемы, темы научного исследования и постановка научных вопросов является чрезвычайно ответственной задачей. Направление исследования часто определяется спецификой научного учреждения, отрасли науки, в которых работает исследователь. Поэтому выбор научного направления часто сводится к выбору отрасли науки, в которой он желает работать. Конкретизация же направления исследования является результатом изучения состояния производственных запросов общественных потребностей и состояния исследований в том или ином направлении на данном отрезке времени.

При выборе проблемы (задачи) и темы научного исследования сначала на основе анализа противоречий исследуемого направления формулируется сама проблема (задача) и определяются в общих чертах ожидаемые результаты, затем разрабатывается структура проблемы, задачи, выделяются темы, вопросы, устанавливается их актуальность.

Каждая тема исследования должна отвечать следующим требованиям:

- быть актуальной (актуальность – важность, своевременность, необходимость скорейшего разрешения);
- иметь научную новизну (т. е. должна вносить вклад в науку);
- иметь практическую значимость;
- быть экономически эффективной.

Поэтому выбор темы должен базироваться на специальном технико-экономическом расчете или на значимости темы исследования для престижа отечественной науки.

Важной характеристикой темы является возможность быстрого внедрения результатов в производство. Особо важно обеспечить широкое внедрение результатов как на предприятии заказчика, так и в масштабах отрасли.

### ***Порядок выполнения работы***

- 1 Изучить структуру научных исследований.
- 2 Усвоить понятие научной проблемы и задач исследования.
- 3 Предложить объекты научных исследований в сфере автомобилестроения.
- 4 По заданию преподавателя сформулировать проблему и (или) научно-техническую задачу при модернизации выбранного механизма автомобиля.

Предложить возможные пути ее решения. Для этого можно воспользоваться [1].

5 Составить отчет.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Цели и задачи научного исследования.
- 2 Объект и предмет научного исследования.
- 3 Объекты исследования в области автомобилестроения.
- 4 В чем особенности фундаментальных исследований?
- 5 В чем особенности прикладных исследований?
- 6 Разработки и их значение в технических науках.
- 7 Взаимосвязь структурных единиц научного направления.
- 8 Понятие научной проблемы и задач исследования.
- 9 Что такое псевдопроблемы и каковы причины их возникновения?
- 10 Перечислите основные требования к теме научного исследования.
- 11 Как оценить экономическую эффективность темы исследования?
- 12 Как обосновать и выбрать тему научных исследований в области автомобилестроения?

## **2 Практическое занятие № 2. Структура и особенности научного познания. Роль науки в познании**

***Цель работы:*** ознакомиться со структурой и особенностями научного познания.

### ***Общие сведения***

Особенности научного познания заключаются в следующем.

1 Главная задача научного познания – обнаружение объективных законов, закономерностей. Отсюда – ориентация исследования главным образом на общие, существенные свойства предмета, его необходимые характеристики и их выражение в системе абстракций, в форме идеализированных объектов. Понятие научности предполагает открытие закономерностей и зависимостей, углубление в сущность изучаемых физических явлений.

2 Непосредственная цель и высшая ценность научного познания – объективная истина, постигаемая преимущественно рациональными средствами и методами, причем не без участия живого созерцания и внерациональных средств. Научному познанию свойственны объективность, устранение не присущих предмету исследования субъективистских моментов. Причем активность субъекта – важнейшее условие и предпосылка научного познания. Последнее неосуществимо без конструктивно-критического и самокритического отношения к действительности, исключающего косность, догматизм, апологетику, субъективизм, монополизм на истину.

3 Наука как форма познания ориентирована на то, чтобы быть воплощенной в практике, руководством к действию по управлению реальными процессами. Жизненный смысл научного изыскания может быть выражен формулой: «Знать, чтобы предвидеть, предвидеть, чтобы практически действовать».

4 Научное познание есть сложный противоречивый процесс воспроизводства знаний, образующих целостную развивающуюся систему понятий, теорий, гипотез и других идеальных форм, закрепленных в соответствующих языках (математическая символика и формулы). Научное знание, обобщая систему фактов в системе понятий, углубляется и развивается до таких наиболее зрелых своих форм, как теория и закон. Непрерывное самообновление наукой своего концептуального арсенала считается важным показателем научности.

5 В процессе научного познания применяются специфические материальные средства, приборы, оборудование. Для научного исследования характерно использование средств формальной логики, диалектики, системного, кибернетического, синергического и других общенаучных приемов и методов.

6 Научному познанию присуща строгая доказательность, обоснованность полученных результатов, достоверность выводов. Вместе с тем допустимы гипотезы, догадки, предположения, вероятностные суждения и т. п. Причем важнейшее значение имеет логико-методологическая подготовка исследователей, их философская *культура*, постоянное совершенствование своего мышления, умение правильно применять его законы и принципы.

7 Для науки характерна постоянная методологическая рефлексия, т. е. изучение объектов, выявление их специфики, свойств и связей всегда в той или иной мере сопровождается осознанием самих исследовательских процедур, т. е. изучение используемых при этом методов, средств и приемов, при помощи которых познаются данные объекты.

8 В современной методологии науки выделяют различные уровни критериев научности, относя также к ним внутреннюю системность знания, его формальную непротиворечивость, опытную проверяемость, воспроизводимость, открытость для критики, свободу от предвзятости, строгость и т. д.

*Структура научного познания.* Научное познание (и знание как его результат) есть целостная развивающаяся система с единством устойчивых взаимосвязей между элементами. Аспекты структуры научного познания: объект (предметная область познания); субъект познания; средства, методы познания – его орудия (материальные и духовные) и условия осуществления. Сюда относят также фактический материал, результаты первоначального его обобщения в понятиях, основанные на фактах научные предположения (гипотезы), выводимые из последних принципы и теории и т. д.

Научное познание есть процесс, т. е. развивающаяся система знания, основным элементом которой является теория – высшая форма организации знания. Научное познание включает в себя два основных уровня: эмпирический и теоретический. Они взаимосвязаны, но различаются друг от друга своей спецификой.

Любое научное исследование начинается со сбора, систематизации и обобщения *фактов*. Факт (от лат. *facturum* – сделанное, свершившееся) имеет следующие характеристики:

- некоторый фрагмент действительности, объективные события, результаты, относящиеся либо к объективной реальности, либо к сфере сознания и познания;

- знание о каком-либо событии, явлении, достоверность которого доказана, выступая синонимом истины;

- предложение, фиксирующее эмпирическое знание, т. е. полученное в ходе наблюдений и экспериментов.

Второе и третье из названных значений резюмируется в понятии «научный факт». Последний становится таковым тогда, когда является элементом логической структуры конкретной системы научного знания.

Сбор фактов, их первичное обобщение, «протоколирование» данных (наблюдаемых, экспериментальных), их систематизация, классификация и иная фактофиксирующая деятельность – важные признаки эмпирического познания. Эмпирическое исследование направлено непосредственно на свой объект. Оно осваивает его с помощью таких приемов и средств, как сравнение, наблюдение, измерение, эксперимент, т. е. когда объект воспроизводится в искусственно созданных и контролируемых условиях, анализ (разделение объекта на составные части), индукция (движение познания от частного к общему) и др.

Теоретический уровень научного познания характеризуется преобладанием рациональных форм (понятий, теорий, законов). Живое созерцание, чувственное познание здесь не устраняются, а становятся подчиненными (и важными) аспектами познавательного процесса. Теоретическое познание отражает явления и процессы со стороны их внутренних связей и закономерностей, постигаемых с помощью рациональной обработки данных эмпирического знания.

На основе эмпирических данных происходит обобщение исследуемых объектов, постижение их сущности, принципов их существования, составляющих основное содержание теорий, квинтэссенцию знания на данном уровне. Важнейшая задача теоретического знания – достижение объективной истины во всей ее полноте содержания. Широко при этом используются такие познавательные приемы, как абстрагирование – отвлечение от ряда свойств и отношений предметов, идеализация – процесс создания чисто мысленных предметов («точка», «идеальный газ» и т. п.), синтез – объединение полученных в результате анализа элементов в систему, дедукция – движение познания от общего к частному, восхождение от абстрактного к конкретному и др.

Теоретическое познание характеризуется внутринаучной рефлексией, т. е. исследованием самого процесса познания, его форм, приемов, методов, понятийного и онтологического аппарата и т. д. На основе теоретического объяснения осуществляются предсказание, прогнозирование и научное предвидение.

Эмпирический и теоретический уровни познания взаимосвязаны.

*Проблема – гипотеза – теория как структурные компоненты познания.* Эти компоненты выступают вместе с тем как узловые моменты накопления знания на его теоретическом уровне.

*Проблема* является особой формой знания. Проблема нацелена на то, что еще не познано человеком, но что нужно познать. Иначе говоря, это знание о незнании, вопрос, возникший в ходе познания и требующий ответа. Проблема есть процесс, включающий два основных момента, этапа движения познания – ее постановку и решение. Правильное выведение проблемного знания из предшествующих фактов и обобщений, умение верно поставить проблему – необходимая предпосылка ее успешного решения. Проблемы возникают либо как следствие противоречия в отдельной теории, либо при столкновении двух различных теорий, либо в результате столкновения теории с наблюдениями.

Определяющее влияние на способ постановки и решения проблемы имеет, во-первых, характер мышления того периода времени, в который формулируется проблема, и, во-вторых, уровень знания о тех объектах, которых касается возникшая проблема.

Научные проблемы следует отличать от ненаучных (псевдопроблем). К примеру, в свое время появилась на свет «проблема» создания вечного двигателя. Решение какой-либо конкретной проблемы есть существенный момент развития знания, в ходе которого возникают новые проблемы, выдвигаются те или иные концептуальные идеи, в том числе и гипотезы.

*Гипотеза* – форма знания, содержащая предположение, сформулированное на основе ряда фактов, истинное значение которого неопределенно и нуждается в доказательстве. По отношению гипотез к опыту выделяют три их типа: гипотезы, возникающие непосредственно для объяснения опыта; гипотезы, в формулировании которых опыт играет определенную, но не исключительную роль; гипотезы, которые возникают на основе обобщения только предшествующих концептуальных построений.

В современной методологии науки термин «гипотеза» употребляется в двух основных значениях: форма знания, характеризующаяся проблематичностью и недостоверностью; метод развития научного знания. Гипотетическое знание носит вероятный, а не достоверный характер и требует проверки, обоснования. В ходе доказательства выдвинутых гипотез одни из них становятся истинной теорией, другие видоизменяются, уточняются и конкретизируются, третьи отбрасываются, если проверка дает отрицательный результат. Выдвижение новой гипотезы, как правило, опирается на результаты проверки старой даже в том случае, если эти результаты были отрицательными. Так, например, выдвинутая М. Планком квантовая гипотеза после проверки стала научной теорией, а гипотезы о существовании теплорода, флогистона и т. п., не найдя подтверждения, были опровергнуты, перешли в заблуждения. Стадию гипотезы прошел и открытый Д. И. Менделеевым периодический закон. Решающей проверкой истинности гипотезы является, в конечном итоге, практика во всех своих формах; но определенную роль в доказательстве или опровержении гипотетического знания играет и логический (теоретический)

критерий истины. Проверенная и доказанная гипотеза переходит в разряд достоверных истин, становится научной теорией.

*Теория* – наиболее развитая форма научного знания, дающая целостное отображение закономерных и существенных связей определенной области действительности. Примерами этой формы знания являются классическая механика И. Ньютона, теория самоорганизующихся целостных систем (синергетика) и др. Любая теория – это целостная развивающаяся система истинного знания (включая и элементы заблуждения), которая имеет сложную структуру и выполняет ряд функций. В методологии науки выделяют следующие основные элементы теории:

- исходные основания – фундаментальные понятия, принципы, законы, уравнения, аксиомы и т. п.;

- идеализированный объект – абстрактная модель существенных свойств и связей изучаемых предметов (например, «абсолютно черное тело», «идеальный газ», «абсолютно твердое тело», «материальная точка» и т. п.);

- логика теории – формальная, нацеленная на прояснение структуры готового знания, описание его формальных связей и элементов; и диалектика, направленная на исследование взаимосвязи и развития категорий, законов, принципов и других форм теоретического знания;

- совокупность законов и утверждений, выведенных из основоположений данной теории в соответствии с определенными принципами;

- философские и идеологические установки.

Ключевой элемент теории – закон, поэтому ее можно рассматривать как систему законов, выражающих сущность изучаемого объекта во всей его целостности и конкретности.

Один из основных внутренних источников развития теории – противоречие между ее формальным и содержательным аспектами. Через последний теория наполняется определенными философскими положениями исследователя, его методологическими принципами и мировоззренческими ориентирами. Эти факторы сильно влияют на процесс формирования теоретического знания и на развитие науки в целом.

К числу основных функций теории относятся следующие:

- синтетическая – любая теория объединяет, синтезирует отдельные достоверные знания в единую, целостную систему;

- объяснительная – на основе познанных объективных законов теория объясняет явления своей предметной области. Она выявляет причинные и иные зависимости, многообразие связей данного явления, его существенные характеристики и свойства, его происхождение и развитие, систему его противоречий и т. п.;

- методологическая – теория является средством достижения нового знания во всех его формах. На ее основе формулируются многообразные методы, способы и приемы исследовательской деятельности. Например, общая теория систем служит основой системно-структурного и структурно-функционального методов;

– предсказательная – на основании теоретических представлений о состоянии известных явлений делаются выводы о существовании неизвестных ранее фактов, объектов или их свойств, связей между явлениями и т. д. Примером служит открытие Д. И. Менделеевым на основе периодического закона новых химических элементов и их свойств. Предсказание состояния явлений в будущем (в отличие от тех, которые существуют, но пока не выявлены) называют научным предвидением. Прогнозирование – узкоспециализированная форма предвидения, нацеленная на выявление конкретных перспектив развития определенного явления или процесса с указанием количественных характеристик (сроки, темпы и т. п.). Например, прогнозирование работоспособности и ресурса машины и т. д.;

– практическая. Предназначение любой теории – быть воплощенной в практику, являясь руководством к действию по изменению реальной действительности. Весьма справедливо утверждение о том, что нет ничего практичнее, чем хорошая теория.

Любая теория имеет следующие основные особенности.

1 Теория – это не отдельно взятые научные положения, а их совокупность, целостная органическая развивающаяся система. Объединение знания в теорию производится прежде всего самим предметом исследования, его закономерностями.

2 Не всякая совокупность положений об изучаемом предмете является теорией. Для превращения в теорию знание должно достигнуть в своем развитии определенной степени зрелости. А именно: когда оно не просто описывает определенную совокупность фактов, но и объясняет их, вскрывает причины, противоречия и закономерности явлений.

3 Для теории обязательным является обоснование, доказательство входящих в нее положений: если нет обоснований, нет и теории.

4 Теоретическое знание должно стремиться к объяснению как можно более широкого круга явлений, непрерывному углублению знаний о них.

5 Характер теории зависит от степени обоснованности ее определяющего начала, отражающего фундаментальную закономерность данного предмета.

6 Важную роль при выборе теорий играет степень их проверяемости: чем она выше, тем больше шансов выбрать хорошую и надежную теорию. Предпочтительной считается теория, сообщающая наибольшее количество информации и имеющая более глубокое содержание. Она является логически более строгой, обладает большей объяснительной и предсказательной силой и может быть легко проверена посредством сравнения предсказанных фактов с наблюдениями.

### ***Порядок выполнения работы***

1 Изучить структуру и особенности научного познания.

2 Разобраться с иерархией между структурными компонентами познания: проблемой, гипотезой и теорией.

3 По заданию преподавателя на основе предложенной проблемы выдвинуть несколько гипотез, позволяющих определить пути (основные направления) ее решения. При этом целесообразно воспользоваться известными теориями и физическими законами.

4 Составить отчет.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Понятие научного познания.
- 2 Перечислите особенности научного познания.
- 3 Понятие факта и его характеристики.
- 4 Перечислите структурные компоненты познания.
- 5 Понятие эмпирического и теоретического уровней познания.
- 6 Понятие научной теории и ее характеристики.
- 7 Основные функции научной теории.

## **3 Практическое занятие № 3. Методы инженерного творчества**

***Цель работы:*** ознакомиться с различными методами решения инженерных задач.

### ***Общие сведения***

Творчество – мышление в его высшей форме, выходящее за пределы известного, а также процессы, обусловленные особенностями человеческой психики и закономерностями высшей нервной деятельности, порождающие нечто качественно новое. Эти процессы включают в себя постановку или выбор задачи, поиск условий и способа ее решения и в результате – создание нового.

Творчество может иметь место в любой сфере деятельности человека, в том числе и научной. Научное творчество связано с познанием. Научно-техническое творчество имеет прикладные цели, оно направлено на удовлетворение практических потребностей человека и предусматривает решение задач в области техники на основе использования достижений науки.

Ранее ученые и изобретатели для создания нового использовали малопродуктивный метод «проб и ошибок». В бессистемном переборе большого количества возможных (мыслимых) вариантов иногда находилось нужное решение. При этом, чем сложнее задача, чем выше ее творческий уровень, тем больше возможных вариантов ее решения, тем больше «проб» нужно совершить. В связи с этим творческие находки имели преимущественно случайный характер. От первой повозки с колесами до изобретения колеса со ступицей и спицами (2 тыс. лет до н. э.) прошло около двух тысячелетий. Однако история человечества показывает, что в целом период реализации творческих идей имеет ярко выраженную тенденцию к сокращению.



Действительно, если от печатных досок до изобретения книгопечатания (1440 г.) прошло «лишь» шесть веков и затем до создания печатной машинки четыре века, то, например, транзистор, изобретенный в 1948 г., был реализован в 1953 г. В эпоху современной научно-технической революции потребность в новых технических решениях высокого уровня существенно возросла и продолжает увеличиваться, что постоянно повышает требования к эффективности и качеству творческого труда.

Творчество представляет собой явление, относящееся, прежде всего, к конкретным субъектам и связанное с особенностями человеческой психики, закономерностями высшей нервной деятельности, умственного труда. Механизм творчества не раскрыт до сих пор. По мнению одних ученых, творческий процесс мышления начинается там, где создалась проблемная ситуация, предполагающая поиск решения в условиях неопределенности и дефицита информации. Другие утверждают, что определяющим механизмом творчества является не логика, а интуиция. «Посредством логики доказывают, посредством интуиции изобретают», – говорил А. Пуанкаре.

Интуиция представляет собой быстрое решение, полученное в результате длительного накопления знаний в данной области, подытоживая совокупность умственной деятельности человека. Интуиция связана с процессом творческого труда.

Специфический акт творчества – внезапное озарение – заключается в осознании чего-то, всплывшего из глубин подсознания, в схватывании элементов ситуации в тех связях и отношениях, которые обеспечивают решение задач. Исследователю иногда кажется, что на него ниспослано озарение, что удачная мысль пришла неведомо откуда. Причем сам процесс обработки информации не осознается, поиск решения сложной задачи происходит в подсознании, а в сознании отражается лишь результат (если он получен).

Важным для творчества видом мышления является воображение. Творческому воображению, фантазии принадлежит решающая роль в создании нового.

На процесс творчества отрицательно сказываются некоторые субъективные факторы, которые следует знать молодому исследователю. К ним относятся отсутствие гибкости мышления, сила привычки, узкопрактический подход, чрезмерная специализация, влияние авторитетов, боязнь критики, страх перед неудачей, чересчур высокая самокритичность, лень. Противоположностью творческого воображения является психологическая инерция мышления, связанная со стремлением действовать в соответствии с прошлым опытом и знаниями, с использованием стандартных методов.

К методологическим средствам научно-технического творчества относятся эвристические приемы и методы активации и научной организации творческого труда. Некоторые из них приведены далее.

Приемы дробления и объединения (частей или операций). Например, гайка, резьба и корпус которой выполнены отдельными деталями, может быть

снята с болта без свинчивания, а объединение в автомобильном колесе двух шин позволяет намного повысить его надежность.

Прием вынесения (отделения мешающей части или выделения единственно нужной). Например, при флюорографии для защиты от рентгеновских лучей многих органов на пути излучения ставят защитные барьеры, оставляя доступными для него только нужные части грудной клетки.

Прием инверсии (вместо диктуемого условиями задачи действия используется противодействие). Например, при испытаниях движется не сам автомобиль, а перемещается опорная поверхность, имитирующая дорогу.

Прием перехода в другое измерение предполагает применение других измерений при размещении, пространственной ориентации объектов. Такой прием использован, например, в предложении хранить бревна в воде в виде пучков диаметром, превышающим длину, путем установки пучков в вертикальном положении.

Прием универсальности (совмещение в одном объекте нескольких функций). Например, педаль акселератора, помимо функции задатчика скоростного режима, может одновременно служить устройством, определяющим намерения водителя, темп воздействия и т. п.

Прием обращения вреда в пользу (использование отрицательных свойств явлений и объектов для некоторого положительного эффекта) широко применяется в диссипативных элементах машин (амортизаторах) и системах рекуперации энергии.

Прием самообслуживания (придание дополнительных свойств объекту, обеспечивающих повышение его эффективности, прочности и др.). Например, стойкость плит корпуса дробедробного аппарата повышают путем придания им свойства магнита, удерживающего на своей поверхности постоянно обновляющийся слой дроби.

Эффективным эвристическим приемом в творческой деятельности является идеализация конечного результата – машины, устройства, процесса или материала. Например, идеальной может быть признана лампочка накаливания с контактами из ртути, обеспечивающими ее включение в одном положении и выключение – в другом, что позволяет обойтись без дополнительного элемента в цепи (выключателя). При идеализации стремятся максимально приблизиться к идеальному результату, значительно улучшив требуемые показатели.

Важным общенаучным методом познания является аналогия. На практике используются несколько видов аналогий. При *прямой* аналогии рассматриваемый объект сравнивается с более или менее схожим из другой области техники или живой природы. Пример: датчик, реагирующий на движущийся объект подобно глазу лягушки. *Символическая* (абстрактная, обобщенная) аналогия требует формулировки в парадоксальной форме сути явления. Например, пламя – видимая теплота; прочность – принудительная целостность и др. *Личная* аналогия представляет собой отождествление себя с исследуемым объектом. Для этого решающий задачу должен вжиться в образ

совершенствуемого объекта с целью выяснения возникающих при этом ощущений, т. е. «прочувствовать» задачу. Существует и *фантастическая* аналогия, когда в объект вводятся какие-либо нереальные средства, выполняющие то, что требуется по условию задачи.

Исследователи и изобретатели в своей практике давно используют *физическую* и *математическую* аналогии.

В научно-техническом творчестве обязательно используется такой общенаучный метод, как *анализ*. Широкое распространение в творческой деятельности получил так называемый *морфологический анализ*, состоящий в систематическом исследовании всех мыслимых вариантов, вытекающих из закономерности строения (т. е. морфологии) совершенствуемой системы. Данный метод предусматривает:

- *формулировку задачи; составление списка характерных параметров (признаков) объекта.* Например, для такой технической системы, как автотранспортное средство, к характерным признакам относятся тип автомобиля (легковой, грузовой или автобус), его класс или классификационный параметр, полная масса, габаритная длина, пассажировместимость. Признаки должны быть существенными для любого решения; охватывающими все аспекты задачи; достаточно немногочисленными, чтобы обеспечить быстрое изучение;

- *составление списка частичных решений для каждого параметра или признака.* По каждому признаку записывают возможные варианты. Целесообразно при этом указать, что данного параметра нет вообще – это облегчает выход к новым и иногда эффективным решениям;

- *определение функциональной ценности всех возможных сочетаний.* На практике могут быть использованы морфологические карты, представляющие собой двухосные таблицы, в каждой ячейке которой указывается один вариант.

*В заключение* выбирают наиболее приемлемое решение, для отбора которого особых правил нет, но целесообразнее всего выбирать несколько главных элементов, а остальные подбирать так, чтобы они соответствовали и усиливали главные элементы. При этом для объектов и элементов систем используют так называемые морфологические таблицы, в которых представляют их самые различные свойства. Морфологический анализ наиболее целесообразно использовать при решении конструкторских задач общего плана, при поиске компоновочных и схемных решений, при проектировании машин и механизмов. Он может применяться для прогнозирования развития технических систем, при определении возможности патентования оригинальных комбинаций параметров и элементов.

Эффективным средством при научно-техническом поиске новых решений являются ассоциативные методы, осуществляющие значительную активизацию творческого мышления. Эти методы основываются на применении семантических свойств понятий. При этом основными источниками для генерирования идей служат ассоциации (связи, возникающие при определенных условиях между несколькими психологическими образованиями – ощущениями,

восприятиями, идеями, двигательными актами и т. п.), метафоры (перенесение свойств одного предмета или явления на другой на основании общего для обоих признака, например, «золотая середина», «дерево процесса») и случайно выбранные понятия, признаки которых переносятся на совершенствуемый объект.

Применение одного из таких методов – метода гирлянд случайностей и ассоциаций – рассмотрено на конкретном примере в [1].

Интерес представляют также методы психологической активизации коллективной творческой деятельности. Одним из них является «мозговая атака» («мозговой штурм»), предложенная А. Осборном. Для устранения психологических препятствий, вызываемых, например, боязнью критики, процессы выработки идей и их критической оценки в мозговой атаке разделены во времени и проводятся, как правило, разными группами людей. Первая группа только выдвигает различные предложения и варианты решений без критики. В нее желательно включать людей, склонных к абстрагированию, фантазии. Вторая группа это «эксперты», выносящие суждения о ценности выдвинутых идей. В ее состав лучше включать людей с аналитическим и критическим складом мышления.

В процессе технического творчества используются различные методики программного решения научно-технических задач, алгоритмы решения изобретательских задач (АРИЗ). Задачи в АРИЗ рекомендуется формулировать в терминах, доступных неспециалисту и в виде нежелательного эффекта или главной трудности, а не цели. Смысл процесса решения в АРИЗ состоит в том, чтобы после выявления физических и технических противоречий разрешить их путем целенаправленного перебора относительно небольшого числа вариантов.

Типовые примеры устранения технических противоречий:

- принцип дробления;
- принцип вынесения;
- принцип местного качества;
- принцип асимметрии;
- принцип «наоборот»;
- принцип объединения;
- принцип универсальности;
- принцип «матрешки»;
- принцип антивеса;
- принцип предварительного напряжения;
- использование механических колебаний;
- принцип «обратить вред на пользу»;
- принцип изменения окраски;
- использование гибких оболочек и тонких пленок;
- принцип отброса и регенерации частей;
- принцип применения инертной среды.

### ***Порядок выполнения работы***

- 1 Изучить особенности научно-технического творчества.
- 2 Изучить приемы и методы активации творческого труда.
- 3 По заданию преподавателя для предложенных двух или трех технических объектов (машин, механизмов, систем) провести их морфологический анализ.
- 4 Для сформулированной преподавателем научно-технической проблемы (задачи), применив один из методов устранения технических противоречий, предложить решение поставленной проблемы (задачи).
- 5 Составить отчет, отразив в нем пути, схемы и алгоритмы решения поставленной проблемы (задачи).

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Понятие научно-технического творчества.
- 2 Назначение и виды научно-технического творчества.
- 3 Назовите эвристические приемы и методы активации творческого труда.
- 4 Понятие морфологического анализа.
- 5 Перечислите принципы устранения технических противоречий.

## **4 Практическое занятие № 4. Основные этапы исследований при выполнении научно-технической задачи**

***Цель работы:*** ознакомиться с основными этапами исследований при выполнении научно-технической задачи.

### ***Общие сведения***

Пути решения проблем науки на транспорте напрямую связаны с активным использованием и внедрением в автомобиле- и тракторостроении новых технологий – информационных и интеллектуальных.

Одним из аспектов проблемы науки на транспорте является *создание электронных систем для автомобиле- и тракторостроения*. Причем, несмотря на стремительное внедрение в этих областях микроэлектроники, главные нерешенные вопросы здесь не в разработке материальной аппаратной части, а в создании высокоэффективных алгоритмов и программного обеспечения.

Несмотря на прогрессивность автоматизированных средств и систем управления и контроля технического состояния механизмов автомобиля, в силу разных причин (отсутствие технической возможности, неиспользование или недостаточное использование новых и интеллектуальных технологий) им присущ ряд ограничений и недостатков [1].

В связи с этим ведущая роль в развитии научно-технического прогресса в сфере транспорта отводится научным исследованиям и инновационным подходам при решении ряда проблем. Современный инженер должен владеть не только приобретенным в вузе багажом знаний в области фундаментальных и специфических дисциплин, но и обладать творческими навыками в процессе решения сложных научно-технических задач.

При решении задачи в сфере автомобилестроения необходимо проработать следующие вопросы:

- назначение, условия и режимы работы автомобилей;
- выбор системы показателей качества для оценки проектируемого автомобиля;
- разработка технических требований к проектируемому автомобилю;
- обзор и анализ существующих конструкций;
- патентный поиск;
- обоснование и выбор технических решений.

*Введение и общее состояние проблемы (задачи).* Здесь исследуются общие вопросы состояния автомобилестроения и тенденций развития автомобилей, проводятся характеристики и назначение выпускаемых заводами автомобильной промышленности номенклатуры автотранспортных средств.

*Назначение, условия и режимы работы автомобилей.* Дается описание условий эксплуатации проектируемого автомобиля или механизма, на основании чего устанавливаются значения параметров, определяющих режимы работы разрабатываемых механизмов и систем автомобиля.

*Разработка технических требований к проектируемому автомобилю или механизму.* На основании условий эксплуатации автомобиля, существующих стандартов и нормативов разрабатываются технические требования к проектируемому автомобилю. Используются также стандарты на систему показателей качества продукции.

*Обзор и анализ существующих конструкций по теме исследования.* На основе разработанных требований осуществляется выбор критериев, по которым производится анализ и оценка существующих конструкций. Анализу подвергается как проектируемый автомобиль в целом, так и его отдельные механизмы.

*Патентный поиск по тематике научного исследования.* Патентный поиск производится по патентным источникам. Для этих целей широко привлекаются ресурсы отечественных и зарубежных патентных библиотек и фондов, а также информационные ресурсы глобальных сетей (интернета). Найденные технические решения подвергаются анализу, выявляются их достоинства и недостатки. При этом рассматривается возможность применения в проектируемом автомобиле изобретений, подвергшихся анализу.

*Обоснование и выбор технических решений по проектируемому автомобилю или механизму.* На основании проведенного анализа существующих конструкций и патентного поиска производится обоснование и

выбор технических решений, в число которых входят: тип автомобиля, типы его отдельных механизмов и элементов, возможность автоматизации и т. д.

### ***Порядок выполнения работы***

- 1 Изучить этапы научно-технического исследования проблемы (задачи).
- 2 Изучить способы поиска научно-технической информации.
- 3 Для сформулированной преподавателем научно-технической проблемы (задачи) наметить пути ее решения. Предпочтительно тематику проблемы связать со сферой автомобиле- и тракторостроения.
- 4 Составить отчет, отразив в нем основные этапы решения научно-технической задачи, и указать предполагаемые (ожидаемые) результаты.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Перечислите этапы научно-технического исследования.
- 2 Способы поиска научно-технической информации.
- 3 Укажите способы (методы) выбора и обоснования технических решений по проектируемому механизму автомобиля.
- 4 Способы анализа научно-технической информации.
- 5 Методика выбора научно-технического решения.

## **5 Практическое занятие № 5. Проведение экспериментальных исследований**

***Цель работы:*** ознакомиться с основными видами проведения экспериментальных исследований.

### ***Общие сведения***

Конечной целью экспериментальных исследований является нахождение таких условий, при которых процессы, установки, аппараты и прочие устройства работали бы при оптимальных условиях, а производимая продукция обладала бы оптимальными свойствами.

Экспериментальные исследования, которые проводятся в различных отраслях науки, классифицируют по ряду признаков.

*По способу формирования условий* выделяют естественный и искусственный эксперименты.

*По целям исследования* различают эксперименты преобразующие, констатирующие, контролируемые, поисковые и решающие.

*По организации проведения* бывают эксперименты лабораторные и натурные.

*По структуре изучаемых объектов и явлений* различают простой и сложный эксперименты.

*По характеру внешних воздействий на объект исследования* выделяют вещественный, энергетический и информационный эксперименты.

*По характеру взаимодействия средства экспериментального исследования с объектом исследования* существуют обычный и модельный эксперименты.

*По типу моделей, исследуемых в эксперименте,* выделяют материальный и мысленный эксперименты.

*По контролируемым величинам* эксперименты разделяют на пассивный и активный.

*По числу варьируемых факторов* существуют однофакторный и многофакторный эксперименты.

Конечно, для классификации могут быть использованы и другие признаки. Приведенная классификация экспериментальных исследований не может быть признана полной, поскольку с расширением научного знания расширяется и область применения экспериментального метода. Кроме того, в зависимости от задач эксперимента различные его типы могут объединяться, образуя комплексный, или комбинированный, эксперимент.

В учебных целях, учитывая возможности базы университета, студентам предлагается план.

Эксперимент искусственный связан с формированием искусственных условий (широко применяется в естественных и технических науках).

*Преобразующий (созидательный) эксперимент* включает активное изменение структуры и функций объекта исследования в соответствии с выдвинутой гипотезой, формирование новых связей и отношений между компонентами объекта или между исследуемым объектом и окружающей средой. В нем преднамеренно создают условия, которые должны способствовать формированию новых свойств и качеств объекта.

*Контролирующий эксперимент* сводится к контролю за результатами внешних воздействий на объект исследования с учетом его состояния, характера воздействия и ожидаемого эффекта.

*Лабораторный эксперимент* проводится в лабораторных условиях с применением типовых приборов, специальных моделирующих установок, стендов, оборудования и т. д.; при этом изучается не сам объект, а его образец. Этот эксперимент позволяет изучить влияние одних характеристик при варьировании других, получить научную информацию с минимальными затратами времени и ресурсов. Возможен переход лабораторного эксперимента на натурный.

*Натурный эксперимент* проводится в естественных условиях и на реальных объектах. Он часто используется в процессе испытаний изготовленных систем. В зависимости от места проведения испытаний натурные эксперименты подразделяются на производственные, полевые, полигонные, полунатурные и т. п. Натурный эксперимент всегда требует тщательного продумывания и планирования, рационального подбора методов исследования.



*Простой эксперимент* используется для изучения объектов с небольшим количеством взаимосвязанных и взаимодействующих элементов, выполняющих простейшие функции и не имеющих разветвленной структуры.

*Активный эксперимент* связан с выбором входных сигналов (факторов) и контролирует вход и выход исследуемой системы. В этом случае исследователь организует и активно влияет на ход эксперимента, задавая различные нагрузки, изменяя продолжительность их воздействия, количество и виды входных параметров и их вариацию. В настоящее время активные эксперименты проводят по специальным планам (программам), которые разрабатывают перед их проведением. План активного эксперимента включает: цель и задачи эксперимента; выбор варьируемых факторов; обоснование объема эксперимента, числа опытов; порядок реализации опытов, определение последовательности изменения факторов, задание интервалов между будущими экспериментальными точками; обоснование средств измерений; описание проведения эксперимента; обоснование способов обработки и анализа результатов эксперимента.

Решение вопросов производится на основании специальной математической теории планирования эксперимента, что позволяет оптимизировать объем исследований и повысить их точность.

*Однофакторный эксперимент* предполагает исключение малозначимых факторов, выделение существенных факторов и их поочередное варьирование.

*Вещественный эксперимент* рассматривает влияние воздействия физических тел на состояние объекта исследования.

*Обычный (или классический) эксперимент* включает экспериментатора как познающего субъекта, а также объект или предмет экспериментального исследования и средства его осуществления (инструменты, приборы, экспериментальные установки). Причем экспериментальные средства непосредственно взаимодействуют с объектом исследования.

В некоторых случаях заданием может быть модельный эксперимент. В отличие от обычного, проводится с моделью исследуемого объекта. Модель входит в состав экспериментальной установки, замещая не только объект исследования, но часто и условия, в которых изучается некоторый объект. Различие между моделью и реальным объектом может стать источником ошибок, что требует дополнительных затрат времени и теоретического обоснования свойств модели.

В *материальном эксперименте* используются материальные объекты исследования.

Для систематизации полученного опыта при проведении экспериментов необходимо обеспечить следующие качества: всеобщность, проверенность, воспроизводимость явлений и устойчивость знаний.

Важным инструментом для обеспечения качества эксперимента является метрология.

## ***Общие положения метрологии***

Основными компонентами метрологии являются:

– общая теория измерений; единицы физических величин (величины, которым по определению присвоено числовое значение, равное единице) и их системы (совокупность основных и производных единиц, образованная в соответствии с некоторыми принципами);

– методы и средства измерений;

– методы определения точности измерений;

– основы обеспечения единства измерений, при которых результаты измерения выражены в узаконенных единицах, а погрешности измерений известны с заданной вероятностью, что возможно при единообразии средств измерения (средства измерения должны быть проградуированы в узаконенных единицах и их метрологические свойства должны соответствовать нормам).

Метрологическая служба Республики Беларусь связана со всей системой стандартизации в стране, обеспечивает достоверность, сопоставимость показателей качества, закладываемых в стандарты, дает методы определения и контроля таких показателей.

В основу деятельности службы положен Закон Республики Беларусь «Об обеспечении единства измерений», принятый в 1995 г.

Важнейшие значения в метрологии отводятся средствам измерений и эталонам. Согласно стандарту РМГ 29–99 (Рекомендации межгосударственные по стандартизации «Метрология. Основные требования и определения») в измерениях необходимо пользоваться только единицами, составляющими международную систему единиц (СИ) – согласованную систему, в которой для любой физической величины предусматривается только одна единица измерения. Некоторым из единиц даны особые названия, примером может служить единица давления – паскаль, тогда как названия других образуются из названий тех единиц, от которых они произведены, например единица скорости метр в секунду. В СИ входят семь основных единиц измерения (метр, килограмм, секунда, кельвин, моль, ампер, кандела) и две дополнительные (радиан и стерадиан).

## ***Контрольные вопросы***

- 1 Перечислите виды экспериментов.
- 2 Перечислите признаки, в соответствии с которыми проводят эксперименты.
- 3 Укажите основные положения метрологии.
- 4 Какие единицы измерения входят в систему СИ?

## 6 Практическое занятие № 6. Ошибки измерения в экспериментальных исследованиях

**Цель работы:** ознакомиться с основными видами ошибок измерения в экспериментальных исследованиях.

### *Общие сведения*

В экспериментальных исследованиях числовое значение физической величины получают в результате ее измерения, т. е. путем сравнения с другой величиной того же рода, принятой за единицу. При выбранной системе единиц результаты измерений выражаются определенными числами (10 Н, 1,95 м, 33,9 кг и т. д.). Даже при самых точных измерениях одной и той же величины возможны ошибки.

*Ошибка измерения* – это разность между результатом измерения ( $x$ ) и истинным значением ( $a$ ) измеряемой величины:

$$x - a = z.$$

Ошибка измерения обычно неизвестна, так как неизвестно истинное значение. Поэтому ставится задача более точного определения истинного значения.

Все ошибки измерений подразделяют на грубые, систематические и случайные.

*Грубые ошибки* происходят при нарушении основных условий измерений или в результате недосмотра экспериментатора (например, неправильная регулировка измерительного прибора либо плохое освещение его шкалы, в результате чего исследователь неправильно снимет показание, и т. п.). Внешний признак появления грубой ошибки – резкое отличие полученного результата от остальных измерений. При обнаружении грубой ошибки результат измерения отбрасывают, а эксперимент повторяют.

Вопрос о выбраковке полученного значения решается путем его сравнения с остальными результатами. Критерий оценки будет зависеть от того, известна среднеквадратичная ошибка измерений или нет. В соответствии с этим используют два метода оценки.

Первый метод применяется в тех случаях, когда известно значение среднеквадратичной ошибки измерения. Суть его заключается в следующем. Первоначально подсчитывают среднее арифметическое значение всех предыдущих результатов измерений ( $x_1, x_2, \dots, x_n$ ):

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}. \quad (6.1)$$

Далее определяют нормируемую величину

$$t = \frac{|\bar{x} - x^*|}{\sigma \sqrt{(n+1)/n}}, \quad (6.2)$$

где  $\sigma$  – среднеквадратичная ошибка измерений.

Чем больше нормируемая величина, тем больше вероятность того, что это грубая ошибка. Для выражения (6.2) созданы таблицы [16], позволяющие по значению  $t$  определять вероятность  $P$  того, что измерение  $x^*$  содержит грубую ошибку. Какую вероятность  $P$  выбрать, зависит от решения самого исследователя. Необходимо только помнить, что если принять низкий уровень малых вероятностей, то грубые ошибки могут остаться, а если взять этот уровень необоснованно большим, то можно исключить хороший результат, необходимый для правильной обработки результатов измерений. В практических исследованиях обычно используют три уровня малых вероятностей  $\alpha$ : 5-процентный (исключает ошибки, вероятность появления которых меньше 0,05); 1-процентный (исключает ошибки, вероятность появления которых меньше 0,01); 0,1 – процентный (исключает ошибки, вероятность появления которых меньше 0,001). После выбора  $\alpha$  определяют вероятность  $P$ :

$$P = 1 - \alpha. \quad (6.3)$$

При выбранном уровне  $\alpha$  «выскакивающее» значение  $x$  считают содержащим грубую ошибку с вероятностью  $P$ , если для рассчитанного отношения  $t$  выполняется условие

$$\alpha > 1 - P_{табл}, \quad (6.4)$$

где  $P_{табл}$  – табличное значение вероятности, которое берется в зависимости от  $t$  [16].

Таким образом, если условие (6.4) выполняется, то значение  $x^*$  для выбранного уровня  $\alpha$  можно исключить, и наоборот.

Как правило, среднеквадратичная ошибка измерений  $\sigma$  неизвестна, поэтому используют второй метод, при котором ее оценивают приближенно, считая, что она равна эмпирическому стандарту  $S$ :

$$\sigma \approx S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}. \quad (6.5)$$

Далее определяют отношение

$$t = \frac{|\bar{x} - x^*|}{S}. \quad (6.6)$$

Для этого отношения существует таблица [16], позволяющая для уровня точности  $\alpha$  определять предельные значения  $t_{пр}$  с учетом количества  $n$

проведенных опытов. И если  $t_{np} > t$ , то считают, что значение  $x^*$  можно оставить, а если наоборот, то его отбрасывают.

*Систематические ошибки* вызваны действием большого количества различных факторов (влажность, атмосферное давление, температура, скорость и направление ветра и т. д.). Потому считают, что учитываемый фактор вносит систематическую (постоянную) ошибку. Для ее устранения проводят дополнительные исследования. Например, чтобы выявить систематическую ошибку от действия одного фактора, используют методику эталонных условий, когда одну и ту же величину измеряют разными методами или измеряют одним и тем же прибором некоторый эталон. После того как систематическая ошибка рассчитана, ее вводят в результат в виде поправки.

*Случайные ошибки*, остающиеся после устранения всех грубых и систематических ошибок, вызываются действием большого количества факторов, влияние которых столь незначительно, что их нельзя выделить и учесть. Они неустранимы. Поэтому с помощью методов теории вероятности пытаются учесть влияние случайных ошибок на оценку истинного значения измеряемой величины.

Случайные ошибки измерения характеризуются определенным законом распределения. Существование такого закона можно обнаружить, выполнив много раз в одинаковых условиях измерение некоторой величины и подсчитав число попаданий  $m$  результатов измерений в любой выделенный интервал. Отношение этого числа к общему числу измерений  $n$  при достаточно большом количестве измерений будет близким к постоянному числу (естественно, своему для каждого интервала). Это обстоятельство позволяет применять к изучению случайных ошибок теорию вероятности. Случайные ошибки  $z$ , а значит, и сами результаты измерений  $x$  рассматриваются как случайные величины, которые в выбранном интервале  $(z_1, z_2)$  могут принимать любые значения. Весь диапазон  $z$  можно разбить на интервалы, и тогда вероятность попадания в интервал  $(z_i, z_{i+1})$  будет для каждого интервала своя. Эта вероятность на практике оценивается относительной частотой

$$m / n \approx P(z_i < z < z_{i+1}). \quad (6.7)$$

Правило, позволяющее для любых интервалов  $(z_1, z_2)$  находить вероятности  $P(z_1 < z < z_2)$ , называется *законом распределения вероятностей случайной величины  $z$* . Этот закон записывается с помощью интеграла:

$$P(z_1 < z < z_2) = \int_{z_1}^{z_2} p(z) dz, \quad (6.8)$$

где  $p(z)$  – некоторая неотрицательная функция, нормированная условием

$$\int_{-\infty}^{+\infty} p(z) dz = 1.$$

Эта функция полностью определяет соответствующий закон распределения вероятностей и называется *плотностью распределения*.

В качестве закона распределения случайных ошибок измерения чаще всего принимается нормальный закон распределения (закон Гаусса).

**Задача.** В процессе эксперимента было сделано 50 измерений. Их среднее значение и эмпирический стандарт равны соответственно 6,5 и 0,133. Затем был получен результат  $x^* = 6,866$ . Можно ли его оставить?

*Решение*

Определим нормируемую величину  $t$ :

$$t = \frac{|6,5 - 6,866|}{0,133} = 2,75.$$

Выберем 5-процентный уровень малых вероятностей. Тогда при 50 измерениях и для  $P = 0,95$   $t_{np}$  будет равно 2,038. Поскольку условие  $t_{np} > t$  не выполняется, то значение  $x^* = 6,866$  следует отбросить. Значение  $x^* = 6,866$  можно было бы оставить с той же надежностью, если бы  $n$  было равно 6. Только тогда значение  $t_{np}$  станет равным 2,78 и условие  $t_{np} > t$  будет выполнено.

### ***Порядок выполнения работы***

- 1 Изучить ошибки измерений в экспериментальных исследованиях.
- 2 Решить задачу.
- 3 Составить отчет.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Перечислите этапы научно-технического исследования.
- 2 Способы поиска научно-технической информации.
- 3 Укажите способы (методы) выбора и обоснования технических решений по проектируемому механизму автомобиля.
- 4 Способы анализа научно-технической информации.
- 5 Методика выбора научно-технического решения.

## **7 Практическое занятие № 7. Патентная экспертиза заявки на изобретение**

**Цель работы:** ознакомиться с видами экспертиз заявки на изобретение и научиться их выполнять.

### ***Общие сведения***

Экспертиза заявки на изобретение проводится патентным органом и включает предварительную и патентную экспертизы.

## **7.1 Содержание и условия проведения патентной экспертизы**

7.1.1 При проведении патентной экспертизы заявки осуществляются:

- проверка предоставленной заявителем формулы изобретения;
- проверка дополнительных материалов, если такие материалы предоставлены заявителем;
- установление приоритета изобретения;
- проверка соответствия условиям патентоспособности (новизна, изобретательский уровень, промышленная применимость) заявленного изобретения, охарактеризованного в формуле, представленной заявителем в первоначальных материалах заявки или в дополнительных материалах, принятых во внимание при ее рассмотрении.

7.1.2 Патентная экспертиза проводится по письменному ходатайству заявителя или любого заинтересованного лица.

## **7.2 Проверка формулы изобретения**

7.2.1 Принципиальная патентоспособность заявленного решения.

При проверке формулы изобретения устанавливается, не относится ли заявленное решение к объектам, которые не считаются изобретениями.

7.2.2 Проверка сущности изобретения и основанности на описании.

Формула изобретения должна выражать сущность изобретения и быть полностью основанной на описании.

Сущность – это совокупность существенных признаков, достаточная для достижения указанного заявителем технического результата. Признаки считаются существенными, если они находятся в причинно-следственной связи с техническим результатом.

7.2.3 Проверка возможности понимания смыслового содержания признаков, включенных в формулу изобретения.

Включенные в формулу изобретения признаки должны быть идентифицируемыми, т. е. охарактеризованы такими понятиями, смысловое содержание которых воспринимается специалистами однозначно на основании известного уровня техники.

7.2.4 Требование единства изобретения.

Формула изобретения может быть однозвенной и многозвенной.

Многозвенная формула, характеризующая одно изобретение, имеет один независимый и следующий за ним зависимый (зависимые) пункты.

Зависимый пункт формулы изобретения содержит развитие или уточнение совокупности признаков изобретения, приведенных в независимом пункте,

признаками, характеризующими изобретение лишь в частных случаях его выполнения или использования.

Ограничительная часть зависимого пункта формулы состоит из родового понятия, как правило, сокращенного по сравнению с приведенным в независимом пункте, и ссылки на независимый пункт формулы (например, деревообрабатывающий станок по п. 1, отличающийся тем, что ...).

Содержащаяся в зависимом пункте формулы характеристика изобретения не должна приводить к замене или исключению какого-либо признака независимого пункта.

Независимый пункт формулы должен относиться только к одному изобретению. Он не признается относящимся к одному изобретению, если содержащаяся в нем совокупность признаков включает:

- выраженные в виде альтернативы признаки, не обеспечивающие получение одного и того же результата;
- характеристику изобретений, относящихся к объектам разных категорий (например, к способу и веществу или способу и устройству и т. д.);
- совокупность средств, каждое из которых имеет свое назначение без реализации этой совокупностью средств общего назначения (здесь каждое из средств реализует свое назначение).

Многозвенная формула, характеризующая группу изобретений, имеет несколько независимых пунктов, каждый из которых характеризует одно из изобретений группы. В этом случае изобретения, включенные в группу, должны образовывать единый изобретательский замысел.

### ***7.3 Проверка дополнительных материалов***

Заявитель имеет право внести в материалы заявки на изобретение исправления и уточнения, не изменяющие сущность заявленного изобретения. до принятия решения по результатам патентной экспертизы.

Дополнительные материалы изменяют сущность заявленного изобретения если они содержат подлежащие включению в формулу изобретения признаки, отсутствующие в его первоначальной формуле.

### ***7.4 Установление приоритета***

Приоритет изобретения может быть установлен:

- по дате подачи заявки в патентный орган;
- по дате первой заявки, поданной в государстве-участнике Парижской конвенции по охране промышленной собственности;
- по дате поступления более ранней заявки того же заявителя;
- по дате подачи первоначальной заявки, если из нее выделена заявка, по которой устанавливается приоритет.



### ***7.5 Проверка промышленной применимости***

Изобретение признается патентоспособным, если оно является новым, имеет изобретательский уровень и промышленно применимо.

Для признания изобретения промышленно применимым необходимо выполнение следующих условий:

– материалы заявки должны содержать указание назначения заявленного изобретения;

– заявленное изобретение может быть осуществлено. Условием осуществимости является возможность получения материального эквивалента для каждого из признаков изобретения, т. е. для каждого из признаков должно быть ясно, как может быть получен его материальный эквивалент;

– в случае осуществления изобретения действительно возможна реализация указанного заявителем назначения. Оценка соответствия этому требованию направлена на проверку того, нет ли технических ошибок, обуславливающих неработоспособность устройства, невозможность требуемого протекания способа и т. п.

### ***7.6 Проведение информационного поиска***

Поиск проводится с целью выявления уровня техники, который используется для определения критериев патентоспособности «новизна» и «изобретательский уровень».

Уровень техники включает любые сведения, ставшие общедоступными в мире до даты приоритета. При этом не порочат новизну сведения о сущности изобретения, если раскрытие произведено в течение двенадцати месяцев до даты подачи заявки.

### ***7.7 Проверка новизны***

Изобретение считается новым, если оно не является частью известного уровня техники.

### ***7.8 Проверка изобретательского уровня***

Изобретение имеет изобретательский уровень, если оно для специалиста явным образом не следует из уровня техники.

Проверка изобретательского уровня включает:

– определение наиболее близкого аналога – средства того же назначения;

– выявление отличительных признаков заявляемого объекта (от объекта-аналога);

– выявление из уровня техники решений, имеющих признаки, совпадающие с отличительными признаками рассматриваемого изобретения.

Изобретение признается не следующим для специалиста из уровня техники, если не выявлены решения, имеющие признаки, совпадающие с отличительными.

### ***Порядок выполнения работы***

Проверить, соблюдается ли единство изобретения в следующих примерах.

**Пример 1** – Композиция ингредиентов для приготовления безалкогольного напитка, включающая компоненты А, В, С и подсластитель, отличающаяся тем, что в качестве подсластителя содержит мед или сорбит.

**Пример 2** – Способ осушки газа путем протекания его через колонну с гранулированным осушителем, отличающийся тем, что в качестве осушителя используют сульфат магния или хлорид кальция.

**Пример 3** – Шариковая ручка, содержащая корпус и стержень с пишущим наконечником, отличающаяся тем, что корпус выполнен прозрачным или со сквозными отверстиями.

**Пример 4** – Устройство для намотки рулонов в текстильном или бумажной производстве.

**Пример 5** – Металлорежущий станок с продольной или поперечной подачей режущего инструмента.

**Пример 6** – Применение вещества А в качестве красителя или жаропонижающего.

**Пример 7** – Применение вещества Г в качестве красителя для шерстяных и бумажных тканей.

**Пример 8** – Независимый пункт формулы изобретения начинается со слов: «Способ обработки полотна и устройство обработки полотна».

**Пример 9** – Набор, содержащий скребок и распылитель воды, отличающийся тем, что скребок выполнен из закаленной стали, а распылитель воды имеет головки с разными диаметрами отверстий.

**Пример 10** – Набор для удаления льда, содержащий скребок и распылитель воды, отличающийся тем, что скребок выполнен из закаленной стали, а распылитель воды имеет головки с разными диаметрами отверстий.

**Пример 11** – Способ обработки полотна путем его вытягивания, нагрева и увлажнения, отличающийся тем, что нагрев осуществляют непосредственно после вытягивания, а увлажнение проводят в паровой фазе.

Способ по п. 1, отличающийся тем, что между вытягиванием и нагревом проводят антистатическую обработку полотна.

### ***Контрольные вопросы***

1 Для чего проводят патентную экспертизу?

2 Назовите критерии, по которым проводится патентная экспертиза.

## **8 Практическое занятие № 8. Охрана труда при выполнении экспериментальных исследований**

*Цель работы:* ознакомиться с охраной труда при выполнении экспериментальных исследований.

### **8.1 Рабочее место исследователя и его организация**

Рабочим местом исследователя называется часть рабочего пространства, на которое распространяется непосредственное воздействие экспериментатора в процессе проведения исследований.

Рабочее пространство – это часть лабораторного или производственного помещения, оснащенная необходимыми экспериментальными средствами и обслуживаемая одним или группой исследователей. Лаборатория представляет собой специально оборудованное помещение, в котором производятся экспериментальные исследования.

В соответствии с особенностями рабочего пространства можно выделить три типа исследовательских лабораторий: стационарные, передвижные, ходовые.

Рабочее место стационарной лаборатории комплектуется специальным рабочим столом. В зависимости от назначения лаборатории каждый лабораторный стол должен иметь подвод электричества, воды, газа, сжатого воздуха, пара, вакуума и т. д. На столах должны быть установлены штепсели для включения электроприборов и аппаратуры. Следует обеспечить хорошее освещение рабочего места.

Оборудование передвижных лаборатории близко к стационарным, но существенно уступает по площадям. Передвижные лаборатории вместо лабораторных столов оснащаются рабочими поверхностями (откидными столиками) для ведения необходимых записей в процессе проведения эксперимента.

*Организация рабочего места.* Исследователь в лаборатории выполняет ответственную работу, от которой часто зависит правильность решения теоретической или практической задачи в целом. Исследователь должен подготовить всю необходимую документацию, которая нужна для регистрации хода и результатов опытов. Все наблюдения необходимо подробно записывать в специальный журнал. При получении в одном статистическом ряду результатов, резко отличающихся от соседних измерений, исполнитель должен тем не менее записать все данные без искажений и указать обстоятельства, сопутствующие данному измерению. Это потом позволит установить причины отклонений и соответствующим образом квалифицировать такие измерения.

Если в процессе измерения необходимы простейшие расчеты, то они должны быть внесены в журнал или в отдельную тетрадь с указанием времени и даты проведения опыта, номера и серии опытов.

При проведении эксперимента исполнитель должен непрерывно следить за средствами измерений, устойчивостью аппаратов и установок, правильностью

их показаний, характеристикой окружающей среды, не допускать посторонних лиц в рабочую зону. Исполнитель обязан систематически проводить поверку средств измерений.

Одновременно с производством последующих измерений исполнитель должен проводить предварительную обработку результатов и их анализ. Здесь особо должны проявляться его творческие особенности. Такой анализ позволяет контролировать исследуемый процесс, корректировать эксперимент, улучшать методику и повышать эффективность эксперимента.

В процессе экспериментальных работ необходимо соблюдать требования инструкций промышленной санитарии, техники безопасности, пожарной профилактики. Все электрические приборы должны быть заземлены. Особое внимание следует уделять задаче уменьшения шума при эксперименте. Газовые краны должны периодически проверяться на утечку газа. Особо тщательно необходимо соблюдать перечисленные требования при выполнении производственных экспериментов.

## **8.2 Общие требования безопасности к условиям проведения экспериментов**

*Условия проведения лабораторных экспериментов.* Организация лабораторных экспериментов должна проводиться в соответствии с ГОСТ 12.4.113–82 *Работы учебные лабораторные. Общие требования безопасности.*

При проведении лабораторных экспериментов должно быть устранено или доведено до безопасных значений величин действие опасных и вредных производственных факторов по ГОСТ 12.0.003–74.

Все проводимые в лаборатории работы должны быть организованы так, чтобы полностью исключить образование взрывоопасных концентраций газо-, паро- и пылевоздушных смесей в объеме всего помещения и в отдельных рабочих зонах.

Оборудование, применяемое в учебных лабораториях, должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.003–74 и ГОСТ 12.2.049–80.

Температура поверхностей оборудования и технологических трубопроводов, к которым возможны прикосновения людей при проведении лабораторных экспериментов, не должна превышать 45 °С.

Системы вентиляции и отопления в лабораторном помещении должны обеспечивать параметры микроклимата в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.005–76.

Предельно допустимая концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны лаборатории не должна превышать значений, указанных в ГОСТ 12.1.005–76.

Допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука в дБА на рабочих местах в лаборатории

должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.003–76, относящимся к помещениям лабораторий для проведения экспериментальных работ.

Предельно допустимые напряженность электрической и магнитной составляющих и плотность потока энергии электромагнитного поля радиочастот на рабочих местах в лаборатории должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.006–76.

Уровень ионизирующих излучений на рабочих местах в лаборатории по мощности поглощенной дозы не должен превышать  $5 \cdot 10^{-4}$  Гр/год.

Допустимый уровень вибрации на рабочих местах в лаборатории должен соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.012–78.

Защитные системы (зануление, защитное заземление, защитное отключение, выравнивание потенциала, двойная изоляция, малое напряжение) и мероприятия по защите от поражения электрическим током в лабораториях должны обеспечивать напряжение прикосновения не выше 42 В – в помещениях без повышенной опасности и с повышенной опасностью и 12 В – в особо опасных помещениях.

Питание лабораторного электрооборудования должно осуществляться от сети напряжением не более 380 В при частоте 50 Гц. В электроустановках должны быть предусмотрены разделительный трансформатор и защитно-отключающее устройство.

Сопротивление изоляции, токов едущих частей электроустановок до первого аппарата максимальной токовой защиты (предохранителя, автомата и др.) должно быть не менее 0,5 МОм, а сопротивление между заземляющим болтом и каждой доступной прикосновению металлической нетоковедущей частью изделия, которая может оказаться под напряжением, – не более 0,1 Ом.

### ***Порядок выполнения работы***

Ознакомьтесь с требованиями, предъявляемыми к рабочему месту исследователя, с его организацией, общими требованиями безопасности к условиям проведения экспериментов. Кратко опишите их.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Какие требования предъявляют к рабочему месту исследователя?
- 2 Назовите общие требования безопасности к рабочему месту исследователя.

## Список литературы

- 1 **Рынкевич, С. А.** Новые технологии и проблемы науки на транспорте / С. А. Рынкевич. – Могилев: Беларус-Рос. ун-т, 2009. – 337 с. : ил.
- 2 **Тарасик, В. П.** Технологии искусственного интеллекта в диагностировании автотранспортных средств / В. П. Тарасик, С. А. Рынкевич. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2007. – 280 с.
- 3 **Болдин, А. П.** Основы научных исследований / А. П. Болдин, В. А. Максимов. – Москва: Академия, 2012. – 336 с.
- 4 **Соснин, Д. А.** Новейшие автомобильные электронные системы / Д. А. Соснин, В. Ф. Яковлев. – Москва: СОЛОН-Пресс, 2005. – 240 с.
- 5 **Никифоров, А. Л.** Философия науки: История и методология / А. Л. Никифоров. – Москва: Дом интеллектуальной книги, 1998. – 280 с.
- 6 **Мулуд, Н.** Анализ и смысл / И. Мулуд. – Москва: Прогресс, 1979. – 347 с.
- 7 Основы инженерной психологии / Под ред. Б. Ф. Ломова. – Москва: Высшая школа, 1986. – 448 с.
- 8 Методы и средства автоматизации психологических исследований / Под ред. Ю. М. Забродина. – Москва: Наука, 1982. – 300 с.
- 9 **Макаров, И. М.** Теория выбора и принятия решений / И. М. Макаров. – Москва: Наука, 1987. – 350 с.
- 10 **Хакеи, Г.** Информация и самоорганизация. Макроскопический подход к сложным системам / Г. Хакен. – Москва: Мир, 1991. – 240 с.
- 11 Приобретение знаний / Под ред. С. Осуги, Ю. Сэки. – Москва: Мир, 1990. – 304 с.
- 12 **Шеннон, Р.** Имитационное моделирование систем – искусство и наука / Р. Шеннон. – Москва: Мир, 1978. – 87 с.
- 13 Философский словарь / Под ред. И. Т. Фролова. – 5-е изд. – Москва: Политиздат, 1987. – 588 с.
- 14 Философия и методология науки / Под ред. В. И. Купцова. – Москва: Аспект-Пресс, 1996. – 552 с.
- 15 **Джордж, Ф.** Основы кибернетики / Ф. Джордж. – Москва: Радио и связь, 1984. – 312 с.
- 16 **Коваленко, Н. А.** Научные исследования и решение инженерных задач в сфере автомобильного транспорта: учебное пособие / Н. А. Коваленко. – Минск: Новое знание; Москва: ИНФРА-М, 2011. – 271 с.